



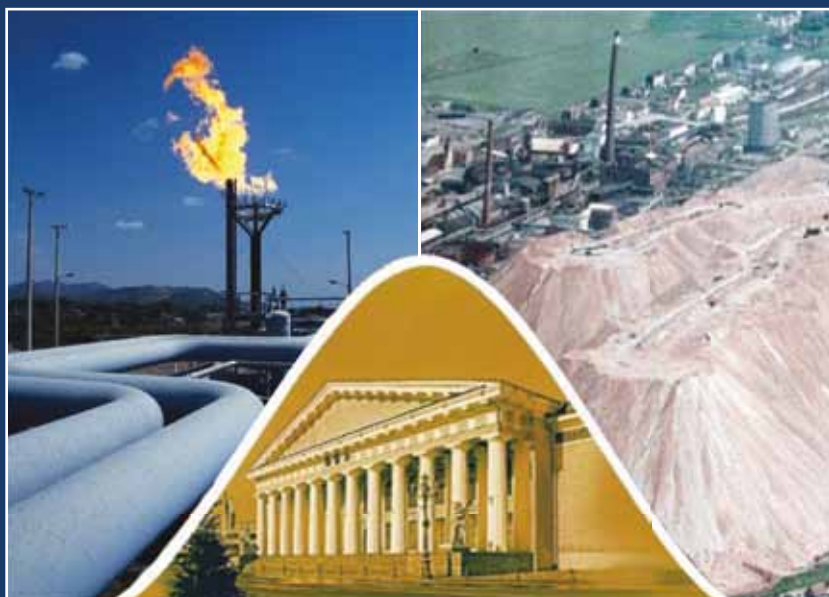
ЗАПИСКИ ГОРНОГО ИНСТИТУТА

НАУКА В НАЦИОНАЛЬНОМ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОМ
УНИВЕРСИТЕТЕ «ГОРНЫЙ»

том 203



ИЗДАЮТСЯ С 1907 Г.



ПРОБЛЕМЫ РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ 2013

НАЦИОНАЛЬНЫЙ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ УНИВЕРСИТЕТ «ГОРНЫЙ»



Россия, 199106 Санкт-Петербург,
21-я линия В.О., 2
Тел. (812) 327 7360,
факс (812) 327 7359
E-mail: rectorat@spmi.ru
<http://www.spmi.ru>

Из первого устава
Горного училища:

«... Берг-Коллегия надеется, что
выбранные ею учителя не оставят
исполнить с ревностью свою дол-
жность, а учащиеся с их стороны
показать в науках успехи, и упот-
ребя их к общей пользе, доказать
усердие к услуге отечества и к
пользе онаго любовь; долг, котора-
го требует от них благодарность,
честность, закон и собственная их
самых польза».

Уациональный минерально-сырьевой уни-
верситет «Горный» сегодня — это сеть спе-
циализированных аудиторий, оснащенных
современными отечественными и зарубежными прибо-
рами и оргтехникой. Благоприятная среда университета
способствует высокому уровню интеллекта и культуры
студентов — будущих инженеров, ученых и педагогов.
Это более 16000 студентов, более 211000 м² учебно-науч-
ных площадей. Университет имеет высший государствен-
ный статус образовательной системы России, являясь
особо ценным объектом культурного наследия народов
Российской Федерации.

Университет ведет подготовку по 46 направлениям ба-
калавриата и магистратуры, по 71 инженерной специ-
альности для России и 51 стран Азии, Европы, Африки и
Америки. Университет — это лучшее академическое об-
разование в области геологии, горного дела, шахтного
строительства, металлургии, геодезии, экономики, эко-
логии по всему спектру полезных ископаемых, включая
нефть и газ. Университет имеет высшую квалификацию
профессорско-преподавательского состава — более 88 %
— доктора и кандидаты наук, более 33 профессоров явля-
ются заслуженными деятелями науки.

Университет обладает уникальной научно-исследователь-
ской базой и выполняет исследования по следующим
приоритетным направлениям:

- Технологическое развитие минерально-сырьевой базы
- Разработка эффективных и ресурсосберегающих тех-
нологий добычи и переработки минерального сырья
- Разработка технологий обеспечения экологической
безопасности на объектах минерально-сырьевого ком-
плекса
- Обеспечение экономического и правового механизмов
управления недропользованием.



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ УНИВЕРСИТЕТ «ГОРНЫЙ»

Том 203
Издаются
с 1907 г.

ЗАПИСКИ ГОРНОГО ИНСТИТУТА



ПРОБЛЕМЫ РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

РЕЦЕНЗИРУЕМЫЙ СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

Редакционный совет:

В.С.ЛИТВИНЕНКО, д-р техн. наук, профессор
(председатель)

Р.И.ВЯХИРЕВ, д-р экон. наук

А.Н.ДМИТРИЕВСКИЙ, д-р геол.-минерал. наук,
профессор, академик РАН

Н.П.ЛАВЕРОВ, д-р геол.-минерал. наук,
профессор, академик РАН

Н.В.ПАШКЕВИЧ, д-р экон. наук, профессор

Д.В.РУНДКВИСТ, д-р геол.-минерал. наук,
профессор, академик РАН

Х.М.СОВМЕН, канд. экон. наук

В.Е.СОМОВ, д-р экон. наук

К.Н.ТРУБЕЦКОЙ, д-р техн. наук,
профессор, академик РАН

Адрес редакции: 199106 Санкт-Петербург, 21-я линия, 2

Главный редактор В.С.ЛИТВИНЕНКО,
д-р техн. наук, профессор

Редколлегия тома:

В.Л.ТРУШКО, д-р техн. наук, профессор
(председатель)

Р.Э.ДАШКО, д-р геол.-минерал. наук, профессор

М.А.ПАШКЕВИЧ, д-р техн. наук, профессор

О.И.КАЗАНИН, д-р техн. наук, профессор

М.Ш.БАРКАН, канд. техн. наук, доцент

Редакция:

Е.С.Дрибинская, Л.А.Левина, И.В.Неверова,
Н.И.Сочивко

Тел. (812) 328-8430; факс (812) 327-7359
E-mail: rectorat@spmi.ru

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2013

УДК 502/504.622
ББК 20.18:65.28
П 493

В 203-м томе «Записок Горного института» представлены результаты исследований и разработки научных коллективов вузов России и других организаций по научно-технической программе Федерального агентства по образованию «Научные исследования высшей школы по приоритетным направлениям науки и техники» (подпрограмма «Экология и рациональное природопользование»). Статьи посвящены решению актуальных проблем, связанных с экологией и рациональным природопользованием во всех отраслях промышленности.

Материалы сборника представляют интерес для научных работников вузов и НИИ, а также для руководителей предприятий и организаций, заинтересованных в решении крупномасштабных экологических проблем. Они могут быть также использованы в учебном процессе.

Volume 203 of the Proceedings of the Mining Institute publishes research results and developments by research teams of Russian Institute and Universities as well as other institutions obtained within the framework of the research program of the Federal Agency on Education «University Research in Priority Trends of Science and Technology» (Ecology and Rational Use of Natural Resources subprogram). The articles are dedicated to solution of different problems connected with ecology and rational use of natural resources in all branches of industry.

Materials of the Proceedings are of professional interest for research staff of Universities, Institutes, research and development institutions, as well as heads of different companies and organization interested in solving large-scale environmental problems of the industry. They may also be applied in the process of training.

Научные редакторы: проф. *М.А.Пашкевич*, доц. *М.Ш.Баркан*

Заключение экспертизы постоянно действующей технической комиссии
от 19.04.2013. Протокол № 3

ISBN 978-5-94211-629-3
ISSN 0135-3500

© Национальный минерально-сырьевой
университет «Горный», 2013

СОДЕРЖАНИЕ

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ГОСУДАРСТВЕННОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕМ В РФ С УЧЕТОМ ИНТЕНСИФИКАЦИИ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ОТРАСЛЕЙ ЭКОНОМИКИ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

<i>Балуев Р.В.</i> Проблемы эффективности природопользования на современном этапе.....	9
<i>Березовский П.В.</i> О методических принципах оценки экономического ущерба от загрязнения окружающей среды	14
<i>Джандубаева Ф.М.</i> Оценка воздействия объектов гидроэнергетики на окружающую среду.....	18
<i>Джандубаева Ф.М.</i> Системы экологической экспертизы и оценки воздействия на окружающую среду в решении проблем природопользования и охраны окружающей среды.....	22
<i>Джандубаева Ф.М.</i> Экологическая оценка воздействия гидротехнического строительства на водные объекты при размещении ГЭС на горных реках	25
<i>Петрова Т.В., Казанцева Г.Г., Ходич О.А.</i> Основные причины возникновения и методы управления потерями угля в недрах	30

ПРИРОДООХРАННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ИЗУЧЕНИЕ, ПЕРЕРАБОТКА И УТИЛИЗАЦИЯ ТЕХНОГЕННЫХ ОБРАЗОВАНИЙ, РЕЦИКЛИНГ МАТЕРИАЛЬНЫХ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ

<i>Андросова Н.К.</i> Геохимия техногенеза в районах разработки месторождений полезных ископаемых	35
<i>Баркан М.Ш., Малышкин М.М.</i> Сравнительный анализ отечественной и зарубежной практики обращения с твердыми коммунальными отходами.....	39
<i>Карлович И.А., Карлович И.Е., Карлович А.И.</i> Жизненный цикл продуктов и изделий от эксплуатации до возврата в природу	42
<i>Карлович И.А., Карлович И.Е., Карлович А.И.</i> Роль природных катаклизмов в возврате литогенного и техногенного материала в природу	46
<i>Крыса В.В., Малышкин М.М.</i> Методика определения класса опасности соленых буровых шламов	50
<i>Лебедев В.А., Пискунов В.М.</i> Анализ кубовых остатков радиоактивных отходов и разработка матричных смесей для иммобилизации в компаунд на основе наномодифицированных минеральных вяжущих	55
<i>Лебедев В.А., Пискунов В.М.</i> Повышение эффективности иммобилизации радиоактивных отходов	59
<i>Малышкин М.М.</i> Экологизация технологии бурения скважин.....	63

<i>Маховиков А.Б., Баркан Б.Ш.</i> Информационные системы в управлении сбором и транспортировкой твердых коммунальных отходов.....	67
<i>Мовчан И.Б., Асянина В.Ю.</i> К вопросу снижения негативного воздействия ферросплавного комплекса на окружающую среду на примере одного из предприятий.....	71
<i>Пашкевич М.А., Акименко Д.О.</i> Разработка технологии изоляции при подготовке площадок кучного выщелачивания.....	75
<i>Пашкевич М.А., Баркан М.Ш., Начевкин Ф.С.</i> Усовершенствование системы очистки сбросных вод на апатит-нефелиновой фабрике № 2.....	79
<i>Пашкевич М.А., Голубев И.А.</i> Технология двухступенчатой очистки нефтесодержащих пластовых вод.....	83
<i>Пашкевич М.А., Левчук И.Р.</i> Оценка и снижение негативного воздействия намывных массивов угледобывающих предприятий на природную среду.....	86
<i>Пашкевич М.А., Лукина К.А.</i> Проблемы утилизации био- и нефтешламов на предприятиях топливно-энергетического комплекса.....	90
<i>Петрова Т.А.</i> Оценка и предотвращение негативного воздействия полигонов по захоронению промышленных и бытовых отходов на окружающую среду.....	94
<i>Смирнов Ю.Д., Иванов А.В.</i> Определение оптимальных параметров пневмогидравлической форсунки для наиболее экономичного и эффективного пылеподавления.....	98
<i>Смирнов Ю.Д., Ковшов С.В., Никулин А.Н.</i> Переработка органических отходов с помощью биогазвермитехнологии.....	104
<i>Смирнякова В.В.</i> Экозащитные технологии металлургического производства.....	108
<i>Толстунов С.А., Монтиков А.В.</i> Влияние скорости подвигания очистного забоя на экологические последствия горных работ.....	112
<i>Черемисина О.В.</i> Технологические аспекты защиты гидросферы от ионов тяжелых металлов в зоне влияния объектов цветной металлургии.....	116
<i>Шариков Ю.В., Павлов Р.Д.</i> Методы тонкой очистки оборотных сточных вод промышленных предприятий.....	120

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ТЕРРИТОРИЙ

<i>Бузмаков С.А.</i> Восстановление земель при различных уровнях загрязнения нефтью.....	128
<i>Ковшов В.П., Якубовский М.М., Ковшов С.В.</i> Водохозяйственная рекультивация песчаных карьеров Ленинградской области как комплексный способ решения экологических проблем региона.....	133
<i>Кузнецов В.С., Колосов О.Ю.</i> Снижение загрязнения окружающей среды при проведении работ по рекультивации отвалов пустой породы.....	137
<i>Опрышко Д.С., Облицов А.Ю.</i> Современные подходы к горно-технической рекультивации.....	142

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ И СИСТЕМЫ ИНДИКАЦИИ И МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ КОМПОНЕНТОВ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

<i>Батманов В.П., Барсуков О.К.</i> Лазерно-оптический прибор для определения концентрации и дисперсного состава пыли в воздухе рабочей зоны.....	146
<i>Гембицкая И.М., Алексеев В.И., Гембицкий В.В., Гвоздецкая М.В.</i> Акцессорные минералы в гранитоидах как источник токсичных элементов.....	150
<i>Гусев А.И.</i> Биогеохимические индикаторы техногенного загрязнения экосистем горнорудными предприятиями Рудного и Горного Алтая.....	155

<i>Дашко Р.Э., Перевощикова Н.А., Власов Д.Ю.</i> Влияние некоторых геоэкологических факторов на разрушение бетонных сооружений Чебоксарской ГЭС.....	160
<i>Ерофеева Е.А.</i> Оценка качества окружающей среды урбанизированной территории по интенсивности липопероксидации и величине флуктуирующей асимметрии листа <i>Betula pendula</i> Roth	166
<i>Корельский Д.С.</i> Оценка почвенно-растительных сообществ, испытывающих техногенную нагрузку, с применением космомониторинга.....	170
<i>Корельский Д.С., Чукаева М.А.</i> Оценка состояния почвенно-растительных комплексов, испытывающих стресс при атмотехногенной нагрузке.....	174
<i>Кузин И.Л., Яковлев О.Н.</i> О происхождении закисленных «голубых» озер в гумидной зоне	178
<i>Кузнецов В.С.</i> Оценка влияния отвалов пустой породы на состояние атмосферного воздуха при открытой разработке железорудных месторождений, расположенных в северных регионах	182
<i>Куликова М.А.</i> Обоснование необходимости формирования защитного экрана для отсыпки отвалов при разработке месторождений	185
<i>Мовчан И.Б., Яковлева А.А., Асянина В.Ю.</i> Метод опережающего прогноза в задаче снижения нагрузки на ландшафт при планировании детализационных геологических и экологических работ	190
<i>Опекунов А.Ю., Опекунова М.Г.</i> Геохимия техногенеза в районе разработки Сибайского медно-колчеданного месторождения	196
<i>Петрова Т.А.</i> Подходы к разработке системы производственного экологического мониторинга городских систем газоснабжения.....	205
<i>Сольницев Р.И., Коришунов Г.И.</i> Система автоматического управления снижением содержания загрязняющих веществ в атмосфере	209
<i>Фомин С.И., Фауль А.А.</i> Способы снижения экологической нагрузки на горнодобывающие регионы	215

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И ОЦЕНКА РИСКА ТЕХНОГЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

<i>Мовчан И.Б., Яковлева А.А., Прокопова С.И.</i> Нормирование рабочего стажа в северных регионах: картографический проект с оценкой климатических факторов	220
<i>Пашкевич М.А., Анциферова Т.А.</i> Оценка риска техногенного воздействия предприятий топливно-энергетического комплекса	225
<i>Пашкевич М.А., Анциферова Т.А.</i> Оценка степени воздействия предприятий топливно-энергетического комплекса на окружающую природную среду при укрупнении производства....	229
<i>Соколов М.В., Николюкин М.М., Полянский С.Н.</i> Повышение степени экологической безопасности предприятий резиновой промышленности	233
<i>Черняев А.В., Павлов А.А.</i> Моделирование процессов распространения нефтяных загрязнений по акватории малых водотоков.....	237

CONTENTS

IMPROVEMENT OF THE SYSTEM STATE CONTROL OF NATURAL RESOURCES IN RUSSIA TAKING INTO ACCOUNT THE INTENSIFICATION OF ANTHROPOGENIC IMPACTS INDUSTRY OF ENVIRONMENT

<i>Baluev R.V.</i> Problems of efficiency of nature at the present stage	9
<i>Berezovskiy P.V.</i> About methodical principles of an estimation of economic damage from pollution of an environment	14
<i>Dzhandubaeva F.M.</i> Assessment hydropower facilities on the environment.....	18
<i>Dzhandubaeva F.M.</i> System environmental assessment and environment impact analijsis in solving problems of natural resources and environmental protection	22
<i>Dzhandubaeva F.M.</i> Environmental impact assessment of water engineering on water bodies when you position the hydro-electric power stations on mountain rivers	25
<i>Petrova T.V., Kazantseva G.G., Hodich O.A.</i> The main causes of coal losses in the bowels and methods of their management	30

ENVIRONMENTAL PROTECTION TECHNOLOGIES, RESEARCH, PROCESSING AND UTILIZATION OF TECHNOGENIC STRUCTURES, RECYCLING OF MATERIAL AND ENERGY RESOURCES

<i>Androsova N.K.</i> Geochemistry of technogenesis in areas of working out of mineral deposits.....	35
<i>Barkan M.Sh., Malyshkin M.M.</i> Comparative analysis of domestic and foreign practice of solid municipal waste	39
<i>Karlovic I.A., Karlovic I.E., Karlovic A.I.</i> The life cycle of products and goods from the operation to return to nature	42
<i>Karlovic I.A., Karlovic I.E., Karlovic A.I.</i> Role of natural disasters in the lithogenic return and technogenic material innature	46
<i>Krysa V.V., Malishkin M.M.</i> Method for determination of wasted hazard class for salty drill cuttings.....	50
<i>Lebedev V.A., Piscounov V.M.</i> Analysis of the vat residue of radioactive waste and the development of matrix mixtures for immobilization of the compound on the basis of mineral binders nanomodified.....	55
<i>Lebedev V.A., Piscounov V.M.</i> Improving the efficiency of immobilization of radioactive waste	59
<i>Malyshkin M.M.</i> Well drilling technologies ecologization.....	63
<i>Machovikov A.B., Barkan M.Sh.</i> Information system in the management of the collection and transportation of solid waste utility	67

<i>Movchan I.B., Asyanina V.Yu.</i> On the question of reducing the ferroalloy complex negative impact on the environment as an example of one of the companies	71
<i>Pashkevich M.A., Akimenko D.O.</i> Development of isolation technology in preparation of the heap leaching fields	75
<i>Pashkevich M.A., Barkan M.Sh., Nachevkin F.S.</i> The improvement of the wastewater treatment system at the apatite-nepheline factory N 2.....	79
<i>Pashkevich M.A., Golubev I.A.</i> Two-stage cleaning technology water out from oil.....	83
<i>Pashkevich M.A., Levchuk I.R.</i> Hydraulic anthropogenic massifs assessment and mitigation of negative effect to the environment.....	86
<i>Pashkevich M.A., Lukina K.A.</i> The problems of utilization of bio- and oil sludge on enterprises fuel and energy complex	90
<i>Petrova T.A.</i> Assessment and reduction of negative impact landfills for disposal of industrial and domestic waste environmental.....	94
<i>Smirnov Y.D., Ivanov A.V.</i> The identification optimal parameters of pneumohydraulic sprayer for the most economical and effective dust suppression	98
<i>Smirnov Y.D., Kovshov S.V., Nikulin A.N.</i> Processing of organic waste with biogasworm-technology.....	104
<i>Smirnyakova V.V.</i> Environmental protection technologies for metallurgical industry.....	108
<i>Tolstunov S.A., Montikov A.V.</i> Effect of speed advance strike face to the environmental consequences of mining.....	112
<i>Cheremisina O.V.</i> Aspect of technology protection of hydrosphere against ions of heavy metals in a zone of influence of objects	116
<i>Sharikov Yu.V., Pavlov R.D.</i> Methods fine purification of circulating water for industry	120

MODERN METHODS AND TECHNOLOGIES REMEDIATION AREAS

<i>Buzmakov S.A.</i> Soil restoration under oil pollution of different levels.....	128
<i>Kovshov V.P., Yakubovskiy M.M., Kovshov S.V.</i> Water economic recultivation of sandy open-casts in Leningrad region as the complex way of decision of region's environmental problems	133
<i>Kuznetsov V.S., Kolosov O.Y.</i> Decrease in environmental pollution at work according to regeneration of dumps of dead rock.....	137
<i>Opryshko D.S., Oblitsov A.Yu.</i> Modern approaches to the landscaping recultivation.....	142

MODERN METHODS AND SYSTEMS FOR INDICATION AND MONITORING OF ENVIRONMENTAL COMPONENTS

<i>Batmanov V.P., Barsukov O.K.</i> Laser and optical device for the concentration indetification of the dust powder in the air of the working area	146
<i>Gembitskaya I.M., Alekseev V.I., Gembitskiy V.V., Gvozdetskaya M.V.</i> Mineral forms of the finding of toxic elements in granitoids.....	150
<i>Gusev A.I.</i> Biogeochemical indicators of the technogenic pollution ecosystems by mining enterprises of Rudny and Mountain Altai	155
<i>Dashko R.E., Perevoshchikova N.A., Vlasov D.Yu.</i> Influence of some geoecological factors on destruction of concrete constructions of Cheboksary hydroelectric power plant.....	160
<i>Erofeeva E.A.</i> Estimation of environmental qualityof urban territory on the lipid peroxidation intensity and fluctuation asymmetry of <i>Betula pendula</i> Roth. leaf.....	166
<i>Korelskiy D.S.</i> Evaluation of a breaking of plant communities exposed to technogenic load with space monitoring method	170

Korelskiy D.S., Chukaeva M.A. Estimation of the condition of the soil-vegetative complexes having stress at atmospheric impact	174
Kuzin I.L., Yakovlev O.N. About origin of acidification of «blue» lakes in the aria of humid climate	178
Kuznetsov V.S. Estimation of influence of sailings of dead rock on the condition of atmospheric air at open-cast mining iron ore of deposits located in northern regions.....	182
Kulikova M.A. Justification of the necessity of forming a protective screen for dumping waste dumps in the development fields	185
Movchan I.B., Yakovleva A.A., Asyanina V.Y. Primary forecasting method in the problem of reducing loads on landscape under planning large-scale geological and ecological surveys	190
Opekunov A.Yu, Opekunova M.G. Technogenic geochemistry in the development of Sibai chalcopyrite field.....	196
Petrova T.A. Approaches to the development of urban environmental monitoring systems supply	205
Solnitsev R.I., Korshunov G.I. The automatic control system for air pollution decrease.....	209
Fomin S.I., Faul A.A. The ecological negative influence reduction ways on mining regions	215

ENVIRONMENTAL SAFETY AND RISK ASSESSMENT OF TECHNOLOGICAL IMPACTS

Movchan I.B., Yakovleva A.A., Prokopova S.I. Seniority fixing in north regions: map-related project with estimation of climatic factors	220
Pashkevich M.A., Antciferova T.A. Risk assessment of anthropogenic impact of the fuel and energy complex	225
Pashkevich M.A., Antciferova T.A. Assessment of the impact of fuel and energy complex on the environment in the enlargement of production.....	229
Sokolov M.V., Nikolyukin M.M., Poljanskji S.N. Increased environmental security of rubber industry companies.....	233
Chernyaev A.V., Pavlov A.A. Modeling of spread oil pollution on small rivers	237

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ГОСУДАРСТВЕННОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕМ В РФ С УЧЕТОМ ИНТЕНСИФИКАЦИИ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ОТРАСЛЕЙ ЭКОНОМИКИ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

IMPROVEMENT OF THE SYSTEM STATE CONTROL OF NATURAL RESOURCES IN RUSSIA TAKING INTO ACCOUNT THE INTENSIFICATION OF ANTHROPOGENIC IMPACTS INDUSTRY OF ENVIRONMENT

УДК 338:504

Р.В.БАЛУЕВ, канд. техн. наук, oopt@mail.ru
Администрация Ленинградской области

R.V.BALUEV, PhD in eng. sc., oopt@mail.ru
Administration of the Leningrad Region

ПРОБЛЕМЫ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ

В современном, быстро меняющемся мире процесс формирования эффективной системы органов исполнительной власти в сфере природопользования и охраны окружающей природной среды происходит перманентно. Уровень техногенной нагрузки постоянно растет. В этих условиях эффективная работа органов государственной власти, ответственных за природопользование и экологическую безопасность, становится важным аспектом решения проблемы повышения качества жизни.

Ключевые слова: природопользование, власть, полномочия, экология, окружающая среда.

PROBLEMS OF EFFICIENCY OF NATURE AT THE PRESENT STAGE

In today's rapidly changing world the formation of an effective system of executive authorities in the field of natural resources and environmental protection is permanent. Load level on the nature of the constantly growing. Under these conditions the effective work of state authorities, responsible for environmental management and security, is becoming an important aspect of solving the problem of increasing the quality of life.

Key words: nature management, power, authority, ecology, environment

Состояние окружающей природной среды во многом зависит от того, как налажен механизм управления в государстве и, соответственно, как реализуется законодательство в сфере природопользования и экологии. Органы государственной власти

Российской Федерации как федеральные, так и региональные, ответственные за природные ресурсы, в последние десятилетия подвергались неоднократной реорганизации.

Наиболее глобальные изменения произошли в 2004 г. Указом Президента Россий-

ской Федерации от 09.03.04 № 314 «О системе и структуре федеральных органов исполнительной власти» установлено, что в систему федеральных органов исполнительной власти входят федеральные министерства, федеральные службы и федеральные агентства. В соответствии с данным указом, министерство осуществляет функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в установленной сфере деятельности, координирует и контролирует деятельность находящихся в его ведении служб и агентств; служба осуществляет функции по контролю и надзору в установленной сфере деятельности; агентство – функции в установленной сфере деятельности по оказанию государственных услуг, по управлению государственным имуществом и правоприменительные функции.

Для понимания стоящих перед федеральными структурами задач, объема их функций и полномочий, в той или иной степени причастных к природопользованию и окружающей природной среде, необходимо проанализировать законодательство, нормативно-правовые акты правительства Российской Федерации, министерств, служб и агентств. Анализ законодательства в данной сфере может занять не одну сотню страниц, поэтому рассмотрим деятельность основных профильных ведомств.

В настоящее время, Министерство природных ресурсов и экологии РФ (Минприроды России) играет ключевую роль в определении стратегии и тактики использования природных ресурсов, решении экологических вопросов. Министерство регулирует изучение, использование, воспроизводство и охрану недр, водных объектов, лесов, расположенных на землях особо охраняемых природных территорий, объектов животного мира и среды их обитания. Курирует гидрометеорологию и мониторинг окружающей природной среды. В 2009 г. в названии министерства добавилось слово «экология», а в 2010 г. вернулись такие мощнейшие рычаги, как полномочия в сфере обращения с отходами производства и потребления и государственная экологическая экспертиза.

Организационно подчинены Минприроды России Федеральная служба по надзору в сфере природопользования, Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, Федеральное агентство по недропользованию, Федеральное агентство водных ресурсов.

В настоящее время Федеральная служба по надзору в сфере природопользования (Росприроднадзор) является главным контролером в сфере сохранения природных богатств и экологии. Ниже приведены лишь основные функции. Служба осуществляет контроль и надзор:

- в области охраны и использования объектов животного мира;
- в области организации и функционирования особо охраняемых природных территорий федерального значения (ООПТ);
- за геологическим изучением, рациональным использованием недр;
- за использованием, охраной, защитой лесного фонда на ООПТ;
- за использованием и охраной водных объектов, в том числе морских вод;
- за соблюдением требований в области охраны окружающей среды, в том числе в области охраны атмосферного воздуха и обращения с отходами;
- за использованием земель в пределах своей компетенции.

С 2010 г. Росприроднадзор стал специально уполномоченным органом в области государственной экологической экспертизы, получил полномочия по утверждению нормативов образования отходов и лимитов на их размещение, выбросов и сбросов загрязняющих веществ в окружающую среду. Таким образом, был сделан еще один шаг в сторону от главной идеи Указа Президента Российской Федерации от 09.03.04 № 314 «О системе и структуре федеральных органов исполнительной власти» по разделению нормативно-правовой, управленческой и контрольной функций между министерствами, агентствами и службами соответственно.

Организационно подчинена Минприроды России Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет). В Росгидромете ре-

лизуются функции по оказанию государственных услуг в области гидрометеорологии и смежных с ней областях, мониторингу окружающей природной среды, ее загрязнения, государственному надзору за проведением работ по активному воздействию на метеорологические и другие геофизические процессы. Также за Росгидрометом закреплены исследования гидрометеорологических и геофизических процессов в атмосфере, на поверхности суши, в Мировом океане, Арктике и Антарктике, в околоземном космическом пространстве, состояния ионосферы и магнитного поля Земли. Очевидно, что контрольно-надзорные функции занимают довольно незначительное место в общем объеме полномочий службы.

В условиях сохраняющейся сырьевой направленности российской экономики одну из важнейших ролей в рациональном природопользовании играет Федеральное агентство по недропользованию (Роснедра). Агентство организует и осуществляет:

- государственное геологическое изучение недр;
- проведение в установленном порядке конкурсов и аукционов на право пользования недрами;
- выдачу, оформление и регистрацию лицензий на пользование недрами;

Необходимо отметить, что функции Роснедр не затрагивают напрямую управление общераспространенными полезными ископаемыми (это прерогатива субъектов Российской Федерации), тем не менее, распределение углеводородов, угля, рудных полезных ископаемых и алмазов является мощным управленческим рычагом.

Все чаще в современном мире подчеркивается роль водных ресурсов. В середине XX в. российский ученый-гидролог Н.Н. Горский подчеркивал: «Человечеству не угрожает недостаток воды. Ему грозит нечто худшее – недостаток чистой воды». В этой связи трудно переоценить задачи, стоящие перед Федеральным агентством водных ресурсов (Росводресурсы). Агентство организует:

- осуществление мер по предотвращению негативного воздействия вод;

- осуществление мероприятий по охране водохранилищ, использование водных ресурсов которых осуществляется для обеспечения питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения двух и более субъектов Российской Федерации, а также по охране морей;
- распоряжение водными объектами, отнесенными к федеральной собственности;
- государственный мониторинг водных объектов и порядок его проведения;
- гидрографическое и водохозяйственное районирование территории Российской Федерации;

Ранее в Минприроды России также входило Федеральное агентство лесного хозяйства (Рослесхоз), но в 2008 г., во многом вследствие аномальных погодных условий, перешло в подчинение Министерства сельского хозяйства. Лето 2010 г. в России выдалось особенно жарким. Следствием этого стали масштабные лесные и торфяные пожары в Центральной России, в Поволжье, на Дальнем Востоке и в других регионах. Огонь подступил к пригородам многих крупных российских городов. Данный факт стал поводом для очередного переподчинения Федерального агентства лесного хозяйства, с августа 2010 г. оно в прямом подчинении Правительства Российской Федерации. Нельзя сказать однозначно, как отразится на эффективности управления лесными ресурсами большая самостоятельность Рослесхоза, так как функции по распоряжению и контролю за государственным лесным фондом на местах переданы в субъекты Российской Федерации.

Немногим ранее, в июне 2010 г., также в результате катаклизмов, но не природных, а техногенных, после аварии на Саяно-Шушенской ГЭС, а также на шахте «Распадская», еще одно федеральное ведомство – Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор) – вновь перешло в прямое подчинение Правительства Российской Федерации. Здесь необходимо отметить, что с мая 2008 г. Ростехнадзор был в подчинен Минприроды России, а ранее опять же подчинялся непосредственно Правительству РФ.

Но вернемся к Рослесхозу, сегодня здесь сосредоточены функции, как управленческого, так и контрольного и нормативно-правового характера. Перечень полномочий достаточно обширен, вот лишь некоторые из них. Агентство определяет:

- порядок подготовки лесного плана субъекта Российской Федерации;
- порядок деятельности лесничих в лесничествах и лесопарках;
- правила пожарной безопасности в лесах;
- правила санитарной безопасности в лесах.

Осуществляет:

- надзор за правовым регулированием органами государственной власти субъектов Российской Федерации вопросов осуществления переданных полномочий Российской Федерации в области лесных отношений;
- государственную инвентаризацию лесов;
- установление возрастов рубок;
- рассмотрение материалов о переводе земель лесного фонда в иные категории.

Таким образом, в Рослесхозе сосредоточены функции, которые по указу Президента Российской Федерации от 09.03.04 № 314 сочетают в себе функции, в большей степени свойственные министерству.

Следующий рассматриваемый орган государственной власти совмещает в себе все возможные функции. Это Федеральное агентство по рыболовству (Росрыболовство), которое осуществляет:

- выработку и реализацию государственной политики и нормативно-правового регулирования в сфере рыболовства, производственной деятельности на судах рыбопромыслового флота, охраны, рационального использования, изучения, сохранения, воспроизводства водных биологических ресурсов и среды их обитания;
- оказание государственных услуг, управление государственным имуществом в сфере рыбохозяйственной деятельности, охраны, рационального использования, изучения, сохранения, воспроизводства водных биологических ресурсов и среды их обитания;

- контроль и надзор за водными биологическими ресурсами и средой их обитания во внутренних водах Российской Федерации.

На практике это означает, что один заместитель руководителя агентства отвечает за нормативно-правовую базу, второй, к примеру, распределяет квоты на вылов биологических ресурсов, третий осуществляет контроль в установленной сфере деятельности. Безусловно, сосредоточение функций управления, контроля и нормотворчества в одних руках не способствует эффективности и прозрачности работы государственного органа.

С 1 января 2007 г. Градостроительный кодекс отменил проведение государственной экологической экспертизы большинства объектов промышленности и строительства. В настоящее время, в соответствии с кодексом существенный блок экологических вопросов рассматривается в рамках государственной экспертизы проектной документации и результатов инженерных изысканий. В связи с этим, необходимо рассмотреть полномочия Министерства регионального развития Российской Федерации (Минрегион), которое осуществляет функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере социально-экономического развития субъектов Российской Федерации и муниципальных образований, административно-территориального устройства Российской Федерации, разграничения полномочий по предметам совместного ведения между федеральными органами исполнительной власти, органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации и органами местного самоуправления, строительства, архитектуры.

Министерство разрабатывает и утверждает:

- порядок разработки и пересмотра государственных градостроительных нормативов и правил;
 - порядок разработки, экспертизы и утверждения градостроительной документации;
- Организует проведение в установленном порядке государственной экспертизы градостроительной, предпроектной и проектной документации в лице подведомст-

венной организации ФГУ «Главгосэкспертиза». Государственная экспертиза в обязательном порядке включает в себя рассмотрение раздела «Охрана окружающей среды».

Нельзя не отметить и значимость для экологии и охраны окружающей природной среды грамотного составления документов территориального планирования. Именно здесь закладывается план развития территорий, устанавливаются функциональные зоны, зоны планируемого размещения объектов строительства, рекреации и т.д.

Безусловно, важнейшую роль в природопользовании и обеспечении экологической безопасности играют профильные органы государственной власти субъекта Российской Федерации. Практически все вышеперечисленные полномочия по управлению и контролю осуществляются ими применительно к объектам регионального уровня. В отличие от территориальных органов федеральных ведомств, где существует жесткая вертикаль исполнения полномочий, работа каждого региона достаточно индивидуальна. В марте 2011 г. Правительством Российской Федерации в перечень показателей для оценки эффективности деятельности органов исполнительной власти субъектов РФ включен раздел «Охрана окружающей среды». Документ устанавливает ряд экологических показателей для оценки качества компонентов природной среды:

- объемы выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух;
- доли водоемов с повышенным индексом загрязнения;

- качество почв и площади земель, подвергшихся нарушению;

- доля особо охраняемых природных территорий;

- доля расходов бюджета субъекта на охрану окружающей среды.

Приведенные выше показатели зависят от работы как региональных, так и федеральных органов власти, и выделить ответственность субъекта в ряде случаев будет просто не возможно. Тем не менее, это не снимает ответственности с региональных властей за обеспечение благоприятного состояния окружающей среды.

Процесс формирования эффективной системы органов исполнительной власти в сфере природопользования и охраны окружающей среды происходит в Российской Федерации практически permanently. Не проходит и года без очередных изменений в системе федеральных органов государственной власти; если прибавить к этому ежегодные изменения в федеральном и соответственно региональном законодательстве, а также кадровые перестановки, то работа органов управления происходит в постоянном ожидании перемен. Каждая реорганизация неизбежно приводит к временному снижению эффективности в работе системы органов государственной власти. Возможно, предположить, что фактор стабильности позволит повысить эффективность работы органов государственной власти в деле рационального природопользования и охраны окружающей природной среды.

П.В.БЕРЕЗОВСКИЙ, канд. экон. наук, доцент, *pav1358@mail.ru*
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

P.V.BEREZOVSKIY, PhD in ec., associate professor, *pav1358@mail.ru*
National Mineral Resources University (Mining University), Saint Petersburg

О МЕТОДИЧЕСКИХ ПРИНЦИПАХ ОЦЕНКИ ЭКОНОМИЧЕСКОГО УЩЕРБА ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Методические принципы оценки экономического ущерба основаны на двух подходах к оценке ущерба от загрязнений окружающей среды: косвенном (укрупненном) и реципиентном. Методы определения ущерба решают разные задачи и различны по своему функциональному назначению. Существует объективная проблема разработки новых методических принципов оценки экономического ущерба в рыночных условиях.

Ключевые слова: экономический ущерб, методы оценки, окружающая среда.

ABOUT METHODOICAL PRINCIPLES OF AN ESTIMATION OF ECONOMIC DAMAGE FROM POLLUTION OF AN ENVIRONMENT

The methodical principles of an estimation of economic damage are based on two approaches to an estimation(rate) of damage from pollution of an environment: indirect (integrated) and by objects. The methods of definition (determination) of damage decide different problems and are various on the functionality. There is an objective problem of mining of new methodical principles of an estimation(rate) of economic damage in market conditions.

Key words: economic damage, methods of an estimation, environment.

Теоретические и практические вопросы, связанные с оценкой экономического ущерба, ее определением и содержанием, являются весьма актуальными в условиях обострившихся экологических проблем в современных условиях.

Эколого-экономическая оценка ущерба окружающей природной среде заключается в определении фактических и возможных (предотвращаемых) материальных и финансовых потерь и убытков от ухудшения в результате антропогенного воздействия качественных и количественных параметров окружающей природной среды в целом и ее отдельных эколого-ресурсных компонентов (водные ресурсы, земельные ресурсы, ресурсы растительного и животного мира).

Существует два методологических подхода к определению экономического ущерба, наносимого в результате загрязнения

- косвенный (укрупненный) подход;

• реципиентный подход (на основе прямого счета).

Следует отметить, что весьма проработанной является оценка ущерба, наносимого таким природным ресурсам, как лес и промышленные биоресурсы океана (прежде всего морским акваториям от аварийного разлива нефти).

Косвенный подход к оценке экономического ущерба предполагает использование ряда показателей, отражающих значения ущербобразующих факторов, произведение которых позволяет определить укрупненную величину экономического ущерба. Для нахождения различных составляющих ущерба перемножаются значения ущербформирующих показателей (являющихся табличными данными) на объемы загрязняющих веществ. Данный подход с учетом современной зарубежной практики детально анализируется, в частности, в работе [3].

Реципиентные методики основаны на определении экономического ущерба от действия загрязнения на конкретные виды реципиентов путем суммирования различных составляющих потерь, выраженных в денежной форме. Первоначально должен быть определен натуральный ущерб от загрязнения по каждому реципиенту, после чего рассчитывается экономическая оценка натуральных последствий загрязнения. Экономический ущерб в этом случае является комплексной величиной, получаемой суммированием локальных ущербов, наносимых всем видам реципиентов в пределах загрязненной зоны [1]. Под экономическим ущербом в этом случае понимаются все издержки, потери и убытки, нанесенные обществу вследствие загрязнения, например, морской акватории и линии побережья нефтью.

Качество окружающей природной среды оценивают по степени отклонения ее фактических параметров (физико-химических, биологических, органолептических и др.) от их «эталонных» значений, характеризующих нормальное состояние среды. Отклонения фактических параметров состояния природной среды от их «нормальных» значений рассматриваются как экологические нарушения, вызывающие ущерб.

Показатели состояния природного ресурса, должны отражать качество, количество, состав (структуру) и местоположение природного ресурса. Изменение состояния природных ресурсов приводит к изменению их экономической оценки, поэтому должны быть определены нормативные значения показателей, чтобы для оценки натурального ущерба определять отличие их реальных значений от нормативных.

Разность между величинами, соответствующими новому и исходному состоянию, определяет изменение состояния природного ресурса (сдвиг), вызванное загрязнением. Экономическая оценка этого сдвига позволит выразить в экономических категориях ущерб, наносимый среде. Под экономической оценкой изменения состояния понимаются возникающие у реципиентов убытки, а также затраты, необходимые для компенсации этого сдвига.

Для этого должны быть исследованы показатели состояния ресурсов среды – устойчивые и периодически изменяющиеся. В этих

целях, говоря о нефтяном загрязнении, разрабатываются и используются геоинформационные системы (ГИС) и карты чувствительности акваторий и территорий к нефтяному загрязнению. Для поддержания информации в базах данных ГИС в обновленном виде необходим регулярный мониторинг всех видов природных ресурсов морской экосистемы, а также обновляемые данные кадастровых оценок.

Рассмотрим существующие методы количественной оценки натурального ущерба от загрязнения. Наиболее сложной проблемой в цепочке связей является связь «сброс нефтепродуктов – натуральный ущерб», поскольку на величину натурального ущерба помимо загрязнителя оказывает влияние ряд других факторов. Сложность заключается в выделении влияния на реципиентов среди прочих факторов для обоснованной оценки ущерба от загрязнения морской среды нефтяного загрязнения.

Существует ряд методов вычленения влияния загрязнений на реципиентов, в том числе и для количественной оценки натурального ущерба от загрязнения:

- контрольных районов;
- аналитических зависимостей;
- комбинированный.

Метод контрольных районов основан на сравнении показателей состояния реципиентов загрязненного и контрольного (незагрязненного или условно чистого) районов при оценке элементов натурального ущерба. Районы подбираются таким образом, чтобы все факторы, влияющие на состояние данного вида реципиентов, полностью совпадали в контрольном и загрязненном районах, за исключением факторов загрязнения. При обоснованном выборе контрольного района влияние прочих факторов на тот или иной элемент натурального ущерба элиминируется, а ущерб в загрязненном районе приписывается исключительно действию загрязнителей.

Таким образом, показатели состояния реципиентов контрольного района должны быть равными или близкими по значению к аналогичным показателям в загрязненном районе, кроме уровня загрязнения. Другими словами, показатели состояния реципиентов, непосредственно определяющие величину экономического ущерба, в исследуемом и контрольном районах должны зависеть только от степени

загрязнения. При таком выборе контрольного района разница между показателями состояния реципиента в загрязненном и контрольном районах может быть объяснена разницей в уровнях загрязнения по этим районам. Например, при определении снижения биопродуктивности по этому методу контрольный район должен быть подобран с примерно равными по отношению к загрязненному району показателями: видовой состав гидробионтов, санитарно-гигиенические показатели качества воды, климатические условия, метеорологические характеристики и т.п.

Результатом сравнения показателей контрольного и загрязненного районов является изменение состояния того или иного реципиента (например, снижение продуктивности биоресурсов данной акватории).

Аналитические методы определения ущерба обычно используются в тех случаях, если возникают трудности применения метода контрольных районов. Например, невозможно выделить последствия влияния загрязняющих веществ наряду с воздействием на реципиентов других факторов (например, метеорологических) или выделить автономное влияние каждого загрязняющего вещества при их комплексном воздействии.

Использование методов математического моделирования предполагает наличие динамических рядов данных о загрязнении морских акваторий нефтью и отрицательных последствиях такого загрязнения. Источником соответствующей информации являются контрольные районы (зоны), в которых в течение определенного времени осуществлялись подобные загрязнения. Как правило, регрессионный анализ проводится одновременно с корреляционным (корреляционно-регрессионный метод), и главное его назначение состоит в том, чтобы с его помощью получить уравнение регрессии, которое используется как модель изменения величины ущерба при изменении интенсивности нефтяного загрязнения.

Метод аналитических (регрессионных, эмпирических) зависимостей основан на построении многофакторных статистических моделей, включающих комплекс факторов, влияющих на реципиентов. Осуществляется статистическая обработка фактических данных о влиянии различных факторов (включая

уровень загрязнения среды) на изучаемый показатель состояния реципиентов с целью построения аналитической зависимости (функции), характеризующей закон его изменения от этих факторов. При этом отсеиваются статистически незначимые факторы, и определяется окончательный вид модели, включающий те ингредиенты загрязнения, которые окажутся значимыми. В результате получают уравнения регрессии, характеризующие зависимости между изучаемым показателем состояния реципиентов (фактором-функцией) и влияющими на него факторами (факторами-аргументами), в том числе уровнем загрязнения. Другими словами получают закон изменения исследуемого фактора-функции в зависимости от значения влияющего фактора-аргумента.

Подставляя в построенную функцию значения факторов, свойственных данному району (включая фактор, отражающий размер экологического нарушения), можно оценить размер натурального ущерба от этого нарушения и затем получить его стоимостное выражение. В связи с тем, что построение адекватных статистических моделей часто затруднено из-за недостатка необходимого массива информации, а также могут возникать трудности с обоснованным выбором контрольного района, в ряде случаев возникает необходимость сочетания метода аналитических зависимостей и метода контрольных районов. При этом целесообразно использовать для определения величины ущерба комбинированный метод.

Комбинированный метод предложен и обоснован авторами «Временной типовой методики определения экономической эффективности осуществления природоохранных мероприятий и оценки экономического ущерба, причиняемого народному хозяйству загрязнением окружающей среды» [2]. Данный метод основан на сочетании методов контрольных районов и аналитических зависимостей и используется в случаях, когда ни одних из двух методов не может быть реализован четко и полностью для всех составляющих экономического ущерба. Разные составляющие экономического ущерба могут при этом оцениваться разными методами в зависимости от имеющейся информации.

Перечисленные методы определения ущерба решают разные задачи и являются различными по своему функциональному на-

значению. Метод контрольных районов используется в реципиентных методиках. На основе комбинированного метода разрабатываются методики, основанные на косвенном (укрупненном) подходе.

Следует отметить, что в настоящее время назрела необходимость в разработке новых методических принципов оценки экономического ущерба от загрязнения окружающей среды с учетом сформировавшейся в Российской Федерации рыночной экономики.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Бобылев С.Н.* Экономика природопользования: Учебник / С.Н.Бобылев, А.Ш.Ходжаев. М., 2010.
2. Временная типовая методика определения экономической эффективности осуществления природо-

охранных мероприятий и оценки экономического ущерба, причиняемого народному хозяйству загрязнением окружающей среды / А.С.Быстров, В.В.Варанкин, М.А.Виленский и др. М., 1986.

3. *Пахомова Н.В.* Экономика природопользования и охрана окружающей среды / Н.В.Пахомова, К.К.Рихтер. СПб, 2006.

REFERENCES

1. *Bobulev S.N., Hodjaev A.H.* Economics nature using: Manual. Moscow, 2010.

2. Temporary typical technique of definition of an economic efficiency of accomplishment of nature protection measures and estimations of economic damage caused to a national economy pollution of an environment / A.S.Bistrov, V.V.Varankin, M.A.Vilenskiy. Moscow, 1986.

3. *Pahomova N.V.* Economics nature using and protection of an environment / N.V.Pahomova, K.R.Rihter. Saint Petersburg, 2006.

Ф.М.ДЖАНДУБАЕВА, канд. техн. наук, доцент, rektor@KCHGTA.ru
Северо-Кавказская государственная гуманитарно-технологическая академия, Черкесск

F.M.DZHANDUBAEVA, PhD in eng. sc., associate professor, rektor@KCHGTA.ru
North-Caucasian State Technological and Humanities Academy, Cerkessk

ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ОБЪЕКТОВ ГИДРОЭНЕРГЕТИКИ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Экологическое обоснование проектных решений, связанных с использованием водных ресурсов при размещении гидроэлектростанций, приобретает последнее время особую остроту в связи с недостаточностью разработки раздела проекта по оценке воздействия на окружающую среду (ОВОС). Согласно действующим нормативным и правовым актам, в состав материалов ОВОС по обоснованию инвестиций входит достаточно много документов, перечень которых не в полной мере соблюдается и содержание которых не всегда проработано. Представлен анализ недостатков в оценке воздействия планируемой деятельности на окружающую среду, выявленных на основе изучения проектных материалов по размещению объектов гидроэнергетики на горных реках.

Ключевые слова: экологическое обоснование, водные ресурсы, гидротехническое строительство, объекты гидроэнергетики на горных реках.

ASSESSMENT HYDROPOWER FACILITIES ON THE ENVIRONMENT

Ecological justification of design decisions related to the use of water resources for hydropower deployment of recently acquired particular urgency in connection with the failure of development section of the draft Impact Assessment (EIA). Under the existing regulatory and legal acts of the EIA documents to substantiate investment is sufficiently extensive material that is not fully respected and worked out. The article presents the shortcomings in assessing the impact of the proposed activity on the environment, identified on the basis of analysis of the project materials to deploy hydropower facilities on the mountain rivers.

Key words: environmental study, water resources, hydraulic engineering, hydropower facilities on the mountain rivers.

Для обоснования проектных решений при размещении гидроэлектростанций на горных реках выполнен обширный комплекс исследований, включая экологическое обоснование. К проведению этих исследований привлекалось большое количество научно-исследовательских институтов России, в частности при разработке раздела проекта по оценке воздействия на окружающую среду (ОВОС). Результаты выполненных исследований используются в настоящей работе с некоторыми дополнениями.

Согласно действующим нормативным и правовым актам, при обосновании инвести-

ций должны быть представлены следующие материалы:

- характеристика и параметры сооружений, виды и объекты воздействия на окружающую среду;

- существующее состояние компонентов окружающей природной среды (климатические условия, гидрологический режим рек, качество поверхностных вод, состояние геологической среды, растительного и животного мира);

- воздействие ГЭС и водохранилищ на природную среду (оценка воздействия на микроклимат, изменение гидрологического

режима, прогноз русловых процессов и заиления водохранилища, прогноз качества поверхностных вод, оценка воздействия на растительный и животный мир, на ихтиофауну и геологическую среду, на водную и наземную экосистему);

- воздействие на социально-экономические условия (влияние на здоровье и условия жизни местного населения и санитарно-эпидемиологическое состояние территории);

- изменения в условиях землепользования, компенсационные и природоохранные мероприятия, воздействие на археологические памятники и мероприятия по их охране; возможные аварийные ситуации, их последствия и меры предупреждения;

- комплексная количественная оценка воздействия ГЭС на окружающую среду;

- эколого-экономическая эффективность строительства каскада ГЭС;

- общественные обсуждения проекта строительства ГЭС;

- основные положения организации и функционирования социально-экологического мониторинга.

Анализ проектных материалов по размещению объектов гидроэнергетики на горных реках показал следующие недостатки в оценке воздействия планируемой деятельности на окружающую среду:

1. Отсутствие достаточной информации для суждения о допустимости реализации проекта с природоохранной и связанной с ней экономической точек зрения по современному состоянию объектов в сфере будущего влияния запроектированных гидротехнических сооружений.

2. Ориентированность ОВОС на декларирование и доказательство целесообразности строительства, а не на строгую инженерную оценку фактических и возможных ситуаций, что требует объективной информации о возможных потерях, ущербах, негативных последствиях и возможных позитивных результатах.

3. Отсутствие исчерпывающего представления об экологических последствиях реализации намечаемой деятельности. Недостатки прогностических разделов рассмотренных документов сводятся к сле-

дующему: общий объем загрязняющих веществ антропогенного происхождения, его баланс и тенденции изменений в речной сети не охарактеризованы. Отсутствие указанной информации уже предопределяет ненадежность прогноза о будущем состоянии зарегулированных водотоков и водохранилищ.

Отсутствие расчетов по пропорциям загрязняющих веществ и вод в естественных и зарегулированных условиях при намечаемом сокращении стока при наличии абсолютных величин загрязнений в сточных водах лишает выводы проекта убедительности.

Выполненная оценка качества воды в зарегулированных реках с уменьшившимися расходами спорна и предопределяет отсутствие гарантий против возникновения опасных для здоровья людей последствий.

Не в полной мере предсказаны масштабы изменений природы ниже гидротехнических сооружений. Так, не оценены площади сообществ, подверженных неблагоприятному влиянию, величины потерь биопродуктивности и т.д. Описание последствий изъятия части стока часто выполнено на качественном уровне, без количественных оценок.

Район строительства находится в зоне формирования и транспортировки минеральных вод, используемых на курортах в лечебных целях, являющихся достоянием нашей страны и имеющих мировое значение. Вопросы воздействия проектируемых сооружений и водохранилищ на состояние источников минеральных и термальных вод не по всем объектам рассмотрены с достаточной степенью детальности.

Нет сведений об оценке воздействия на окружающую среду в части характеристики всех возможных последствий. Особое значение среди них в случае ирригационного использования комплекса может иметь изменение гидрологического, гидробиологического и гидроклиматического режимов низовий р. Кубани и Азовского моря.

Воздействие будущих водохранилищ на атмосферу по горизонтали и по вертикали преуменьшено. Рассмотрен только ограниченный набор метеозлементов. Вне поля зрения остались, например, аэрозоли. Холодные водоемы, особенно в дневное время

весной и в первую половину лета, могут способствовать формированию инверсий и скоплению загрязняющих веществ на некоторой высоте над акваторией и побережьем при дымовых выбросах от предприятий и жилищ, а также на автомобильных дорогах. Последствием такого явления, вероятно, станет ухудшение прозрачности атмосферы.

Не учтены потери некоторых уникальных природных объектов в долинах рек, включая пойменные сообщества. Не отражены в полной мере потери ихтиофауны в зарегулированных реках.

Предлагаемые компенсирующие мероприятия не обладают необходимой степенью надежности:

1. Рекомендуемый способ заводского воспроизводства рыб ценных пород, как показывает опыт по бассейну Азовского моря, неэффективен и практически неосуществим по ряду объективных и субъективных причин (в том числе отсутствия естественных производителей).

2. Создание микрозаповедников для охраны некоторых ценных видов реального значения иметь не будет из-за нарушения среды обитания.

3. Нет полной эколого-экономической оценки предлагаемых решений с учетом всех прогнозируемых последствий. По существу, это означает недостаточную обоснованность мероприятий по зарегулированию стока с народнохозяйственной точки зрения.

4. В материалах проекта не содержатся изложения мнений общественности.

5. Проект не учитывает средоформирующей роли речных водотоков Северного Кавказа и рассматривает их с узко водохозяйственных позиций.

Что же касается планируемой системы природоохранных и средозащитных мероприятий, она не может считаться эффективной. Запроектированные очистные сооружения, водоохранные зоны и предусмотренные меры по задержанию стока с сельхозугодий не решат проблему полной очистки загрязненных сточных вод, не обеспечат исключения сельскохозяйственного загрязнения водных объектов, особен-

но отходами животноводства, которое является основным загрязнителем.

Предлагаемые методы очистки и обеззараживания животноводческих стоков также мало эффективны. Экспертизой рекомендуется для этой цели использование биоэнергетической переработки животноводческих отходов (метановое брожение), освоённое на предприятиях Московской области. Для защиты водных объектов от загрязнения поверхностным стоком с открытых откормочных площадок, их следует обваловывать и отводить сток в пруд-накопитель, также оснащённый биоэнергетической установкой.

Отсутствует прогноз санитарно-эпидемиологической ситуации, связанной с резким сокращением стока в результате забора воды, и оценка с медико-биологической точки зрения предлагаемых водоохраных мероприятий.

Неэффективность рыбозащитных и рыбопропускных устройств доказана многолетним опытом их применения на многих зарегулированных реках нашей страны. Устройство микрозаказников и микрозаповедников с небольшими охранными зонами не обеспечит реального сохранения соответствующих природных объектов. В то же время их отсутствие может привести к гибели редких видов (норка, выдра).

Специального раздела по характеристике почвенного покрова и его охране в проекте нет. Нет конкретных данных по составу и состоянию почвенного покрова, степени эродированности, по площадям различных почв. В условиях предгорий и гор нагрузка на почвенный покров увеличивается в силу их особого положения и особой роли по регулированию всех природных процессов не только на данной, но и на ниже расположенной территории. В такой ситуации первоочередными надо считать почво- и водоохранные меры и лишь после этого осторожно начинать какое-либо строительство.

Все верховье р. Кубани имеет важное общее водоохранное значение для ниже расположенных частей этого бассейна. Выделение 83 м прибрежной и 1,8 км водоох-

раной зоны вдоль канала и прилегающих частей рек было бы достаточным для равнинных массивов, но в условиях горного рельефа имеется потенциальная опасность нарушения растительного и почвенного покрова, как при техногенных нагрузках, так и при повышении увлажненности грунтов. Канал идет в земляном русле, местами с суглинистым экраном. То же касается водных бассейнов. Только в местах обнаружения песчаника намечается экранирование плёнкой с суглинком. Дамбы тоже земляные. Само расположение канала поперек

склонов в горных условиях противоестественно. Неизбежны потери воды на фильтрацию. В таких условиях канал должен быть полностью в бетоне. Трассирование каналов поперек склонов даже в равнинных условиях приводит ко многим негативным явлениям, тем более в условиях горного рельефа и т.д. Все это указывает на слабую интеграцию подсистем экологической экспертизы и ОВОС, а именно, недостаточный уровень согласования между подготовкой ОВОС и проведением ГЭЭ, что отрицательно сказывается на качестве обосновывающей документации.

Ф.М.ДЖАНДУБАЕВА, канд. техн. наук, доцент, *rektor@KCHGTA.ru*
Северо-Кавказская государственная гуманитарно-технологическая академия, Черкесск

F.M.DZHANDUBAEVA, PhD in eng. sc., associate professor, *rektor@KCHGTA.ru*
North-Caucasian State Technological and Humanities Academy, Cerkessk

СИСТЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ И ОЦЕНКИ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ В РЕШЕНИИ ПРОБЛЕМ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ И ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Российское природоохранительное законодательство, несмотря на обилие нормативных правовых актов, недостаточно регулирует механизм реализации природоохранной деятельности в условиях рыночной экономики. В таких условиях особую актуальность приобретает решение проблем, связанных с возможностью и допустимостью масштабов использования природных ресурсов с целью предотвращения угрозы экологической опасности при реализации крупных проектов. Понятие процедуры оценки воздействия на окружающую среду на разных этапах реализации намерений размыто, не определено и четко не привязано к стадиям проектирования.

Ключевые слова: оценка воздействия на окружающую среду, экологическая экспертиза, экологическое законодательство.

SYSTEM ENVIRONMENTAL ASSESSMENT AND ENVIRONMENT IMPACT ANALYSIS IN SOLVING PROBLEMS OF NATURAL RESOURCES AND ENVIRONMENTAL PROTECTION

Russian environmental legislation, despite the abundance of regulations, not regulated mechanism for the implementation of environmental activities in a market economy. In such circumstances, is particularly urgent task of addressing the problems associated with the possibility and permissibility of the use of natural resources and prevent the threat of environmental risk in major projects. The concept of the impact assessment (EIA) procedure and evaluation of environmental impacts at different stages of implementation intentions are vague and undefined, and not clearly tied to the stages of design.

Key words: assessment of environmental impact, environmental impact assessment, environmental legislation.

Произошедшие в последние годы серьезные изменения федерального законодательства, в том числе в области земельных отношений, Гражданского, Градостроительного, Лесного и Водного кодексов, определяют необходимость развития основ деятельности, связанной с проведением процедур ОВОС и государственной экологической экспертизы (ГЭЭ). С учетом этого ФЗ «Об экологической экспертизе», дейст-

вующий в настоящее время, требует обновления, поскольку в значительной мере уже не соответствует современному этапу развития общества. С другой стороны, российское природоохранительное законодательство, несмотря на обилие нормативных правовых актов, недостаточно регулирует механизм реализации природоохранной деятельности в условиях рыночной экономики. Сегодня законодательные нормы не позво-

ляют привлечь к административной либо уголовной ответственности лиц, осуществляющих строительство экологически опасных объектов с нарушением экологических требований. Неподготовленным оказался и институт юридической ответственности за экологические правонарушения, включая экологические преступления. До настоящего времени не разработан правовой механизм приостановления или прекращения экологически вредной деятельности.

В таких условиях особую актуальность приобретает задача решения проблем, связанных с возможностью и допустимостью масштабов использования природных ресурсов и предотвращения угрозы экологической опасности при реализации крупных проектов.

Следует отметить, что понятие процедуры ОВОС и оценки воздействия на окружающую среду на разных этапах реализации намерений размыты и не определены, а также четко не привязаны к стадиям проектирования. Социальная составляющая ОВОС часто не исследуется вовсе. К числу основных, связанных с этим проблем, относятся следующие:

- отсутствие гласности и своевременного информирования общественности и населения о намечаемых видах деятельности, а также аспекты, связанные с процедурой учета общественного мнения;
- неотработанность подходов по определению допустимости воздействия объектов на окружающую среду; до сих пор не разработаны федеральные и региональные экологические нормативы, а также нормативы допустимой антропогенной нагрузки на окружающую среду;
- отсутствие базовых подзаконных актов, позволяющих определять требования соответствующих государственных органов и экспертных комиссий к документам, представляемым на ГЭЭ на разных стадиях инвестиционного процесса;
- неопределенность требований к составу материалов для объектов регионального уровня, в особенности материалов экологического обоснования по переводу лесных земель в нелесные, что крайне

актуально для Карачаево-Черкесии, в связи с размещением на территории республики значительного количества пограничных застав (военных городков), осуществляемым в рамках обустройства южных границ России;

- слабая интеграция подсистем ЭЭ и ОВОС, а именно, недостаточный уровень согласования между подготовкой ОВОС и проведением ГЭЭ, что отрицательно сказывается на качестве обосновывающей документации;

- отсутствие дифференцированного подхода к объектам ГЭЭ и критериев оценки объектов по степени сложности, что требует введения критериев отнесения обосновывающей документации к объектам ГЭЭ и разработки более детальной их классификации по степени сложности, исходя из масштабов воздействия на окружающую среду;

- недостаточно развитая нормативно-правовая база, касающаяся блока вопросов экономики природопользования, что не позволяет применять экономические рычаги воздействия в целях развития ресурсосберегающих технологий и снижения воздействия на природный комплекс;

- несовершенство организационно-правового обеспечения государственной экологической экспертизы и дальнейшей детализации ее нормативно-методической базы. Анализируя имеющийся массив нормативно-методической документации, можно уже сделать вывод, что процедура организации проведения ГЭЭ требует поиска более совершенных форм организации работы, ибо создание единой процедурной базы, которая обеспечивала бы эффективную экспертизу проектов, относящихся к различным видам деятельности, крайне сложно. Явно требуется упрощение процедуры для объектов с незначительным воздействием на окружающую среду, в связи с чем представляется целесообразным и необходимым восстановление процедуры согласования, включая разработку порядка отнесения объектов для процедуры согласования;

- необеспеченность контроля за выполнением заключений государственной экологической экспертизы. Государственная экологическая экспертиза, выступая как эле-

мент предупредительного контроля, не имеет механизма реализации этого контроля, что связано с проблемой нормативно-правового вакуума в части обеспечения экспертного контроля при реализации объекта. В итоге, учитывая, что на последующих этапах проектирования и строительства объектов контроль выполнения заключений ГЭЭ не ведется, смысл проведения этой процедуры оказывается выхолощенным и сводится к получению заказчиками приказа о положительном заключении ГЭЭ. Все это не позволяет использовать процедуры ГЭЭ и ОВОС в настоящем формате как инструмент для обеспечения устойчивого природопользования и предотвращения угрозы экологической опасности при реализации крупных проектов;

- отсутствие регулярно действующих центров повышения квалификации специалистов. Базы данных для их привлечения в экспертные комиссии не сформированы, отбор экспертов для работы в этой сфере деятельности должным образом не проводится. В результате этого в решении сложнейших вопросов допустимости намечаемых видов природопользования участвует крайне ограниченный круг лиц, состоящих из отдельных государственных служащих и экспертов. Это нередко приводит к принятию недостаточно аргументированных решений при определении допустимости воздействия на окружающую среду отдельных видов хозяйственной деятельности и протестам широких масс населения против реализации не безопасных в экологическом отношении проектов.

С учетом изложенного для решения проблем рационального природопользования и предотвращения реализации экологи-

чески опасной деятельности на территории Карачаево-Черкесской Республики необходимо обеспечить:

- совершенствование и развитие законодательных и нормативных документов, способствующих реализации механизмов предупреждения недопустимых воздействий на окружающую среду через использование процедуры ОВОС и ГЭЭ;

- расширение экономических рычагов воздействия на принятие решений в области природопользования;

- создание условий для широкого вовлечения гражданского общества в обсуждение вопросов использования природных ресурсов, а также допустимости хозяйственной деятельности, представляющей опасность для окружающей среды;

- организацию процесса непрерывного экологического образования, включая профессиональное;

- повышение роли и ответственности органов исполнительной власти в обеспечении усиления надзорных функций органов прокуратуры, в принятии мер прокурорского реагирования в случаях нарушения ФЗ «Об экологической экспертизе».

Актуальность и важность решения указанных проблем продиктована еще и необходимостью сохранения уникального природно-климатического комплекса республики, а также заинтересованностью иностранных инвесторов в финансировании различных проектов на территории республики, что требует применения процедур, общепринятых в мировой практике, в связи с интеграцией России не только в мировую экономику, но и систему международной экологической безопасности.

Ф.М.ДЖАНДУБАЕВА, канд. техн. наук, доцент, *rektor@KCHGTA.ru*
Северо-Кавказская государственная гуманитарно-технологическая академия, Черкесск

F.M.DZHANDUBAEVA, PhD in eng. sc., associate professor, *rektor@KCHGTA.ru*
North-Caucasian State Technological and Humanities Academy, Cerkessk

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ГИДРОТЕХНИЧЕСКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА НА ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ ПРИ РАЗМЕЩЕНИИ ГЭС НА ГОРНЫХ РЕКАХ

Неотъемлемой частью экологического обоснования при размещении объектов гидроэнергетики является экологическая оценка воздействия гидротехнического строительства на все водные объекты в зоне влияния ГЭС. Это обстоятельство приобретает особую актуальность для условий межбассейнового перераспределения стока рек. Для достижения этой цели выполнены исследования, основными задачами которых являются: оценка современного состояния качества воды рек региона; прогноз техногенных изменений в качестве природных вод в связи с перспективным развитием региона и вводом в эксплуатацию комплекса гидроэлектростанций; разработка рекомендаций по водоохранным мероприятиям, в том числе обоснование санитарно-экологических попусков.

Ключевые слова: экологическая оценка, гидротехническое строительство, водные ресурсы, ГЭС, гидроэкологическая оценка, гидрохимический и гидрологический режим.

ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT OF WATER ENGINEERING ON WATER BODIES WHEN YOU POSITION THE HYDRO-ELECTRIC POWER STATIONS ON MOUNTAIN RIVERS

An integral part of environmental studies at placing hydropower is environmental impact assessment of hydraulic engineering on all bodies of water zone of influence of HPS. This fact is especially relevant for the conditions of interbasin redistribution runoff. To achieve this, research carried out, the main tasks are: assessment of owls belt status of water quality of rivers in the region, forecast technological changes in the quality of natural water due to the promising development of the region and the commissioning of hydroelectric complex, the development of recommendations for water conservation measures, including including a rationale for sanitary and environmental flows.

Key words: environmental assessment, hydraulic engineering, water resources, hydro, hydro assessment, hydrochemical, and hydrological regime.

Гидротехническое строительство, принимаемое для решения задач водообеспечения и энергетики, оказывает серьезное влияние на экосистемы водных объектов, их гидробиологический режим. При этом воздействию подвергаются не только водные объекты, непосредственно затрагиваемые строительством, но и связанные с ними водоемы и водотоки, особенно расположенные ниже по течению. С учетом этого проведе-

ние исследований по изучению экологической обстановки в зоне влияния объектов гидроэнергетики чрезвычайно важно и является неотъемлемой частью экологического обоснования намечаемой деятельности.

Рассматриваемый комплекс гидроэлектростанций обусловлен необходимостью развития водохозяйственной системы горных рек и размещением первоочередных ГЭС и ГАЭС на Северном Кавказе.

Особенностью формирования качества воды в водохозяйственной системе является взаимосвязь входящих в нее водных объектов, т.е. вышележащие водные объекты, являясь входом для нижележащих, влияют на качество воды последних. В этой связи важно для условий межбассейнового перераспределения стока выполнить экологическую оценку воздействия гидротехнического строительства на все водные объекты зоны влияния рассматриваемого комплекса ГЭС. В данной работе зона влияния гидротехнического строительства ограничена несколькими реками, водохранилищем и перебросным каналом.

С учетом этого конечной целью настоящих исследований является определение рационального с позиций водопользования варианта развития водохозяйственной системы (ВХС) зоны влияния строящихся ГЭС на основе санитарно-экологического обоснования попусков в нижние бьефы водозаборных гидроузлов перебросного канала.

Для достижения этой цели выполнены исследования, основными задачами которых являются оценка современного состояния качества воды рек региона; прогноз техногенных изменений в качестве природных вод в связи с перспективным развитием региона и вводом в эксплуатацию комплекса гидроэлектростанций; разработка рекомендаций по водоохранным мероприятиям, в том числе обоснование санитарно-экологических попусков.

Эти исследования выполнены на основе анализа и обобщения натурных и проектных материалов, литературных источников, математического моделирования качества воды водных объектов.

Кроме того, в рамках выполненных исследований были рассмотрены вопросы возникновения аварийных ситуаций на гидротехнических сооружениях, которые неизбежно приведут к негативным изменениям гидрохимического и гидробиологического режимов водотоков, ухудшению их санитарно-экологического состояния. Были также изучены и выявлены тенденции в формировании качества воды искусственных водных объектов зоны исследования – водохранилища и перебросного канала.

Экологическая оценка воздействия гидротехнических объектов на водоемы и водотоки была осуществлена на основании полученных результатов качества воды и его изменения под влиянием техногенных факторов. Вопросы качества воды изучались не только в составе экологической оценки, но также водохозяйственной и санитарно-гигиенической в различных аспектах.

При выполнении экологической оценки были обеспечены ее основные принципы и подходы, которые сводятся к следующим.

1. Экологическая оценка воздействия гидротехнических объектов на водоемы и водотоки должна быть всесторонней и выполнена по комплексу основных аспектов (с точки зрения воздействия на качество воды; биопродуктивность; возникновение биологических помех; водную флору и фауну).

Одним из главных составных элементов гидроэкологической оценки является характеристика качества воды и его изменение под влиянием техногенных факторов. Вопросы качества воды изучаются не только в составе экологической оценки, но также водохозяйственной и санитарно-гигиенической в различных аспектах.

Эколого-санитарная оценка качества воды включает характеристику состава и свойств воды как среды обитания гидробионтов (наличие биогенных и органических веществ, солевой состав, прозрачность воды, активная реакция, газовый режим и другие ингредиенты); характеристику процессов самозагрязнения («цветения» воды, обрастание откосов) и биохимического самоочищения (участие гидробионтов в трансформации, аккумуляции, седиментации алло- и автохтонных загрязняющих веществ); оценку качества воды по критериям биоиндикации.

Водохозяйственный аспект предусматривает оценку качества воды для комплексного водоснабжения (пригодность ее для хозяйственно-бытовых нужд, промышленности и сельского хозяйства) в соответствии с существующими нормативами, а санитарно-гигиенический – с точки зрения использования воды для питьевого водоснабжения, рекреации и других задач здравоохранения.

Характеристика качества воды с экологических позиций и для хозяйственного ис-

пользования производится по сходным показателям. Существенное отличие заключается в оценке градаций величин и их наборе, а также степени важности отдельных показателей. Экологические требования к качеству воды обычно учитывают большее число показателей и предусматривают их градации в определенном диапазоне величин, а не в сравнении с величиной предельно допустимой концентрации, как водохозяйственная оценка. Экологическая оценка не подменяет существующие нормативы, регламентирующие требования по нормированию качества воды в интересах различных потребителей и водопользователей. Она более фундаментальна в силу того, что характеризует объективное состояние водных объектов как природных тел и их экосистем, формирующих то или иное качество воды в результате функционирования живых компонентов и круговорота веществ в них. Она дает обобщенную характеристику качества воды в водоеме и определяет ее пригодность и ценность для различных видов водопользования.

Важнейшим разделом гидроэкологической оценки строительства ГЭС является биопродуктивный аспект, включающий вопросы рыбопродуктивности. Сложность заключается в том, что современный уровень знаний в области экологической физиологии и популяционной экологии водных животных, в том числе рыб, не позволяет с высокой достоверностью предсказать реакцию гидробионтов на изменившиеся в результате воздействия технического строительства ГЭС условия среды, их место во вновь формируемых гидробиоценозах, консервативность или пластичность всех видов рыб, численность и ареал их популяций в отдельных водных объектах или их системах.

В составе гидроэкологической оценки должен быть рассмотрен такой важный с точки зрения эксплуатации технических объектов аспект, как возникновение биологических помех. К числу основных их источников принадлежит зарастание водоемов и водотоков, обрастание гидротехнических сооружений гидробионтами, в частности моллюском дрейссеной. Зарастание водных

объектов высшими водными растениями и нитчатými водорослями приводит к уменьшению пропускной способности водотоков, возникновению механических помех на гидротехнических сооружениях в случаях выноса и скопления на них растительности, заболачиванию водоемов и ухудшению качества воды. Обрастание дрейссеной нежелательно почти на всех типах гидротехнических сооружений, но особенно опасно в трубопроводах и агрегатах энергетических объектов, поскольку приводит к снижению пропускной способности вплоть до вывода их из строя.

Очень актуальным аспектом экологической оценки является охрана водной флоры и фауны. С природоохранной точки зрения необходимо заключение о воздействии технических объектов на редких, эндемичных, реликтовых и ценных в хозяйственном отношении гидробионтов: беспозвоночных и позвоночных животных, высших водных растений, водорослей. Требования могут заключаться в изменении варианта размещения технического объекта, разработке мероприятий по ограничению воздействия техногенных факторов, сохранению водной флоры и фауны путем создания заповедников или заказников.

2. Процесс экологической оценки воздействия технических объектов на водоем и водотоки начинается со сбора необходимой исходной информации. Она состоит из характеристики современного состояния гидроэкологической системы, данных о параметрах проектируемых или действующих гидротехнических и энергетических объектов, а также антропогенном загрязнении.

Характеристика современного состояния экосистем включает сведения о гидрологическом, гидрохимическом, гидробиологическом режимах, качестве воды, биопродуктивности, эколого-токсикологической, радиоэкологической, паразитологической ситуации водных объектов, подвергающихся воздействию, а также водоемов и водотоков, которые могут служить аналогами при прогнозировании влияния техногенных факторов. Правильный выбор аналогов является достаточно сложным и ответственным мо-

ментом, поскольку их адекватность в значительной мере определяет надежность прогноза и рекомендуемых мероприятий.

Важным составным элементом экологической оценки является сбор и анализ исходной информации о конструктивных и технологических параметрах объектов, воздействующих на водные экосистемы. В процессе работы необходимо выделить основные факторы воздействия и непосредственные или косвенные последствия, возникающие в водных экосистемах. Следует иметь в виду, что характер последствий (как положительных, так и отрицательных) и степень их проявления в значительной мере зависит от инженерных решений, принятых в проекте и реализованных на действующем объекте.

3. Одной из наиболее сложных проблем экологической оценки является разработка ее центрального звена – прогноза воздействия техногенных факторов на водные объекты. Прежде чем прогнозировать последствия влияния технического строительства ГЭС, необходимо составить фоновый экологический прогноз и получить представление о возможных изменениях водных экосистем на ближайшую и отдаленную перспективу без осуществления данного строительства.

4. В экологической оценке воздействия гидротехнического строительства, связанного с созданием гидроузлов ГЭС и ВХС, ключевую роль играет набор показателей такой оценки. Репрезентативность этого выбора, без сомнения, играет решающую роль в адекватности оценки, для повышения которой необходимо отразить специфику воздействия гидроузлов на водную экосистему. В соответствии с логикой настоящего исследования следует остановиться на анализе показателей наиболее существенной функциональной характеристики водной экосистемы – качестве воды.

Иными словами, экологическая оценка воздействия гидроузла должна отражать взаимосвязь изменяющейся под воздействием гидротехнического строительства абиотической части водной экосистемы с ее биотой и на этой основе с процессами формирования качества воды. В некоторых случаях представляется целесообразным дополнить этот набор показателем рН, кото-

рый также зависит существенно от баланса продукционно – деструкционных процессов и на величину которого может оказать заметное влияние изменение газового режима водной толщи, связанное с выделением новой морфометрии водного объекта и динамики водной массы.

В ходе научных исследований были расширены и выполнены следующие работы:

- изучена зона влияния гидротехнического строительства, дана характеристика ресурсов поверхностных вод зоны и их использование на современном уровне и в перспективе;

- проведены натурные исследования по оценке современного химического и биологического режима рек зоны влияния рассматриваемых ГЭС;

- выявлены репрезентативные загрязняющие вещества зоны и выполнены прогностические расчеты по оценке качества воды водотоков зоны в условиях как проектного, так и «нулевого» вариантов строительства;

- на основании результатов прогностических расчетов выявлены тенденции в формировании качества воды искусственных водных объектов зоны влияния комплекса ГЭС, дана оценка их влияния на нижележащие водотоки;

- даны рекомендации по проведению традиционных водоохранных мероприятий вневодоемного характера, а также некоторые соображения в части сохранения равновесия водных экосистем искусственных водных объектов, в том числе санитарно-экологические попуски ниже трассы перебросного канала.

Выводы

1. Водохозяйственная система рассматриваемого комплекса ГЭС является системой межбассейновой переброски стока сложной структуры. Приняты замыкающие створы этой системы. По состоянию водотоков в выбранных замыкающих створах делается заключение о влиянии зоны гидростроительства на бассейн рассматриваемых рек в целом.

2. Оценено состояние воды в реках водохозяйственной системы комплекса ГЭС в современных условиях, как не отвечающее по многим показателям требованиям, предъявляемым санитарными правилами и нормами к качеству воды водоемов хозяйственно-питьевого и рыбохозяйственного водопользования.

3. Даны прогнозные оценки качества воды, выполненные для проектного и «нулевого» вариантов строительства. Показано, что в целом, при проведении рекомендованного комплекса традиционных вневодоемных водоохранных мероприятий качество воды водотоков зоны влияния ГЭС будет удовлетворять требованиям, предъявляемым к водотокам хозяйственно-питьевого и рыбохозяйственного водопользования.

4. Важным элементом инженерно-экологической оценки комплекса строящихся ГЭС, одним из наиболее эффективных регуляторов состояния водной экосистемы водотоков является санитарно-экологический попуск в нижние бьефы гидроузлов перебросного канала. Оценка попусков выполнена из соображений сохранения удовлетворительного санитарного состояния водоемов, а также с позиций сохранения равновесия в водных экологических системах

рассматриваемых рек. По результатам оценки рекомендованы размеры и режимы санитарно-экологических попусков ниже трассы канала.

5. С точки зрения новизны выполненных исследований следует отметить, что впервые проведено комплексное экологическое обследование зоны влияния рассматриваемых ГЭС. Дана оценка современному состоянию качества воды рек водохозяйственной системы ГЭС и разработан комплекс водоохраных мероприятий по обеспечению экологической безопасности. Теоретически обоснован прогноз качества воды в зоне влияния ГЭС и гидробиологического режима водохранилища. Научно разработан прогноз экологической обстановки при возможных аварийных ситуациях на объектах гидроэнергетики. Впервые разработаны комплексные подходы к обеспечению экологической безопасности в зоне влияния гидроэнергетических объектов.

В проведении исследований принимали участие специалисты Научно-исследовательского института Госкомприроды России, персонал гидрохимических лабораторий региона и химических лабораторий санитарно-эпидемиологических служб.

Т.В.ПЕТРОВА, *д-р экон. наук, профессор, ptrvt@mail.ru*

Г.Г.КАЗАНЦЕВА, *канд. экон. наук, ст. преподаватель, k_gg@km.ru*

О.А.ХОДИЧ, *аспирант, eugv@yandex.ru*

Сибирский государственный индустриальный университет, Новокузнецк

T.V.PETROVA, *Dr. in ec., professor, ptrvt@mail.ru*

G.G.KAZANTSEVA, *PhD in ec., senior lecturer, k_gg@km.ru*

O.A.HODICH, *postgraduate student, eugv@yandex.ru*

Siberian State Industrial University, Novokuznetsk

ОСНОВНЫЕ ПРИЧИНЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ ПОТЕРЯМИ УГЛЯ В НЕДРАХ

Рассмотрены вопросы возникновения и структура потерь угля в недрах на этапе проектирования и строительства шахты. Выявлены основные причины возникновения потерь, представляющих большую долю в структуре общих потерь. Сформулировано предложение по управлению потерями на этапе технико-экономического обоснования кондиций и проектирования предприятия.

Ключевые слова: запасы каменного угля, потери угля в недрах, структура потерь, критерий максимизации коэффициента извлечения.

THE MAIN CAUSES OF COAL LOSSES IN THE BOWELS AND METHODS OF THEIR MANAGEMENT

The article deals with the origin and structure of coal losses in the bowels during the design and construction of the mine. The basic causes of the origin losses identified which are represent a large proportion in the structure of total losses. A proposal for management of losses at the stage of feasibility study of conditions and enterprise design formulated.

Key words: coal reserves, the coal losses in the bowels, structure of losses, the criterion of the recovery factor maximization.

В настоящее время формирование доходной части федерального бюджета осуществляется за счет добычи полезных ископаемых, в том числе за счет добычи и реализации угля. Более 60 % добычи угля в России осуществляется в Кузнецком угольном бассейне, который располагается на территории Кемеровской области.

Ресурсная обеспеченность является одним из важнейших конкурентных преимуществ экономики Кемеровской области, ее базового сектора. Однако изначальная ресурсная сверхдостаточность не позволяет пренебрегать работой по воспроизводству и расширению ресурсной базы области. Ос-

таются различные риски, связанные с ухудшением этой базы, ее физическим сокращением, снижением доступности и качества, ростом экологических издержек, связанных с добычей природных ресурсов.

Масштабная добыча полезных ископаемых на территории области приводит к уменьшению балансовых ресурсов нераспределенного фонда недр и ресурсной обеспеченности добывающих предприятий, в первую очередь, подготовленных к разработке запасов. К началу 2000-х гг. в целом по стране и в Кемеровской области, в частности, сложилась ситуация, когда отрабатываемые и списываемые с баланса запасы

объемов угля не покрывались приростом запасов, что вело к снижению сырьевого потенциала угольной промышленности региона.

В настоящее время острой проблемы максимального извлечения угля из недр, как для недропользователя, так и государства, пока нет. Предприятия решают финансовые вопросы и вопросы технического перевооружения. Однако в ближайшем будущем возникнет необходимость более полного извлечения угля из уже вскрытых и подготовленных участков и при ТЭО кондиций новых угольных участков.

В период плановой экономики управление полнотой извлечения полезного ископаемого месторождения осуществлялось уже на стадии ТЭО всего угольного района или месторождения. При этом потери при подземной добыче угля составляли в среднем 18 % [1].

Для выявления причины возникновения потерь угля в недрах на современном этапе воспользуемся данными о ТЭО разведочных кондиций шахты «Ерунаковская I» Ерунаковского геолого-экономического района Кузбасса [3]. В ТЭО кондиций запасов шахты разработано по три варианта отработки пластов 53, 50, 49, 48, 45.

Рассмотрим величины потерь по различным вариантам технико-экономического обоснования отработки запасов шахты «Ерунаковская I» [ТЭО кондиций «Ерунаковская I»]. В первом варианте осуществляется отработка запасов с относительно выдержанными горно-геологическими условиями системой длинными столбами с обрушением (ДСО), при этом по каждому пласту остаются участки со сложными горно-геологическими условиями неправильной формы и ограниченных размеров, расположенные в зоне выветренных, повышенной трещиноватости пород. Вариантами 2 и 3 эти участки предусматривается обрабатывать системой ДСО и КСО (короткими столбами с обрушением).

Отличие варианта 2 от варианта 3 заключается в том, что участки, отнесенные предварительно вариантом 1 к нецелесообразным к отработке, по варианту 2 обраба-

тываются последовательно поочередным переходом лав с участка с относительно выдержанными горно-геологическими условиями на участки со сложными условиями. В варианте 3 участки обрабатываются параллельно за счет приобретения дополнительного оборудования и увеличения численности трудящихся. Объемы промышленных запасов и объем и структура потерь представлены в табл.1 и 2.

Как видно из табл.2, коэффициент извлечения полезного ископаемого из недр на стадии проектирования составляет только 50 % от балансовых запасов шахты. При этом в структуре потерь наибольшую долю занимают общешахтные потери: от 32 до 37 % (являются ненормируемыми потерями), эксплуатационные потери (нормируемые) составляют от 20 до 31 % от всех потерь.

На следующей стадии строительства и эксплуатации месторождения недропользователь может:

1) придерживаться установленных проектом нормативов потерь, тем самым использовать для расчета по ним нулевую ставку НДС;

2) нести сверхнормативные потери и платить НДС по общеустановленной ставке. Однако у недропользователя есть возможность пересмотреть и увеличить нормативы потерь по объективным причинам на следующий налоговый год, если их утвердят органы государственного управления фондом недр. На практике переутверждение нормативов потерь вызывает необходимость переутверждения всего технического проекта работы горно-добывающего предприятия. Поэтому на такие долгие, сложные и дорогие процедуры недропользователи не идут или идут в крайних случаях;

3) увеличить объем добычи угля за счет снижения потерь при добыче некондиционных запасов в рамках требований промбезопасности. При этом, получая дополнительный объем товарной продукции, недропользователь имеет возможность получить налоговый возврат за извлеченный объем некондиционных запасов.

Как правило, недропользователь придерживается проектных объемов потерь при

Таблица 1

Объем и структура потерь по пластам и по вариантам их отработки

Номер варианта отработки	Объем промышленных запасов пластов, тыс.т	Объем потерь, тыс.т				
		Всего	Общешахтные	У геологических нарушений	Нецелесообразные к отработке	Эксплуатационные
Пласт 53						
1	4708	3125	1186	332	941	666
2 и 3	5205	2628	1186	450	–	992
Пласт 51						
1	7473	6703	2013	982	2710	998
2 и 3	8750	5426	2167	1405	–	1854
Пласт 50						
1	8888	7415	2182	1164	2372	1697
2 и 3	9822	6481	2269	1985	–	2227
Пласт 48						
1	6749	8404	2731	2378	1431	1864
2 и 3	7443	7710	2771	2651	–	2288
Пласт 45						
1	4283	5896	1989	1624	1209	1074
2 и 3	4919	5260	1989	1893	–	1378

Таблица 2

Объем и структура потерь угля по шахте по вариантам отработки запасов

Вариант	Объем промышленных запасов шахты по вариантам отработки, тыс.т	Объем потерь, тыс.т					Коэффициент извлечения
		Всего	Общешахтные	У геологических нарушений	Нецелесообразные к отработке	Эксплуатационные	
1	32101	31543	10101	6480	8663	6299	0,50
2 и 3	36139	27505	10382	8384	0	8739	0,57
Средне-взвешенный	34120	29524	10242	7432	4332	7519	0,54

строительстве и эксплуатации горно-добывающего предприятия и сверхнормативных потерь не возникает. Более того, недропользователь осуществляет комплекс технологических процессов и стремится извлечь даже больший объем полезного ископаемого. Данную практику ведения добычи недропользователями можно определить как результат работы государственного косвенного экономического механизма - налоговой льготы (налогового возврата) за снижение объема потерь по сравнению с утвержденными нормативами потерь.

Возвращаясь к коэффициенту извлечения угольных запасов шахты «Ерунаковская I», на основе анализа приведенных в ТЭО постоянных разведочных кондиций следует сделать вывод о том, что весь объем потерь прогнозируется при проектирова-

нии предприятия, в соответствии с которым ежегодно утверждается норматив потерь при работе шахты в течение отчетного года. Следовательно, управление запасами и потерями полезного ископаемого следует осуществлять на этапе проектирования предприятия.

Для проектных организаций и недропользователей существует ряд трудностей эффективного управления потерями:

- отсутствие современной нормативно-справочной документации. Все регламенты, используемые проектировщиками, созданы и утверждены ближе к середине прошлого столетия, и при существующем уровне техники и технологии горно-добывающего производства в рыночных условиях приводят к нецелесообразным к реализации проектам. Эта проблема остается не замеченной

при прохождении экспертизы данных проектов, так как при отсутствии современных регламентов проект проверяется, в основном, на содержание в нем обязательных разделов и соответствие требованиям промышленной безопасности. Таким образом, экспертиза на рациональность извлечения полезного ископаемого не проводится по объективным причинам;

- отсутствие соответствующих регламентов, что вызывает необходимость создания нормативно-правовых документов, включающих в себя также методику определения интегрального критерия максимизации коэффициента извлечения полезного ископаемого;

- отсутствие тесной взаимосвязи сотрудников государственной власти и проектных организаций с недропользователями. Это приводит к недоучету горно-геологических факторов и реальных возможностей недропользователей при использовании технических, финансовых и, самое главное, кадровых ресурсов;

- разделение месторождения на лицензионные участки (горные отводы), границы которых зачастую определены без учета как геологических особенностей объекта полезного ископаемого в недрах, так и их «равноценности по экономической значимости» [2];

- разделение месторождения на участки с небольшими запасами и сложными горно-геологическими и газодинамическими условиями, сложной геометрической формой, изначально имеющие невысокие значения рентабельности. При совокупности перечисленных признаков участка его эксплуатация приводит к нерациональной отработке месторождения в комплексе. На многих угольных месторождения Кузнецкого угольного бассейна горно-добывающие работы ведут одновременно более десятка различных недропользователей по не увязанным между собой техническим проектам, следовательно, имеющих индивидуальные промплощадки и промышленную инфраструктуру, разные технику и технологии отработки и т.д., что вызывает появление наибольшего объема потерь по сравнению с единой схемой отработки того же месторождения;

- недостаточная горно-геологическая изученность лицензионных участков и отсутствие механизма и инструментов, контролирующих выполнение условий лицензий и лицензионного соглашения на право и обязанности по доразведке участка;

- недостаток квалифицированных кадров на всех стадиях жизненного цикла горно-добывающего предприятия. С одной стороны, проблема порождена ослаблением образовательной системы, так как учреждения не имеют возможности сформировать современную лабораторную базу, осуществлять российские и зарубежные стажировки научно-преподавательского состава, закупать научную и учебную литературу, периодические издания. У них нет связей с проектными, государственными и научными учреждениями. С другой стороны, имеет место проблема «отрыва» вузов от производства. На сегодняшний момент практически все угледобывающие предприятия находятся в частной собственности и максимально ограничивают доступ к внутренней служебной информации и даже формам статистической отчетности. Конфиденциальность информации о деятельности предприятий породила проблему, связанную с прохождением стажировок научно-педагогических кадров и производственных практик учащихся.

Перечисленные проблемы единого решения не имеют. Однако по проблеме управления запасами и потерями угля на предпроектной и проектной стадиях жизненного цикла предприятия можно предложить определенные решения. Возможный способ управления потерями заключается в проведении технико-экономических обоснований, проектных расчетов и экспертизы рациональности использования запасов на основе современных регламентов, включающих в себя методику расчета интегрального критерия для максимизации коэффициента извлечения полезного ископаемого с отслеживанием уровня рентабельности угледобывающего предприятия для достижения баланса интересов недропользователя и государства.

Работа выполнена в рамках научно-исследовательских работ по Государственному контракту № 16.740.11.0410.

ЛИТЕРАТУРА

1. Государственный баланс запасов полезных ископаемых Российской Федерации на 1 января 1998 г. Вып.62. Уголь. Т.3. Западно-Сибирский регион. М., 1998. 253 с.

2. *Сергеев И.Б.* Экономика недропользования / И.Б.Сергеев, А.Е.Череповицын, Д.Р.Каюмов. СПб, 2010. 145 с.

3. Технико-экономическое обоснование постоянных разведочных кондиций для подсчета запасов угля

по полю шахты «Ерунаковская I». Т.1. Кн.1. Пояснительная записка. Кемерово, 2006. 318 с.

REFERENCES

1. State balance of mineral reserves of the Russian Federation on January 1, 1998. Issue 62. Coal. Vol.3. West Siberian region. Moscow, 1998. 253 p.

2. *Sergeev I.B.* Subsurface management Economics / I.B.Sergeev, A.E.Cherepovitsyn, D.R.Kayumov; Saint Petersburg, 2010. 145 p.

3. Feasibility study of constant explorative conditions for calculating the coal reserves in the mine field «Erunakovskaya I». Vol.1. Book 1. Explanatory note. Kemerovo, 2006. 318 p.

**ПРИРОДООХРАННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ИЗУЧЕНИЕ,
ПЕРЕРАБОТКА И УТИЛИЗАЦИЯ ТЕХНОГЕННЫХ
ОБРАЗОВАНИЙ, РЕЦИКЛИНГ МАТЕРИАЛЬНЫХ
И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ**

**ENVIRONMENTAL PROTECTION TECHNOLOGIES, RESEARCH,
PROCESSING AND UTILIZATION OF TECHNOGENIC STRUCTURES,
RECYCLING OF MATERIAL AND ENERGY RESOURCES**

УДК 550.424.6

Н.К.АНДРОСОВА, канд. геол.-минерал. наук, профессор, *androsova_n@mail.ru*
Московский государственный открытый университет

N.K.ANDROSOVA, PhD in geol. & min. sc., professor, *androsova_n@mail.ru*
Moscow State Open University

**ГЕОХИМИЯ ТЕХНОГЕНЕЗА В РАЙОНАХ РАЗРАБОТКИ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ**

Рассматриваются геохимические процессы (перемещение и концентрация химических элементов), связанные с источниками техногенного загрязнения, прежде всего с эксплуатацией месторождений полезных ископаемых. При добыче полезных ископаемых формируются обширные атмо-, лито- и гидрохимические ореолы загрязнения.

Ключевые слова: геохимия, месторождение, атмосфера, почва, горные породы, воды.

**GEOCHEMISTRY OF TECHNOGENESIS IN AREAS
OF WORKING OUT OF MINERAL DEPOSITS**

Geochemical processes (transfer and concentration of chemical elements), connected with sources of anthropogenic pollution, first of all with operation of mineral deposits are considered. At mining operations extensive atmospherical, lithological and hydrochemical pollution circles formed.

Key words: geochemistry, deposit, atmosphere, soil, rocks, water.

В горно-рудных районах распространение загрязняющих веществ определяется технологией добычи, транспортировки и обогащения полезных ископаемых. Извлеченные из недр огромные массы горных пород, вскрышные породы в отвалах, отходы обогащения в хвостах и шламохранилищах захватывают большие площади. Средний по производительности горно-рудный комбинат

имеет площадь горного отвода 2-3 тыс. га. Зоны загрязнения обычно превосходят по площади горные отвалы в несколько раз.

При добыче твердых полезных ископаемых ежегодно выводится на поверхность сотни тысяч тонн горных пород. Окисление в зоне гипергенеза может привести к самовозгоранию отвалов и переносу агрессивными фильтрационными водами продуктов

разрушения горных пород. В результате формируются обширные лито-, атмо- и гидрoхимические ореолы загрязнения.

Бурение нефтяных скважин позволяет вскрывать глубинные части осадочной оболочки, и ее среда приобретает связь с наземной атмосферой. Извлечение в больших объемах нефти и закачивание в глубокие горизонты воды вызывает смещение равновесного состояния недр: геодинамического, геохимического и т.д.

Загрязнение атмосферы. В результате техногенеза происходят изменения химического состава практически всех компонентов природной среды. При добыче и переработке полезных ископаемых, сжигании топлива, из отвалов в атмосферу попадают газы, пыль, органические соединения и различные твердые вещества.

Среди газовых выбросов особую опасность представляют углекислый газ CO_2 , оксид углерода CO , диоксид серы SO_2 , оксиды азота, метан CH_4 и другие углеводороды. Предприятия ГМК «Норильский никель» при переработке сульфидного медно-никелевого сырья выбрасывает в атмосферу диоксид серы, на который приходится около 97 % всех выбросов [4].

Массовые взрывы на карьерах поднимают облака газа и пыли до высоты 150-300 м, а тонкие фракции материала – до 16 км; ветры разносят их на многие километры. В атмосферу при этом могут поступить до 6-10 млн м^3 газов и 100-250 т пыли [3], в состав которой в основном входят SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , C , K_2O , Na_2O , PbO , ZnO , SeO_2 , As_2O_3 , MgO , Fe_2O_3 , CdO .

Предприятия цветной металлургии и стационарные установки по сжиганию топлива являются источниками тяжелых паров ртути. Общее количество техногенной ртути, выбрасываемой ежегодно в атмосферу, составляет более 1000 т.

На нефтегазодобывающих предприятиях к основным источникам загрязнения атмосферного воздуха относятся факельные установки и потери от технологического оборудования. Выжигание пролитой нефти и пожары на скважинах поставляют в атмосферу оксиды углерода, азота, серы, серово-

дорода, сажу, пятиокись ванадия, синильную кислоту, формальдегид, бензаперен, органические кислоты. Загрязняющие вещества оседают на поверхности вблизи от месторождения или разносятся ветром на большие расстояния.

Выбросы приводят к потере прозрачности воздуха, его запыленности и загазованности, подкислению дождевых осадков, изменению проницаемости солнечной и отраженной радиации, нарушению температурного режима. В результате ухудшаются условия обитания растительности и живых организмов. При вдыхании воздуха с повышенным содержанием SO_2 происходит заболевание органов дыхания, оксид углерода приводит к изменению кровеносной системы. Оксиды азота могут влиять на нервную, и кровеносную системы, поражать дыхательные пути и вызывать отек легких.

Техногенное воздействие на почву и горные породы. При разработке полезных ископаемых и размещении отходов происходит изменение структуры почвы и ее химического состава. Строительство карьеров и проходка подземных выработок приводит к нарушению состояния горных массивов, деформации поверхности, изменению ландшафтов и развитию техногенных геологических процессов. При извлечении твердых полезных ископаемых формируется пустотное пространство. Подработанные толщи могут оседать и образовывать провалы на земной поверхности, вследствие чего возможно затопление горных выработок.

На долю горно-добывающей промышленности в нашей стране приходится около 70 % всех отходов, расположенных на земной поверхности, так как в отвалы при существующих способах переработки попадает до 30 %, а иногда до 90 % добытого сырья [2]. Так, в Ленинградской области на карьерах по добычи фосфоритов площадь отвалов превышает 20 км^2 , объем вскрышной породы более 10^8 м^3 . Для добычи небольшого по мощности (5-10 м) слоя полезного сырья на дневную поверхность вынимают и перемешивают слои пород мощностью 20-30 м [1]. Отвалы техногенных пород подвергаются водной и ветровой эрозии, выветриванию и другим геологическим процессам.

Применяемые при переработке и обогащении минерального сырья технологии приводят к значительному органическому загрязнению образующихся отходов (см.таблицу), а химические реагенты являются источником таких опасных соединений, как ПАУ, фенолы, амины. В шламо- и хвостохранилищах при взаимодействии отходов с водой происходит разрушение органо-минеральных комплексов, повышается геохимическая подвижность поллютантов, поступающих со стоками в гидросферу.

Уровень органического загрязнения отходов горно-добывающего производства, г/кг

Объект исследований	Битуминозные компоненты	Нефтепродукты
Шламы калийного производства	0,38-20,95	0,14-1,47
Хвосты хромитового производства	0,01-0,12	0,01-0,04
Хвосты медно-рудного производства	0,03-0,36	0,01-0,23
Угольно-породные отвалы	0,52-4,30	0,06-1,98
Отвалы бокситовых рудников	0,25-2,13	0,06-0,22

В процессе бурения скважины природные комплексы загрязняются нефтью и нефтепродуктами, химическими реагентами, буровыми сточными водами, отработанным буровым раствором и шламом, выбуренной породой и горючесмазочными материалами.

Объем отходов зависит от технологии проходки скважины, системы водопотребления и водоотведения и других факторов. По некоторым данным объем буровых сточных вод, отработанных растворов и бурового шлама при бурении скважин в Западной Сибири составляет соответственно 0,24; 0,2 и 0,18 м³ на 1 м проходки. Суммарный объем отходов превышает 25 млн м³ в год [1].

В результате аварий, при сжигании нефти и газа, при прорывах нефтепроводов в почвы попадают тяжелые металлы и радиоактивные элементы, содержащиеся в нефти. Исследования нефтепромыслов показывают значительное превышение допустимых норм радиоактивности в районе скважин, вызванное отложением на оборудовании и прилегающем грунте солей радия-226, тория-232 и калия-40. Особенно загрязнены действующие и отработавшие

трубы, которые нередко приходится классифицировать как радиоактивные отходы. Утечка радионуклидов возможна из подземных резервуаров, образовавшихся в результате взрывов.

Почвы, пережившие техногенное воздействие, продолжают изменяться и могут привести к появлению вторичных продуктов, не связанных непосредственно с источником загрязнения. Стадии физико-химических трансформаций сменяются во времени. Например, на угольных месторождениях Подмосковья при фильтрации атмосферных осадков через сульфидсодержащие отвалы вмещающих пород образуются высокоминерализованные кислые фильтрационные воды.

Загрязнение природных вод. Поверхностные и подземные воды загрязняются в основном из-за несовершенства сооружений шламоохранилищ, отстойников и отвалов и недостаточной очистки сточных вод. Уровень загрязнения зависит от объема, состава загрязнителей, от геохимического типа вод и может превысить уровень ПДК по целому ряду показателей.

При разработке сульфидных месторождений (колчеданных, стратиформных медно-полиметаллических, магматических ликвационных и др.) происходят изменения условий миграции химических элементов, таких как окислительно-восстановительный потенциал и кислотно-щелочное равновесие. В водах этих месторождений накапливаются тяжелые металлы Pb, Zn, Cu, Co, Ag, Ni и др. В водах позднемагматических, карбонатитовых месторождений, связанных со щелочными породами, активно мигрируют TR, Cr, F, As и др.

Наиболее подвижными и, следовательно, опасными для природных систем являются Cu, Zn, Cd. В поверхностных водах и поровых растворах донных осадков содержание Cu и Zn достигает 10-100 ПДК. В донных отложениях металлы образуют подвижные сульфатные формы, переход которых в раствор приводит к вторичному загрязнению речных и подземных вод.

Добыча и транспортировка нефти загрязняет природные воды нефтью, сточными

водами, химическими реагентами, тяжелыми металлами и радиоактивными элементами, находящимися в нефтяных коллекторах, в самой нефти и в пластовых водах. В воде наблюдаются нефтяные углеводороды, синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ), полиароматические углеводороды, взвешенные вещества.

Во время бурения возможно попадание в водоносные горизонты буровых растворов и взвесей, образованных буровым инструментом. Отбор флюидов приводит к падению внутрипластового давления. Для его поддержания закачивают обычно воды, имеющие отличный химический состав. При проникновении их в водоносные горизонты происходит загрязнение и изменение минералогического состава подземных вод.

Разработка месторождений на шельфе повышает мутность воды, нарушает температурный режим вод, изменяет физико-химические параметры воды (рН, соленость, электропроводность, окисляемость), приводит к заиливанию дна. В результате аварий на буровых, расположенных на шельфе, в море поступают буровые растворы и шламы. Высокотоксичные элементы, содержащиеся в них, влияют на качество воды и жизнь гидробионтов. Исследования, проведенные в районе месторождения Чайво (шельф на северо-востоке Сахалина) пока-

зывают, что взвеси (в зависимости от размера частиц) с течениями могут распространяться на 40 км. Повышенная мутность воды отпугивает рыб от нерестилищ, воздействует на фильтрационные аппараты моллюсков и ракообразных, приводит к изменению структуры сообществ и гибели некоторых планктонных животных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андросова Н.К. Экологическая геология: Учеб. пособие. М., 2010.
2. Милютин А.Г. Экология: геоэкология недропользования: Учебник / А.Г.Милютин, Н.К.Андросова, И.С.Калинин, А.К.Порцевский. М., 2007.
3. Пашкевич М.А. Геохимия техногенеза среды: Учеб. пособие. СПб, 2004.
4. Пашкевич М.А. Экологические проблемы мегаполисов и промышленных агломераций: Учеб. пособие / М.А.Пашкевич, М.Ш.Баркан, И.Б.Мовчан. СПб, 2010.

REFERENCES

1. Androsova N.K. Ecological geology: Study guide. Moscow, 2010.
2. Milutin A.G. Ecology: subsurface management geocology. Study guide / A.G.Milutin, N.K.Androsova, I.S.Kalinin, A.K.Porcevskiy. Moscow, 2007.
3. Pashkevich M.A. Geochemical of technogenez environments: Study guide. Saint Petersburg, 2004.
4. Pashkevich M.A. Ecological problems of megalopolises and industrial agglomerations: Study guide / M.A.Pashkevich, M.Sh.Barkan, I.B.Movchan. Saint Petersburg, 2010.

М.Ш.БАРКАН, канд. техн. наук, доцент, *barkan-msh@spmi.ru*
М.М.МАЛЫШКИН, канд. техн. наук, ассистент, *mishania_m@mail.ru*
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

M.Sh.BARKAN, PhD in eng. sc., associate professor, *barkan-msh@spmi.ru*
M.M.MALYSHKIN, PhD in eng. sc., assistant lecturer, *mishania_m@mail.ru*
National Mineral Resources University (Mining University), Saint Petersburg

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ И ЗАРУБЕЖНОЙ ПРАКТИКИ ОБРАЩЕНИЯ С ТВЕРДЫМИ КОММУНАЛЬНЫМИ ОТХОДАМИ

Увеличение бытовых отходов в Санкт-Петербурге и Ленинградской области неизбежно приводит к ухудшению состояния окружающей среды, но, к сожалению, политические приоритеты в сфере обращения с отходами далеко не идеальны и преобладающее невмешательство политики приводит к экономической неэффективности обращения с отходами.

Ключевые слова: твердые коммунальные отходы, окружающая среда, управление

COMPARATIVE ANALYSIS OF DOMESTIC AND FOREIGN PRACTICE OF SOLID MUNICIPAL WASTE

The increase in household waste in St. Petersburg and Leningrad region inevitably leads to environmental degradation, but, unfortunately, the political priorities in the field of waste management are far from perfect and the prevailing non-interference policy leads to economic inefficiency of waste management.

Key words: municipal solid waste, environment, management.

Низкий уровень информированности общественности о важности управления твердыми бытовыми отходами и наследство, доставшееся от советской ментальности в сфере управления отходами, социально-культурные, экономические аспекты и исторические корни слабости местного самоуправления – все это влияет на большинство аспектов обращения с отходами на муниципальном уровне.

Анализ технических аспектов и производительности на европейском контексте однозначно показал, какие стадии развития управления отходами должны быть приоритетом. Для обеспечения общественного здравоохранения и защиты окружающей среды необходимы эффективный сбор и транспортировка твердых бытовых отходов, а также закрытие незаконных свалок и отделение опасных отходов от основной массы отходов.

Анализ институциональных и политико-правовых аспектов продемонстрировал неустойчивость управления и низкую политичес-

кую волю в управлении отходами и общую слабость в муниципальном управлении, которая проявляется в отсутствии стимулов для правильного обращения в управлении отходами и низких штрафах за нарушение законов.

Потребности в инвестициях в Санкт-Петербурге и Ленинградской области огромны из-за существующих отходов очистных сооружений и большого количества незаконных свалок. Закрытие незаконных свалок и отделение опасных отходов, а также более сложные институциональные цели только появляются в политической повестке дня в России.

Общее население Санкт-Петербурга и Ленинградской области составляет около 6 млн человек (4,6 млн в городе и 1,4 млн в регионе). В одном Санкт-Петербурге образуется примерно 10 000 000 м³, или 2 000 000 т [4] бытовых отходов ежегодно. Всего в городе и области производится около 3,5 млн т твердых бытовых отходов.

Различные части системы управления отходами находятся под контролем различных официальных органов. В 2009 г. в Санкт-Петербурге были проведены реформы в сфере обращения с отходами и основан Комитет по благоустройству, объединяющий в своих функциях большинство аспектов обращения с отходами. Оставшиеся функции распределены по еще четырем комитетам и департаментам администрации Санкт-Петербурга.

В Ленинградской области решили иначе построить структуру обращения с отходами: в 2008 г. было основано ОАО «Управляющая компания по переработке отходов», 100 % акций которой принадлежит правительству Ленинградской области. В дополнение ключевую роль в региональном управлении твердыми бытовыми отходами играют муниципальные власти округов.

Изменения в муниципальном управлении продолжают, так как уровни местной структуры управления отходами имеют много критики. Функции и обязанности федеральных контролирующих органов, таких как Ростехнадзор, Росприроднадзор и Роспотребнадзор накладываются друг на друга и ресурсов на муниципальном уровне недостаточно.

Инфраструктура обращения с отходами в районе Санкт-Петербурга и Ленинградской области не отвечает современным мировым экологическим стандартам. Два существующих перерабатывающих отходы предприятия в Санкт-Петербурге являются устаревшими и нуждаются в модернизации. В районе исследования располагается 11 полигонов и 60 официальных свалок. Кроме того, в Ленинградской области наблюдается более 150 постоянно используемых мест для захоронения отходов, и большинство из них не отвечают санитарным и экологическим нормам [2].

Согласно последним данным Евростата, средний объем расходов Евросоюза на экологические программы составил 1,8 % от ВВП. Расходы на управление отходами составляют 0,7 % ВВП (40 % от природоохранных расходов). Расходы по управлению отходами в 2006 г. составили 26,73 евро за тонну отходов и инвестиции в сфере управления отходами были 2,17 евро за тонну (рассчитывается по данным Евростата).

В Санкт-Петербурге средняя ставка по захоронению твердых бытовых отходов от 305 руб. (7,6 евро) за тонну и 1050 руб. (26,25 евро) за тонну отходов для утилизации [3]. Правительство Ленинградской области в

2008 г. израсходовало на управление отходами 199 млн руб. (5 млн евро) или 0,05 % от валового регионального продукта (ВРП). Тарифы на размещение отходов около 36 руб. (0,9 евро) за 1 м³ (около 4,5 евро за тонну). Это в 2 раза дешевле, чем в Санкт-Петербурге (новые тарифы 2010 г.). А размещать отходы на свалках еще дешевле, чем производить переработку отходов в России.

Целью данной работы является поиск новых возможных проектов развития управления отходами в Санкт-Петербурге и Ленинградской области с учетом существующих институциональных и технических возможностей, а также опыта, извлеченного из двусторонних проектов развития между Россией и некоторыми государствами-членами ЕС.

Структура управления твердыми бытовыми отходами разделена между тремя вертикальными уровнями местного самоуправления на основе муниципальной реформы в 2006 г.

На самом низком уровне – муниципальный совет, решающий немногочисленные вопросы обращения с отходами. Сбор и транспортировка отходов в многоквартирных домах возлагается прямо на владельцев домов, организаций владельцев в форме товариществ собственников жилья или специальных управляющих компаний на основе открытых конкурсов выбора торгов (в соответствии с Жилищным кодексом России).

Муниципальное образование несет ответственность за решение проблемы отходов, если жители или управляющие компании не заботятся об обращении с отходами. Недостаточный контроль со стороны инспекторов жилищного комитета и других контролирующих органов является проблемой.

Согласно закону муниципалитеты отвечают за сбор платежей по управлению отходами из частных домов и для закрытия незаконных мусорных свалок. Роль районных работников в сфере управления отходами состоит в основном в сборе отходов. Комитеты на региональном уровне – главная сила в переработке отходов. Основной исполнительной властью в сфере обращения с отходами в Санкт-Петербурге является Комитет по благоустройству.

Основными направлениями деятельности Комитета по благоустройству в управлении твердыми бытовыми отходами являются государственное управление отходами промышленности и твердыми бытовыми отходами, координация других органов исполнительной власти.

Вопросы опасных отходов, связанные с их последствиями для окружающей среды и безопасности, относятся к функциям Комитета по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности.

Федеральное законодательство основано на принципе иерархии, где нижестоящие правовые акты не должны противоречить высшему уровню. Таким образом, последовательность российских юридических документов состоит в следующем (начиная с самого высокого уровня): Конституция Российской Федерации, федеральные законы, указы Президента России, приказы Правительства России, правовые акты федеральных министерств и ведомств, нормативно-технические и инструктивно-методические документы.

Существуют также «конкретные» законы, которые имеют приоритет в области регулирования отходов. В связи с этим различные аспекты управления отходами регулируются законом об отходах, санитарно-эпидемиологическими законами, городскими законами, гражданским правом и т.д.

Федеральный закон № 89-ФЗ «О производстве и потреблении отходов» от 24 июня 1998 г. имеет статус конкретного закона в области обращения с отходами, устанавливает правовые определения и правовую основу для отходов потребления и производства и управления направленных на предотвращение неблагоприятного воздействия на здоровье человека и окружающую среду. Закон определяет, что правовое регулирование производства и обращения с отходами потребления и государственного контроля в этой области является обязанностью органов государственной власти России.

В соответствии с принципом иерархии, иными правовыми актами федеральных, региональных и муниципальных органов власти в области обращения с отходами должно соответствовать Федеральному закону «Об отходах производства и потребления». Кроме того, закон «Об охране окружающей среды» и другие общие законы не могут не противоречить законам, конкретно регулирующим вопросы управления отходов.

Положения Федерального закона «Об отходах производства и потребления» и

других федеральных законов были реализованы в ряде государственных стандартов (ГОСТов) по переработке отходов.

Законодательство в сфере управления отходах на региональном уровне должно быть улучшено за счет сокращения числа документов и снятия противоречий [1], на региональном уровне процессы развития региональных законов и нормативных актов должны быть ускорены.

Необходима разработка образовательных проектов в области управления отходами и проектов, которые развивают вопросы общего управления отходами. Информационные системы и системы расчета стоимости обращения являются приоритетными, как и проекты, которые будут способствовать укреплению муниципального управления для улучшения управления отходами в этой области.

Потребности в инвестициях в Санкт-Петербурге и Ленинградской области огромны из-за старых отходов очистных сооружений и большого количества незаконных свалок. Закрытие незаконных свалок и отделение опасных отходов от источника, а также предотвращение незаконного захоронения отходов и другие более сложные институциональные цели только появляются в политической повестке дня в России.

ЛИТЕРАТУРА

1. Венцулис Л.С. Система обращения с отходами: принципы организации и оценочные критерии / Л.С.Венцулис, Ю.И.Скорик, Т.М.Флоринская. СПб, 2007. 207 с.
2. Охрана окружающей среды Ленинградской области на 2009-2010 годы: Долгосрочная целевая программа. СПб, 2009. 28 с.
3. Цены на переработку отходов. Официальный сайт администрации Санкт-Петербурга; http://www.gov.spb.ru/gov/admin/otrasl/gilfond/tarify/ut_othod

REFERENCES

1. Venculis L.S. Waste management system: principles of organization and evaluation criteria / L.S.Venculis, Yu.I.Skorick, T.M.Florinskaya. Saint Petersburg, 2007. 207 p.
2. Environmental Protection in Leningrad Region in 2009-2010: Long Term Target Programme. Saint Petersburg, 2009. 28 p.
3. Prices for waste treatment. Official Site of Administration of Saint Petersburg; http://www.gov.spb.ru/gov/admin/otrasl/gilfond/tarify/ut_othod

И.А.КАРЛОВИЧ, *д-р геогр. наук, профессор, kaf.geo.vggu@yandex.ru*

И.Е.КАРЛОВИЧ, *д-р геогр. наук, доцент, kaf.geo.vggu@yandex.ru*

А.И.КАРЛОВИЧ, *ассистент, kaf.geo.vggu@yandex.ru*

Владимирский государственный гуманитарный университет

I.A.KARLOVIC, *Dr. in geog., professor, kaf.geo.vggu@yandex.ru*

I.E.KARLOVIC, *Dr. in geog., associate professor, kaf.geo.vggu@yandex.ru*

A.I.KARLOVIC, *assistant, kaf.geo.vggu@yandex.ru*

Vladimir State Pedagogical University

ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ ПРОДУКТОВ И ИЗДЕЛИЙ ОТ ЭКСПЛУАТАЦИИ ДО ВОЗВРАТА В ПРИРОДУ

Основу метода составляет оценка жизненного цикла продуктов и изделий на основании их потребительских качеств. Ресурсные циклы выступают в качестве технологической цепочки возврата вещества и энергии в природу. Предлагается выделять два потока возврата вещества в природу: литогенный и техногенный материалы. При этом потоки потребления и потоки отходов в системе круговорота техногенных веществ в течение года уравниваются.

Ключевые слова: жизненный цикл, здания и сооружения, техногенные грунты, добыча, минеральное сырье, структура отходов.

THE LIFE CYCLE OF PRODUCTS AND GOODS FROM THE OPERATION TO RETURN TO NATURE

The method is based assessment of the life cycle of products and products based on their consumer qualities. Fatigue cycles act as a processing chain return of matter and energy in nature. It is proposed to provide two streams of matter back into the wild: lithogenic and man-made materials. When the flows of consumption and waste streams in the man-made substances in circulation for the year balanced.

Key words: life cycle, buildings and structures, anthropogenic subsoil, mining, mineral commodities, structure of the waste.

Анализ жизненного цикла продукта и изделия позволил проследить цепочку через технологический цикл. Каждый продукт или изделие по ГОСТу характеризуется сроками потребления и эксплуатации [2]. Так, из всего добываемого ископаемого топлива (10 Гт/год) 20 % расходуется в качестве технологического топлива, 20 % приходится на потери в процессе добычи и обогащения и лишь 60 % потребляется непосредственно для получения тепла и энергии (6-6,5 Гт/год). Эта величина отражает только 1/3 часть необходимого продукта (15,7 Гт/год) для получения годовой энергии, которая восполняется за счет ранее накоплен-

ных ресурсов и других источников тепловой и электрической энергии. Участь энергии получается при рециклинге органических ресурсов, а также в процессе переработки нефтепродуктов (18,2 Гт/год). В целом потери тепла, энергии от использования ископаемого топлива и в процессе транспортировки тепла и энергии составляют около 6,5 Гт/год. В окружающую среду поступают отходы в виде CO, CO₂, золы, шлаков, летучей золы, SO, NO_x, радиоактивных остатков и др. [1].

Жизненный цикл продуктов и изделий определяется их потребительскими качествами. Рассмотрим это на примере автомоби-

ля. Роль автомобиля в возврате сжигаемого топлива в природу, а также металла утилизированного автомобиля растет и будет расти. Если до 2000 г. на первом месте по количеству выбрасываемых загрязнений находилась энергетика, то, начиная с 2000 г., в лидерах стали автомобили. Автомобильный парк мира составляет 394 млн авто (2002 г.) по расчетам В.А.Рогачева и В.Н.Денисова. Лидерами выступают США (207 млн автомобилей) и Япония (77 млн). Россия располагает парком автомобилей в 23 млн. По прогнозу Ю.В.Трофименко, в 2020 г. в России будет 55,3 млн автомобилей. Становится очевидным, что жизненный цикл автомобиля приобретает важное значение в возврате продукта (углеводороды) в природу путем их сжигания и металла через рециклинг и в качестве переплавки.

Здания и сооружения. В них сконцентрировано значительное количество литогенного материала и металлических конструкций, до 40 % всего добываемого металла (Fe, Mn, Al). Возврат материала в природу предлагается оценивать по формированию искусственных грунтов от разрушения зданий и сооружений за счет природных катастроф старения и преднамеренного разрушения, а также металла, направляемого на полигоны для захоронения. Например, две трети ущерба от землетрясений приходится на разрушенные жилые дома и промышленные сооружения. По общим подсчетам в окружающую среду (ОС) поступило свыше 6,4 Гт/год литогенного материала и 1,4 Гт/год металла [2].

В результате войн почти полностью разрушаются строения, переносится большое количество литогенного материала (возврат в природу). Так, только в период 1941-1942 гг. объем вынутого и перемещенного грунта составил свыше 250 млн м³. М.И.Хазанов пишет: «Надо полагать, что инженерная подготовка европейских театров военного действия в первую и вторую войны потребовала выемки и перемещения нескольких миллиардов кубометров грунта».

Сопоставление сроков функционирования зданий и сооружений, обусловленных проявлением природных катастроф, военных действий и инженерных работ позволяет нам выбрать продолжительность жизненного цикла зданий в среднем около 30 лет. Причем этот срок разный для кирпичных и железобе-

тонных конструкций и определяется СУСНами по гражданскому строительству применительно для разных климатических условий. Всего здания и сооружения, созданные людьми в глобальном плане составляют 200-250 Гт [1]. На орудия труда и механизмы приходится от 15 до 20 Гт металла, использование материалов в мировой экономике до 9 Гт/год. Возврат в основные фонды (до 80 %), потребление людьми – 1,5 Гт/год. Схема потоков веществ по циклу в природе от изъятия их обществом из природы и возврат в природу приведена на рисунке [1].

Из схемы следует, что во всех звеньях природного цикла веществ и энергии происходят значительные потери сырья, воды, твердых частиц, металлов и энергии в подциклах от добычи, обогащения, передела до изготовления изделий, эксплуатации, утилизации до возврата их в производство и природу, т.е. прямое пополнение техносферы. Учитывая, что главная часть добытого сырья в первые годы (4-5 лет) поступит в ОС в виде ТВ, то оставшаяся часть пополнит техносферу по прошествии срока эксплуатации основных средств (через 5-70 лет). Следовательно можно сформулировать одну из определяющих закономерностей функционирования техносферы: добытое минеральное сырье через продукты и изделия в процессе эксплуатации и использования после разрушения и утилизации пополняет вторичные ресурсы и обеспечивает возврат вещества в природу.

Возврат сырья в производство через твердые бытовые отходы (ТБО). В среднем в мире ежегодно накапливается до 1 Гт ТБО. Более всего их накопление происходит в развитых странах (США – 300 млн т/год, Россия – 45,6 млн т/год). Складировается на полигонах от 22 до 100 %, сжигается от 0 до 80 %, компостируется от 0 до 15 %, утилизируется промышленностью до 11 % [2].

Состав ТБО (средний по миру): жесть до 25 %, алюминий до 3 %, картон, бумага 8 %, полимеры 40 %, текстиль 24 % [2]. В США из 1 т ТБО получено 63,5 кг черных металлов и 9 кг цветных металлов. Отсюда выход черных и цветных металлов из ТБО можно рассматривать как процесс возврата сырья в производство. Аналогичным образом можно рассматривать возврат в производство отходов, содержащих пластмассы.

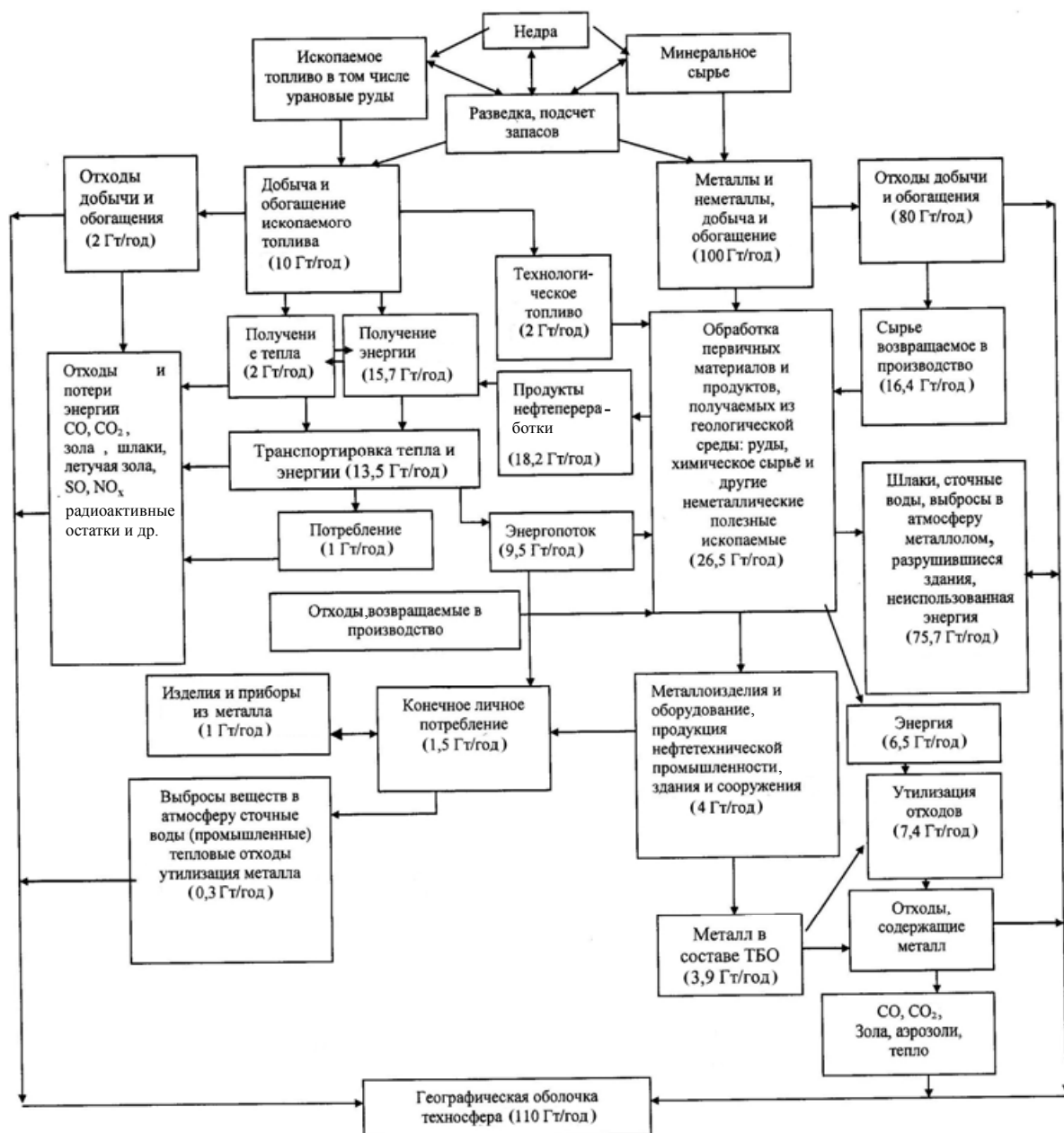


Схема потоков веществ [1]. Цикл техногенных грунтов (или сырье, возвращаемое в производство)

В год в мире накапливается свыше 20 млн т пластмасс (2000 г.), часть которых до 40 % (Япония, Германия) используется в качестве рециклинга для получения вторичных полимеров, от 15 до 40 % сжигается для производства энергии – возврат в производство, оставшаяся часть пластмассовых отходов захороняется на полигонах.

Накопление громадных объемов промышленных отходов в основных горнорудных районах обусловлено экстенсивным характером освоения минеральных ресурсов [2]. От-

ходы всех видов промышленного производства и коммунального хозяйства отрицательно воздействует на ОС, а техногенные грунты рассматриваются в качестве источников добычи металла (возврат в производство). Таких минеральных отходов (техногенные грунты) накоплено свыше 100 млрд т. Сырье (металлы, пластмассы и др.), возвращаемое в производство (разработка техногенных месторождений), составляет по миру около 16,4 Гт/год. Ежегодное пополнение техногенных грунтов в мире осуществляется за счет отходов добычи

и обогащения (90 Гт/год). Расчеты циклов отходов [1, 2] дали следующие виды и количества, Гт/год: газы (в атмосферу) 50,8-52,5, твердые частицы (в атмосферу) 0,72-1,0, твердые отходы 15-18, углеводороды 0,2-0,3, органические 13-14,5, фекальные 24,3, всего 104,1-110,6. Следовательно общее количество всех видов отходов (104-110 Гт/год) соизмеримо и даже превышает количество ТВ (минеральных), накопленных в грунтах.

В структуре отходов производства помимо перечисленных выше выделяются следующие составляющие: шлаки (180 млн т/год), сточные воды (5,6 тыс. км³), выбросы в атмосферу (от 250-720 млн т до 2,5 Гт), металлолом (334 млн т/год), разрушившиеся здания (14 Гт) и неиспользованная энергия, в сумме составляющие 75,7 Гт/год. Отходы углеобогащения 108 млн м³, золошлаков 38 млн м³. Уровень рециклинга металлолома достиг в 2000 г. в мире в среднем 42-45 %, а в США и Японии превысил 50 % от общего объема производимой из железа продукции. Следовательно, увеличивается доля оборотного лома (30 %). Доля амортизационного лома будет постоянно увеличиваться и к 2020 г. составит по миру 35-36 %. Жизненный цикл изделия оценивается амортизационным сроком металлолома. Для тяжелой индустрии – 28 лет, а для легкового автомобиля – 3-5 лет. В среднем амортизационный лом по России составляет 30 млн т/год, что характеризует цикл возврата металла в производство по состоянию на 2000 г. В структуре мирового (среднегодовой с 1996 по 2002 гг.) баланса железа (1250 млн т) техногенные ресурсы (лом амортизационный) составлял 24,3 %, производственный рециклинг 10 %, вскрышная порода (отвалы и закладка выработанного пространства) 16 %, техногенные грунты (хвосты и золошлаки) 14,05 %, металлургические шлаки 0,65 % и выбросы в виде пыли (при транспортировке сырья и при добычи) 2 %.

К примеру, на Гайском ГОКе (Урал) после внедрения технологии очистки от тяжелых металлов рудничных вод и промстоков с получением чистой меди, цинкового купороса, серебра, никеля и других металлов в год получают до 1000 т меди и 2000 т цинкового купороса.

Отходы обогащения используются в России на 15 %, на Украине – 17 %, а в США – 26 %, металлошлаки соответственно на 35, 43,6 и 65 %, золошлаки ТЭЦ – на 8, 13 и 18 %. Как видно из сопоставлений, извлечение металлов из техногенных отходов только набирает силу. В развитых странах потребление Cu, Pb, Sn, Al на 30-50 % покрывается за счет вторичного сырья [2]. Из золошлаковых отходов ТЭЦ можно изготовить порядка 30 видов стройматериалов, в том числе ведущие изделия, заполнители, добавки, цемент, бетон, минеральную вату. Каждый вид отходов минерального сырья имеет широкую номенклатуру использования в народном хозяйстве [1].

Таким образом, подсчеты показывают, что баланс минерального вещества и энергии в глобальном плане отвечает структуре формирования техносферы в течение одного года [1, 3].

ЛИТЕРАТУРА

1. Карлович И.А. Геология: Учеб. пособие. М., 2003. 704 с.
2. Лозановская И.Н. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении: Учеб. пособие / И.Н.Лозановская, Д.С.Орлов, Л.К.Садовникова. М., 1998. 287 с.
3. Савин А.Г. Техносфера в локальном и глобальном измерении. М., 2002. 298 с.

REFERENCES

1. Karlovic I.A. Geology: Study Guide. Moscow, 2003. 704 p.
2. Lozanovskii I.N. Ecology and conservation of the biosphere in the chemical pollution: Study guide / I.N.Lozaovskii, D.S.Orlov, L.K.Sadovnikova. Moscow, 1998. 287 p.
3. Savin A.G. Technosphere in local and global dimension. Moscow, 2002. 298 p.

И.А.КАРЛОВИЧ, *д-р геогр. наук, профессор, kaf.geo.vggu@yandex.ru*

И.Е.КАРЛОВИЧ, *д-р геогр. наук, доцент, kaf.geo.vggu@yandex.ru*

А.И.КАРЛОВИЧ, *ассистент, kaf.geo.vggu@yandex.ru*

Владимирский государственный гуманитарный университет

I.A.KARLOVIC, *Dr. in geog., professor, kaf.geo.vggu@yandex.ru*

I.E.KARLOVIC, *Dr. in geog., associate professor, kaf.geo.vggu@yandex.ru*

A.I.KARLOVIC, *assistant, kaf.geo.vggu@yandex.ru*

Vladimir State Pedagogical University

РОЛЬ ПРИРОДНЫХ КАТАКЛИЗМОВ В ВОЗВРАТЕ ЛИТОГЕННОГО И ТЕХНОГЕННОГО МАТЕРИАЛА В ПРИРОДУ

Предлагается метод оценки роли природных катаклизмов в возврате литогенного и техногенного материала в природу. Излагаются примеры природных катастроф за последнее время и их следствия.

Ключевые слова: техногенные вещества, природные катастрофы, окружающая среда, землетрясения, цунами, извержения вулканов, наводнение, ураганы, материальный ущерб.

ROLE OF NATURAL DISASTERS IN THE LITHOGENIC RETURN AND TECHNOGENIC MATERIAL INNATURE

The paper proposes a method assessing the role of natural disasters in the return of lithogenic and anthropogenic material in nature. presents examples of natural disasters in recent years and their consequences.

Key words: technogenic material, natural disasters, environment, earthquakes, tsunamis, volcanic eruptions, floods, hurricanes, damage to property.

Особое место среди поставщиков техногенных веществ (ТВ) в окружающую среду (ОС) имеют катаклизмы в природе, в том числе катастрофы. Прослеживается связь между загрязнением ОС и катастрофами, так как природные катастрофы по результатам своим выступают источником техногенных веществ в результате разрушения зданий и сооружений [2]. Все созданное людьми превращаются в «мусор» (литогенный материал, дерево, металл, пластмасса). В литературе довольно подробно описаны природные катаклизмы и катастрофы. Приводятся сведения о жертвах (число погибших), о материальном ущербе, иногда о количестве разрушенных зданий и сооружений. А о техногенном загрязнении, т.е. о мусоре, упоминается между строк. Общест-

ву, очевидно, еще предстоит дать оценку и выработать коэффициент возврата литогенного (породного) и техногенного (металл, пластмасса, поллютанты) материала в природу в результате разрушения зданий и сооружений от природных стихий: наводнений, цунами, торнадо, смерчей, оползней, пыльных бурь, землетрясений и др. Коэффициент возврата может отражать степень разрушенности зданий и сооружений, оцененный в стоимостном выражении через материальный ущерб. Так, например, Ашхабад был полностью разрушен при землетрясении (1948), пострадали 80 тыс. построек, масса разрушенного материала составила 1,05 млрд.м³, разрушен был Спитак в Армении (1988). Литогенный материал от разрушенных строений почти полностью был

возвращен в природу [2]. В таких случаях коэффициент возврата стремится к единице. Коэффициент возврата литогенного материала в природу при землетрясении в Чили в 2010 г. (г. Сантьяго) всего 0,1-0,2, что сильно отличает его от последствий катастрофических землетрясений 1960 г., уничтоживших многие города на чилийском побережье (коэффициент возврата вещества в 1960 г. стремится к единице).

Аналогичным образом можно подойти к оценке возврата материала в природу от торнадо, ставшими типичными для побережья США. В сентябре 2004 г. ураган «Иван», пронесшийся над Карибским бассейном, разрушил 26 тыс. домов из 28 тыс. и 80 % всей инфраструктуры Гренады. Почти все пришлось восстанавливать заново. Ураган «Катрин», прошедший вдоль восточного побережья в южной части США (август, 2005 г.), сорвал крыши, разрушил кирпичные строения до такой степени, что их оказалось лучше построить заново, чем восстанавливать. Был затоплен г. Новый Орлеан, разрушены населенные пункты в Луизиане, Миссисипи и Алабама. Число погибших было более 6 тыс. человек.

Отличительной чертой торнадо является разность скорости вращения воздуха во внутренней части воронки и внешней до 300 миль/ч, а также разница в давлении во внутренней и внешней части воронки, что и обуславливает его значительную силу. Скорость перемещения воздушной воронки торнадо достигает 40 км/ч [3]. Наиболее распространены торнадо на равнинах США, в Индии, Бангладеш, Австралии и менее в Европе. Ущерб от торнадо иногда превышает 1 млрд долларов. Обычно торнадо сопровождается человеческими жертвами. Например, в Бангладеш (1989) от торнадо погибло 1300 человек.

По числу жертв и нанесенного ущерба от стихийных природных бедствий лидируют тайфуны и штормы, наводнения, землетрясения и засухи [4]. По оценкам многих специалистов экономический ущерб от стихийных природных бедствий (катастроф) оценивается от 40 до 120 млрд долларов в год [1]. В данном случае экономическая оценка ущерба от катастроф характе-

ризует объем материала от разрушенных зданий и сооружений.

Бюро ООН по координации помощи пострадавшим регионам от природных стихий разработало шкалу чрезвычайных ситуаций по числу жертв: 1-10 жертв – несчастный случай, 10-1000 – катастрофа, 1000-1000000 – бедствие, более 1000000 – национальное бедствие. В эту шкалу вписываются катастрофические землетрясения и жертвы от них (рис.1).

Динамику чрезвычайных ситуаций по видам опасностей, их вызывающих, привел В.И.Осипов (рис.2). Он обобщил данные о 1062 проявлений за последние 35 лет XX в. Абсолютным преобладанием пользовались наводнения (343 проявления), тропические циклоны, тайфуны (311 проявлений), землетрясения (161 проявление) и смерчи (127 проявлений), т.е. около 80 % от 1062 проявлений. Более всего стихийных бедствий в XX в. пришлось на последние 20 лет, в среднем по 234 случая за пятилетие. Этот процесс продолжает нарастать и в начале XXI в.: землетрясения в Гаити и Чили (2010), Японии (2011), ряд цунами в Юго-Восточной Азии, торнадо на Юго-Восточном побережье США и др.

Наводнения занимают первое место по числу приходящих на них стихийных бедствий, второе место по числу жертв и третье по среднему многолетнему ущербу [2].

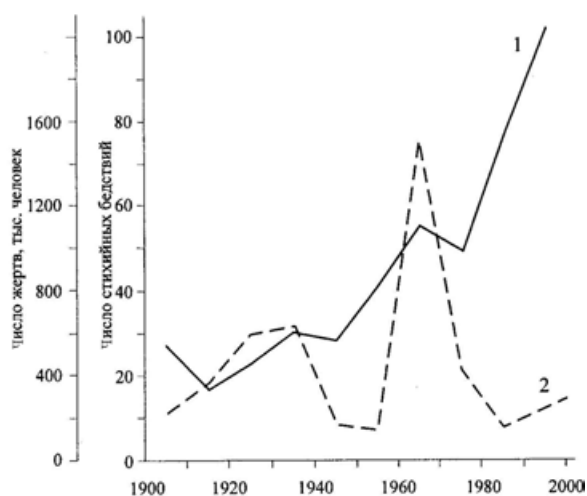


Рис. 1. Динамика числа стихийных бедствий и жертв от них (в расчете на десятилетие) в XX в.

1 – число стихийных бедствий; 2 – число жертв стихийных бедствий

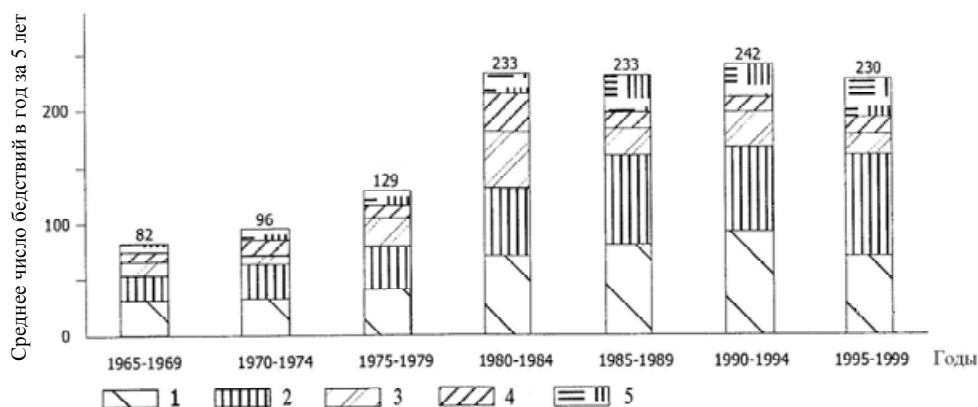


Рис.2. Динамика стихийных бедствий в мире в 1965-1999 гг. [4]

1 – тайфуны и штормы; 2 – наводнения; 3 – землетрясения; 4 – засухи; 5 – другие катастрофы

Характер наводнений определяется природными факторами. Так, Северной Евразии и Северной Америке присущи наводнения весеннего разлива в результате таяния снега и образования ледостава на реках.

Ливневые наводнения более распространены в районах с муссонным климатом между 40° северной и южной широт. При таких наводнениях зданиям и сооружениям наносится ощутимый ущерб. Материал разрушенных зданий и сооружений в результате ливневых наводнений можно относить к возврату литогенного вещества в природу. От ливневых наводнения более всего страдают Китай, Бангладеш, Индия, Филиппины и юг США. Ущерб от таких наводнений превышает 1 млрд долларов.

Третий вид наводнений также проявляется в прибрежных территориях, обусловлен он тропическими циклонами и образова-

нием нагонных волн (Индия, Бангладеш, Тайланд, Вьетнам, Филиппины, Китай, а также юг и юго-восток США, страны Карибского бассейна и др.). Материальный ущерб от наводнений тропических циклонов достигает свыше 1 млрд долларов, а число жертв по разным оценкам составляло от 300 тыс. до 1 млн человек [6].

По размерам территорий, охваченных наводнениями, они различаются от незначительных до весьма крупных. Например, тропический циклон в среднем длится до 10 дней и за это время проходит большие расстояния и производит катастрофические разрушения построек на своем пути [4]. Ежегодный ущерб от тропических циклонов на юге США оценивается в 4,8 млрд долларов.

Только за период с 1980 по 2001 г. на территории США произошло 15 тропических циклонов (ураганов) с общим экономическим ущербом свыше 75 млрд долларов. Большинство крупных стихийных бедствий (около 70 %) сосредоточено в полосе от экватора до 20° северной широты.

Основываясь на динамике стихийных бедствий, приведенной В.И.Осиповым и А.Л.Шньпарковым, отметим, что в течение XX в. преобладали: эндогенные стихийные бедствия (землетрясения, цунами, извержения вулканов); наводнения; ураганы; засухи (рис.3) [5, 6].

Из данных статистики [4-6] следует, что в течение всего XX в. происходили природные бедствия, но не столь сильные, как в 1980-2000 гг., когда количество жертв и ма-

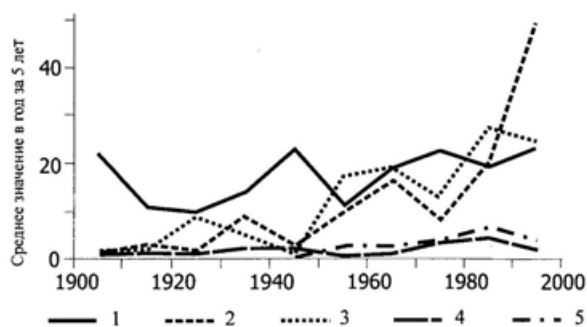


Рис.3. Динамика стихийных бедствий в XX в. по их видам

1 – эндогенные стихийные бедствия (землетрясения, цунами, извержение вулканов); 2 – наводнения; 3 – ураганы; 4 – засухи; 5 – другие катастрофы

териальный ущерб превосходит картину предыдущих лет с 1900 по 1980 г. в несколько раз. Особенно это касается наводнений и ураганов. В первой половине XX в. число жертв и разрушений от эндогенных стихийных бедствий составляло около 60 %, от наводнений 30 % и ураганов 9 %. Во второй половине XX в. стали преобладать разрушения и жертвы от наводнений (49 %) и ураганов (22 %), но уменьшилось количество разрушений и жертв от эндогенных стихийных бедствий (28 %) [6]. Данные статистики подтверждают, что наиболее страдают в материальном отношении от стихийных бедствий индустриально развитые государства, так как основные разрушения в них приходится на обустроенные территории. Разрушения на этих территориях можно рассматривать как возврат литогенного материала в природу, а металлолом идет на вторичное использование металла. Несколько иначе складывается картина проявлений стихийных бедствий, наблюдаемая в малоразвитых государствах – там больше гибнут люди и меньше материальный ущерб, так как в них меньше построено и значительно слабее представлен промышленный комплекс [3, 4].

Материальный ущерб испытывают как слаборазвитые государства, так и индустриально развитые. В качестве примера приведем Никарагуа и США. Так, в Никарагуа в 1972 г. материальный ущерб от стихийных бедствий составил 209 % стоимости годового валового продукта этой страны [7], а в США (1989-1994) произошло четыре стихийных природных явления, приведших к материальному ущербу в 88 млрд долларов. Это довольно крупная сумма для экономики даже такой развитой страны как США. Ущерб от стихийных бедствий порой превышает глобальный валовой продукт. К примеру, за 1994-1999 г. по данным В.И.Осипова [4] прирост ущерба от стихийных бедствий составил 6 %, а прирост валового продукта около 2,2 % в год. Следовательно, прирост валового продукта только перекрывает урон

от стихийных бедствий как соотношение 1,2:2,2. К настоящему времени потери от природных катастроф приблизились вплотную к 15 %, а к 2025 г. прогнозируется уже 27 % [6].

В заключение следует отметить, что природные стихии представляют огромную силу по возврату разрушенного литогенного материала в природу, они также выступают в качестве механизма миграции техногенных веществ в биосфере.

ЛИТЕРАТУРА

1. Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Региональные проблемы безопасности с учетом риска возникновения природных и техногенных катастроф. М., 1999. 672 с.
2. Карлович И.А. Геоэкология. М., 2005. 512 с.
3. Мягков С.М. География природного риска. М., 1955. 239 с.
4. Орлов Д.С. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении / Д.С.Орлов, Л.К.Садовникова, И.Н.Лозановская. М., 2002. 334 с.
5. Осипов В.И. Оценка и управление рисками // Управления рисками чрезвычайных ситуаций: Шестая Всероссийская научно-практ. конф. М., 2001. С.34-44.
6. Шныпарков А.Л. Распространение и динамика катастрофических явлений // Современные глобальные изменения природной среды. М., 2006. Т.2. С.597-616.
7. Smith K. Environmental Hazards assessing Risk and Reducing Disaster. London – New-York., 1992, 324 p.

REFERENCES

1. Russia's security. Legal, socio-economic and scientific-technical aspects. Regional security issues, taking into account the risk of natural and manmade disasters. Moscow, 1999. 672 p.
2. Karlovic I.A. Geoecology. Moscow, 2005. 512 p.
3. Myagkov S.M. Geography of natural hazards. Moscow, 1955. 239 p.
4. Orlov D.S. Ecology and conservation of the biosphere with chemical pollution / D.S.Orlov, L.K.Sadovnikova, I.N.Lozaovskii. Moscow, 2002. 334 p.
5. Osipov V.I. Assessment and risk management // Risk Management: Sixth All-Russian Scientific-practical conference. Moscow, 2001. P.34-44.
6. Shnyarkov A.L. Distribution and dynamics of catastrophic events: Contemporary global environmental change. Moscow, 2006. Vol.2, P.597-616.
7. Smith K. Environmental Hazards assessing Risk and Reducing Disaster. London – New-York., 1992, 324 p.

В.В.КРЫСА, ассистент, *specialy_4_u@list.ru*
М.М.МАЛЫШКИН, канд. техн. наук, ассистент, *mishania_m@mail.ru*
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

V.V.KRYSA, assistant lecturer, *specialy_4_u@list.ru*
M.M.MALISHKIN, PhD in eng. sc., assistant lecturer, *mishania_m@mail.ru*
National Mineral Resources University (Mining University), Saint Petersburg

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КЛАССА ОПАСНОСТИ СОЛЕННЫХ БУРОВЫХ ШЛАМОВ

Соленые буровые шламы – отходы соленых буровых растворов, использующихся для добычи трудно извлекаемых полезных ископаемых. Накапливаясь в шламовых амбарах, они отрицательно влияют на экологическую обстановку в районах деятельности предприятий ТЭК. Цель работы заключается в определении класса опасности соленых буровых шламов для дальнейшей разработки защитных мер.

Ключевые слова: соленые шламы, биотестирование, класс опасности, гидробионты, аналитические исследования, рецептура раствора.

METHOD FOR DETERMINATION OF WASTED HAZARD CLASS FOR SALTY DRILL CUTTINGS

Salty cuttings it is drilling waste salt solutions used for extraction is difficult to extract minerals. Accumulated in sludge pits, they have negative effects on the environment in the areas of energy sector companies. The purpose of this work is to identify the hazard class saltwater drilling mud for the further development of protective measures.

Key words: salty cuttings, biological test, hazard class, aquatic, analytical research, formulation of the solution.

В настоящее время большинство крупнейших месторождений предприятий ТЭК России находятся либо вступают в позднюю стадию разработки, для которой характерна падающая добыча сырья и рост бездействующего фонда скважин. При этом до 80 % добывающих скважин приходится на месторождения поздней и завершающей стадии разработки с ухудшенной структурой остаточных запасов и трудностью их извлечения.

Для решения этой технологической проблемы все чаще при бурении в залежах с трудно извлекаемыми полезными ископаемыми используют солевые биополимерные растворы. Опытным путем доказано, что кратность добычи в горизонтальных скважинах при этом увеличивается в 2,5-8 раз, а для

наклонно направленных скважин в 1,5-2 раза. Только на территории Западной Сибири в настоящее время пробурено более 300 новых скважин с использованием солевых биополимерных растворов, которые обеспечивают безаварийное бурение, имеют хорошие флокулирующие свойства к шламу, высокую термостойкость [5].

Как известно, размещение в объектах природной среды отходов бурения является основной причиной прогрессирующего ухудшения качества окружающей среды в районах ведения буровых работ. В связи с этим все более актуальными становятся вопросы комплексной оценки эколого-гигиенических характеристик и определение класса опасности очищенных соленых буровых

вых шламов для обеспечения экологической безопасности и минимизации их техногенного воздействия на компоненты природной среды при добыче остаточных запасов нефти.

Определение класса опасности отходов является ключевой задачей при организации работ по их обезвреживанию и утилизации. При оценке класса опасности буровых шламов комплексный подход должен выполняться на основании детального химико-аналитического исследования, выполненного совместно с проведением серии биотестов на живых организмах разного уровня организации: микробных клетках, гидробионтах, растениях и теплокровных животных [1]. При этом решающую роль следует отводить экспериментальным биологическим методам, так как они учитывают степень вредности комплексного воздействия всех загрязняющих веществ исследуемой пробы.

Аналитическая характеристика биополимерного бурового раствора. В связи с тем, что токсичность буровых шламов во многом зависит от рецептуры бурового раствора, для проведения комплексного аналитического анализа, в первую очередь, изучалось воздействие на окружающую среду реагентов, входящих в состав супесчаного биополимерного раствора при бурении под хвостовик скважины.

Анализ его рецептуры и компонентного состава выявил следующее: раствор является малоглинистым (содержание глины не превышает 4%), основную массу составляет смесь солей хлористого калия и мраморной крошки, используемой для утяжеления раствора (10%)

При 100-кратном разбавлении рабочих растворов все химические реагенты были нетоксичны для живых организмов, следовательно, могут быть отнесены к IV классу опасности (малоопасные соединения), согласно СП 2.1.7.1386-03. Однако наличие в рецептуре раствора хлористого калия, обладающего отличными мигрирующими свойствами, может отрицательно сказываться на токсичности шламов, образующихся при зарубке боковых стволов и добычи остаточных запасов нефти.

Определение класса опасности минерализованного бурового шлама. Для оценки токсичности был предложен многоэтапный контроль, включающий химико-аналитический анализ в комплексе с серией биотестов на микроорганизмах, гидробионтах, высших растениях и теплокровных животных.

В качестве объекта исследования в опыте по определению класса опасности бурового шлама, образующегося при добыче остаточных запасов нефти, была выбрана усреднённая проба БШ-1 биополимерного раствора, отобранная на месторождениях ОАО «Сургутнефтегаз». Установлено, что проба характеризуется слабощелочной реакцией среды (рНводн колеблется от 8,53 до 9,96). Содержание органического углерода около 2%. Содержание подвижных форм питательных элементов сильно варьируется. В пробе БШ-1 практически нет подвижного фосфора, зато содержание подвижного калия очень высокое (180 мг/100 г шлама). При этом исследуемая проба является засоленной: сухой остаток составляет 3,10%, а электропроводность водной вытяжки равна 12,08 мСм. Скорее всего, это связано с применением в рецептуре химиката хлористого калия.

Изучение состава легкорастворимых солей, переходящих в водную вытяжку, выявило, что в составе анионов пробы БШ-1 преобладает хлорид-ион, доля которого составляет 1,46% в пересчете на массу бурового шлама. В составе катионов абсолютно преобладают натрий и калий (0,55 и 0,43%), однако существенно возросла и доля кальция, который составляет в БШ-1 0,24% и в целом на порядок выше, чем в обычных незасоленных пробах буровых шламов.

Полученные при исследовании водных вытяжек данные подтвердили предположение, что вследствие повышенного содержания легкорастворимых солей исследуемая проба БШ-1 может обладать токсичностью.

Сравнение полученных результатов рентгенофлуоресцентного анализа исследуемого шлама с установленными для почв нормативами ПДК (ОДК) для валовых форм элементов показало, что проба характеризу-

ется повышенным содержанием цинка. Изучение подвижных форм тяжелых металлов, переходящих в ацетатно-аммонийный буферный раствор, выявило, что, несмотря на превышение валового содержания некоторых тяжелых металлов, они находятся в труднорастворимой, недоступной форме, и в таком виде не обладают токсичностью для живых организмов [9].

Одним из основных компонентов, обуславливающим токсичность буровых шламов, является нефть и ее фракции. Поэтому определение общего содержания нефтепродуктов при эколого-токсикологической оценке буровых шламов является обязательным при их химическом обследовании. Установлено, что содержание нефтепродуктов в пробе БШ-1 составляет 4277 мг/кг. Вследствие отсутствия утвержденных нормативов ПДК углеводородов в почве, было предложено использовать для оценки уровня загрязнения региональные нормативы, учитывающие зональные особенности и типы хозяйственного использования почв [6]. На территории Ханты-Мансийского автономного округа согласно действующему постановлению его правительства от 10 декабря 2004 г. № 466-П для минеральных почв лесного фонда допустимым считается содержание нефтепродуктов, равное 2-15 г/кг. Таким образом, содержание нефтепродуктов в пробе соленого бурового шлама не превышает уровня, допустимого для минеральных почв, и не может являться источником токсичности.

Биологическое тестирование бурового шлама. Абсолютная приоритетность при установлении класса опасности отхода принадлежит экспериментальным методам, основанным на многоуровневом биотестировании отходов. При этом класс опасности отхода устанавливается по кратности разведения водной вытяжки, необходимой для устранения токсичности для живых организмов. Сложный компонентный состав буровых шламов обусловил необходимость проведения при экологической оценке серии биологических тестов на разных объектах с различным уровнем организации [1].

Микроорганизмы. Для биотестирования буровых шламов в качестве тест-

объекта используется комплекс микроорганизмов, содержащийся непосредственно в исследованном шламе. Уровень токсичности определяется по изменению биологической активности загрязненных образцов бурового шлама по сравнению с контролем [7]. Контролем супесчаного шлама БШ-1 служил чистый кварцевый песок. Показателями биологической активности загрязненного шлама и контрольного образца были интенсивность выделения ими углекислого газа (так называемое актуальное дыхание) [4], а также скорость и интенсивность ответной реакции микроорганизмов исследуемых субстратов на внесение в них глюкозы, также определяемая по величине выделяемого углекислого газа [2].

Установлено, что БШ-1 характеризуется более низкой по сравнению с контролем биологической активностью (39 %). По разработанной шкале токсичности шлама такого состава относятся к IV классу опасности – малоопасные [3].

Гидробионты. Биотестирование гидробионтов проводили на дафниях *Daphnia magna* Straus, хирономидах *Chironomus dorsalis* Meigen и аквариумных рыбках *Brachydanio rerio*.

Определение токсичности буровых шламов для зоопланктона осуществляли путем биотестирования водных вытяжек с использованием в качестве тест-организмов рачков *Daphnia magna* Straus. В результате определения острой токсичности водных вытяжек из буровых шламов с использованием в качестве тест-организма *Daphnia magna* Straus установлено, что по показателю средней летальной концентрации ЛК50 (гибель 50 % и более) вытяжки из всех изученных проб буровых шламов являются нетоксичными.

Эксперименты по определению токсичности шламов для бентосных организмов проводились на личинках комаров-звонцов вида *Chironomus dorsalis* Meigen (сем. *Chironomidae*, отр. *Diptera*). Учитывались следующие индикаторные характеристики: выживаемость личинок, их раздражимость (в ответ на механический раздражитель), этологические и структурные (морфологи-

ческие) изменения. В результате экспериментальных испытаний установлено, что изученная проба бурового шлама не токсична для хирономид.

Помимо этого, было проведено исследование влияния бурового шлама на эмбриональное и постэмбриональное развитие аквариумных рыбок *Brachydanio rerio*. Согласно результатам проведенных экспериментов выявлено, что представленный образец не оказал вредного воздействия на икру и личинок рыб. Общий процент выживаемости икры и личинок рыб в водных вытяжках исследованных буровых шламов составил 93,3 %. Следовательно, для эмбрионального и постэмбрионального развития *Br. rerio* водная вытяжка из пробы бурового шлама была не токсична.

Высшие растения. Для оценки фитотоксичности водных вытяжек из буровых шламов был использован метод определения скорости (энергии) прорастания семян при проращивании семян в чашках Петри. Кроме того, необходимо оценивать токсичность буровых шламов для растений при выращивании непосредственно на буровом шламе [8]. Изучение фитотоксичности показало, что БШ-1 в силу повышенного содержания легкорастворимых солей (агрехимиката хлористого калия) вызывает некоторое угнетение семян, и согласно СП 2.1.7.1386-03 может быть отнесен к III классу опасности – умеренно-опасные отходы [10].

Теплокровные животные. Для изучения острой и хронической токсичности буровых шламов для теплокровных животных был применен широкий комплекс токсикологических, морфологических и биохимических методик лабораторного и инструментального исследования. Острую и хроническую токсичность буровых шламов исследовали в опытах на беспородных белых крысах. Острый токсический эффект буровых шламов изучали при внутрижелудочном введении буровых шламов в возрастающих дозах: 5; 8; 13 г/кг в течение 14 суток, хронический – в дозе 100 мг/кг в течение месяца. У экспериментальных животных в хроническом эксперименте оценивали общее состояние, массу тела, кормо- и водопотребление, показатели общего анализа

мочи, биохимического анализа крови, дезинтоксикационную функцию печени, состояния плазменно-коагуляционного гемостаза, сердечно-сосудистой и дыхательных систем, условно-рефлекторной деятельности, структуру внутренних органов.

Острое внутрижелудочное введение всех изученных образцов буровых шламов в дозах 5-13 г/кг не приводит к гибели млекопитающих, не вызывает развития патологических сдвигов со стороны общего состояния и поведения животных, показателей гемограммы и общего анализа мочи, и не влияет на структуру их внутренних органов. Установлено, что LD50 изученного шлама превышает 13 г/кг, и по классификации вредных веществ относятся к IV классу малотоксичных соединений.

По результатам химико-аналитических исследований и сериям проведенных биотестов установлено, что проба БШ-1 характеризуется повышенным содержанием легкорастворимых солей в связи с применением в рецептуре бурового раствора агрохимиката «Хлористый Калий 98 %», что привело к слабой токсичности шлама для дафний, высших растений и микроорганизмов.

Основываясь на том, что при определении класса опасности за окончательный принимается результат, выявленный на тест-объекте, проявившем более высокую чувствительность к анализируемому отходу, можно заключить, что исследуемый буровой шлам относится к III классу опасности (умеренно опасные).

Следовательно, необходимо разрабатывать новые методы складирования и обезвреживания отходов, отличные от утилизации буровых шламов на основе глинистых буровых растворов, и обеспечить правильный выбор защитных мер с учетом фильтрационных свойств почвогрунтов в районе шламовых амбаров.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Виноградский С.Н.* Микробиология почвы. Проблемы и методы. М., 1952. 792 с.
2. *Головкин Э.А.* О методах изучения биологической активности торфяных почв // Мат. науч. конф. по методам микробиол. и биохим. исследований почв. Киев, 1971. С.68-76.

3. *Ерохин В.П.* Развитие техники и технологий строительства скважин в ОАО «Сургутнефтегаз» / В.П.Ерохин, Н.Л.Щавелев, В.И.Рассадников // Нефтяное хозяйство. 2004. № 2. С.74-79.

4. *Звягинцев Д.Г.* Методы почвенной микробиологии и биохимии / Д.Г.Звягинцев, И.В.Асеева, И.П.Бабьева, Т.Г.Мирчинк. М., 1980. 224 с.

5. *Калинин А.Г.* Технология бурения разведочных скважин на нефть и газ / А.Г.Калинин, А.З.Левицкий, Б.А.Никитин. М., 1998. 440 с.

6. *Мажайский Ю.А.* Регулирование содержания тяжелых металлов в почве // Социально-гигиенический мониторинг здоровья населения. Рязань, 2001. С.221-225.

7. М-БШ-02-2004. Методика определения класса опасности буровых шламов. СПб., 2004. 22 с.

8. МР 2.1.7.2297-07. Обоснование класса опасности отходов производства и потребления по фитотоксичности. М., 2007. 17 с.

9. РД 118-02-90. Методическое руководство по биотестированию воды. М., 1991. 48 с.

10. *Саноцкий И.В.* Критерии вредности в гигиене и токсикологии при оценке опасности химических соединений / И.В.Саноцкий, И.П.Уланова. М., 1975. 327 с.

REFERENCES

1. *Winogradsky S.N.* Soil Microbiology. Problems and methods. Moscow, 1952. 792 p.

2. *Golovko E.A.* Methods for studying the biological activity of peat soils // Materials science conference on methods of microbiology and biochemistry soil research. Kiev, 1971. P.68-76.

3. *Erokhin V.P.* Development of techniques and technologies in the construction of wells «Surgutneftegaz» / V.P.Erokhin, N.L.Schavelev, V.I.Rassadnikov // Oil Industry. 2004. № 2. P.74-79.

4. *Zvyagintsev D.G.* Methods of soil microbiology and biochemistry / D.G.Zvyagintsev, I.V.Aseeva, I.P.Babeva, T.G.Mirchink. Moscow, 1980. 224 p.

5. *Kalinin A.G.* The technology of drilling exploratory wells for oil and gas / A.G.Kalinin, A.Z.Levitsky, B.A.Nikitin. Moscow, 1998. 440 p.

6. *Mazhaysky S.A.* The regulation of heavy metals in soil // Socio-hygienic monitoring of public health. Ryazan, 2001. P.221-225.

7. MethoDC-02-2004. Methods of determining the hazard class of drilling cuttings. Saint Petersburg, 2004. 22 p.

8. Methodical Recommendations 2.1.7.2297-07. Rationale for the hazard class waste production and consumption of phytotoxicity. Moscow, 2007. 17 p.

9. Guidance Documents 118-02-90. Toolkit for biotesting water. Moscow, 1991. 48 p.

10. *Sanotsky I.V.* Criteria for harmfulness in hygiene and toxicology for risk assessment of chemical compounds / I.V.Sanotsky, I.P.Ulanova. Moscow, 1975. 327 p.

В.А.ЛЕБЕДЕВ, канд. техн. наук, профессор, *lvaram@rambltr.ru*

В.М.ПИСКУНОВ, аспирант, *vlamarz@mail.ru*

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

V.A.LEBEDEV, *PhD. in eng. sc., professor, lvaram@rambltr.ru;*

V.M.PISCOUNOV, *postgraduate student, vlamarz@mail.ru*

National Mineral Resources University (Mining University), Saint Petersburg

АНАЛИЗ КУБОВЫХ ОСТАТКОВ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ И РАЗРАБОТКА МАТРИЧНЫХ СМЕСЕЙ ДЛЯ ИММОБИЛИЗАЦИИ В КОМПАУНД НА ОСНОВЕ НАНОМОДИФИЦИРОВАННЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ ВЯЖУЩИХ

В предлагаемой работе выполнен анализ кубовых остатков жидких радиоактивных отходов и представлены типовые матричные схемы смесей кубовых остатков жидких радиоактивных отходов для их эффективной иммобилизации. Приведены значения, характеризующие степень наполнения омоноличенных (цементируемых) радиоактивных отходов, полученных в результате экспериментов, и достигнутые в мировой практике (желаемые).

Ключевые слова: портландцемент, кубовые остатки, жидкие радиоактивные отходы, машинные радиоактивные масла, иммобилизация, отверждение.

ANALYSIS OF THE VAT RESIDUE OF RADIOACTIVE WASTE AND THE DEVELOPMENT OF MATRIX MIXTURES FOR IMMOBILIZATION OF THE COMPOUND ON THE BASIS OF MINERAL BINDERS NANOMODIFIED

In this paper we analyzed the vat residue of liquid radioactive waste and matrix schemes are typical of mixtures of still bottom liquid radioactive waste for effective immobilization. Shows the values that characterize the degree of filling omonolichennyh (cemented) radioactive waste, resulting from the experiments and achievements in the world (desirable).

Key words: portland cement, still bottoms, liquid radioactinium waste engine oil radioactive, immobilization, solidification.

Применение цемента в качестве матричного материала для включения в него радиоактивных отходов (РАО) насчитывает не один десяток лет и до сих пор его использование актуально в связи с возможностью получения механически прочных и негорючих отвержденных продуктов. В основе процесса цементирования с химической точки зрения лежит процесс гидратации вяжущих, составляющих цемент (в основном силикатов и алюминатов кальция). Наряду с жидкими радиоактивными отходами (ЖРО)

в цементную матрицу включались и твердые радиоактивные отходы (ТРО), представленные измельченной металлической обрезью, осколками стекла, строительным мусором и т.п. С целью сокращения общих объемов РАО, размещаемых в хранилищах, на объектах использования атомной энергии проводится упаривание ЖРО и сжигание ТРО.

Первичными отходами атомной промышленности являются ЖРО, образующиеся на АЭС с реакторами типа ВВЭР и РБМК, а также спецпрачечных, в том числе:

- пульпы ионообменных материалов, представляющие собой смесь различных ионообменных смол и других фильтрующих материалов, осадки в емкостях-хранилищах ЖРО и пульпа (ил) бассейнов;

- смеси масел, экстрагентов с органическими жидкостями, солевыми концентратами и поверхностно-активными веществами;

- концентрированные щелочные растворы от переработки натриевого теплоносителя и щелочные растворы, полученные при отмывке от остатков натрия оборудования 1-го контура;

- тритий и тритийсодержащие соединения;

Вторичные отходы переработки РАО:

- кубовые остатки (КО) и отработавшие ионообменные смолы (ОИС);

- спецхимводоочистки (СХВО), машинные масла (ММ);

- зольный остаток (ЗО) от установки сжигания РАО;

- шлаки от переплавки радиоактивного металла.

Все перечисленные РАО применительно к реализации способа цементирования являются проблемными: одни считаются нецементируемыми (КО и ММ), другие – трудноцементируемыми (ОИС, ЗО). Технология цементирования ЖРО предусматривает включение в цементы различных по химическому составу солевых растворов, которые неблагоприятно сказываются на механических свойствах компаунда. Эти отрицательные свойства могут быть устранены регулированием соотношения раствор:цемент.

При высоких соотношениях количество потребляемого цемента может быть сокращено, что повысит экономичность метода. Однако высокое значение соотношения раствор:цемент снижает механическую прочность компаунда и вызывает нежелательное отделение жидкой фазы при твердении.

Низкие соотношения раствор:цемент увеличивают расход цемента и значительно увеличивают объем отвержденных ЖРО. Кроме того, раствор не будет обладать высокой подвижностью, необходимой при заполнении специальных форм или хранилищ. Уплотнение цементного теста, получаемого при низком соотношении раствор: цемент,

усложняет технологический процесс цементирования, так как требует проведения дезактивации вибрационного оборудования.

Минимально допустимая российскими нормативными документами прочность радиоактивного компаунда 5 МПа, что определяет предельную концентрацию солей в ЖРО при их цементировании. Предельная концентрация NaNO_3 (главная составляющая солевого состава ЖРО российских АЭС), обеспечивающая нормативную прочность компаунда 150 г/л, выше которой происходит резкое падение его прочности. Допустимые концентрации соединений, позволяющих использовать технологию цементирования, приведены в табл.1. Как видно из табл.1, метод цементирования не может применяться для иммобилизации ЖРО, содержащих органику и поверхностные активные вещества (ПАВ).

Таблица 1

Допустимые концентрации соединений, обеспечивающие нормативную прочность цементных компаундов

Соединение	Концентрация, г/л
Нитрат кальция	10
Нитрат натрия	150
Хлорид натрия	30
Хромат натрия	25
Мыло	1
Этилендиаминтетрауксусная кислота	0,5
Синтетические ПАВ	1

Однако, из литературных источников* и строительной практики известно, что путем введения в цементные растворы различных добавок можно изменять характеристики образовавшегося цементного камня. Используя различные минеральные, органические и природные вещества в качестве добавок, можно регулировать свойства цементов в желаемом направлении и создавать наномодифицированный материал с желаемыми свойствами.

* *Ахвердов И.Н.* Основы физики бетона. М., 1981.

Ребиндер П.А. Физико-химические основы гидратации вяжущих веществ / П.А.Ребиндер, Е.С.Сегалова // 6-й Международный конгресс по химии цемента. М., 1976.

Akhverdov I.N. Fundamentals of Physics concrete. Moscow, 1981.

Rehbinder P.A. Physico-chemical principles of hydration of binders. / P.A.Rehbinder, H.H.Segalova // 6th International Congress on Chemistry of Cement. М., 1976.

Используя в качестве добавок различные вещества, вступающие в физико-химические реакции с компонентами РАО, а также сорбенты, сорбирующие радионуклиды, возможно добиться отверждения трудно цементируемых и нецементируемых отходов.

Экспериментальные исследования, в основном, выполняли на имитаторах РАО, используя в качестве матричного материала портландцемент марки М-400 Белгородского завода. Подбирали и испытывали цементные компаунды с требуемыми механическими параметрами: прочностью на сжатие не менее 50 кг/см^2 в месячном возрасте, а также после трехмесячного хранения их в воде и циклов многократного замораживания-оттаивания.

Негативное влияние на процесс отверждения цементного раствора оказывают соли фосфорной кислоты, ПАВ и соли органических кислот, которые в совокупности составляют более 60 % от общего количества солей. При таком количестве этих агентов цементно-солевая смесь практически не отверждается. Для придания ей способности к отверждению в КО вводили порошковый CaCl_2 , который приводил к образованию нерастворимых кальциевых фосфатов и вызывал коагуляцию ПАВ. В результате в отделившейся воде получался пастообразный сгусток, который при смешивании с цементом отверждался достаточно быстро.

Золу от сжигания РАО имитировал ЗО с плотностью $0,7 \text{ г/см}^3$, полученный от сжигания картона, бумаги и деревянных ящиков. Золоцементная смесь получалась мало подвижной и требовались значительные механические усилия для ее перемешивания.

В качестве имитаторов ОИС использовались ионообменные смолы КУ-2 (катионит) и АВ-17 (анионит). Смолы смешивали в объемном соотношении 1:1. В сухом состоянии смесь имела объемную плотность $0,7 \text{ г/см}^3$. При замачивании смолы водой получалась густая зернистая суспензия плотностью $1,3 \text{ г/см}^3$, в которую вводили порошковую гашеную известь или смесь извести с CaCl_2 . В процессе перемешивания сначала наблюдалось загустевание смеси, затем некоторое снижение ее вязкости.

Известно, что маслоцементные смеси не отверждаются или отверждаются очень медленно с получением компаундов с неудовлетворительными механическими и физико-химическими показателями. Поэтому в масло предварительно вводили минеральные порошковые сорбенты, а затем воду и цемент, которые перемешивали и заливали в формы.

Замечено, что у образцов, имеющих в месячном возрасте механическую прочность при сжатии менее 5 МПа, не соответствующую требованиям ГОСТ Р 51883-2002 «Отходы радиоактивные цементированные. Общие технические требования», при многократных циклах замораживания-оттаивания прочность снижалась, а в отдельных случаях происходило разрушение образцов. Образцы с прочностью 50 кг/см^2 и выше в результате циклов замораживания-оттаивания сохраняли механическую прочность на исходном уровне или даже повышали ее.

Механическая прочность большинства образцов после 90-суточной выдержки в воде возрастала. Этот факт свидетельствует о том, что при дополнительном влагонасыщении гидратация цемента протекает более полно, и процесс отверждения завершается ростом прочности кристаллической структуры.

В значительной степени свойства компаунда зависят от количества содержащихся в нем РАО (степени наполнения), избыток которых приводит к изменению его структуры, а, следовательно, к снижению его физико-химических характеристик.

При определении максимальной степени наполнения приходится учитывать как количество воды, требуемой для гидратации цемента (25-30 % от массы цемента) и придания смеси подвижности, необходимой для ее перемешивания с РАО, так и объем вводимых добавок (сорбенты, пластификаторы и др.)

Повышение степени наполнения компаундов отходами и упрощение процесса цементирования РАО возможно при введении в компаунд двух-трех различных типов РАО. По результатам проведенных экспериментальных исследований установлено, что эффективным способом повышения степени наполнения компаундов отходами являются такие комбинации смесей РАО:

- КО спецпрачечных, содержащие до 30 % органических веществ с ионообменной смолой (КО с ИОС);

- КО спецпрачечных с зольными остатками (КО с ЗО);

- зольные остатки и индустриальные масла (ЗО с ММ).

Как отмечалось выше, матричные смеси с использованием золы получают мало подвижными. Такие смеси сложно перемешивать, разжижение их водой нежелательно, так как при этом снижается механическая прочность компаунда. Поэтому приготовление комбинированных смесей, например, ЗО с КО или ЗО с ММ является целесообразным, поскольку обеспечивается жидко-пластичное состояние смеси без добавки воды и повышение степени наполнения матриц отходами.

Приготовление комбинированных матричных смесей осуществлялось в следующей последовательности: в отмеренный объем КО засыпали порцию CaCl_2 и перемешивали до образования студнеобразного сгустка. Затем вводили ЗО и вновь перемешивали. Далее добавляли цемент, тщательно перемешивали и образовавшейся смесью заполняли формы для формования образцов. Смесь получалась пластичной, способной к течению.

В табл.2 приведены значения, характеризующие степень наполнения омоноличенных (цементируемых) РАО, полученные в результате экспериментов и достигнутые в мировой практике (желаемые).

Таблица 2

Степень наполнения цементных компаундов РАО

Тип РАО	Степень наполнения, % по массе	
	Полученная	Желаемая
Соли КО	22	30-35
ИОС	20-25	30
ЗО	30	30

Степень наполнения отходами можно рассчитать по трем показателям: по массе сухих солей (где это возможно), по общей массе и по объему отходов. Указанные три показателя позволяют более объективно оценить получаемые компаунды. Например, при цементировании кубовых остатков с концентрацией солей 200 г/л степень наполнения по массе сухих солей составляет

7,4 %, по общей массе ЖРО – 41 %, а по объему – 71 %. При цементировании 1 м³ КО (200 г/л) образуется компаунд объемом 1,4 м³. При цементировании КО с содержанием солей 400 г/л степень наполнения по сухим солям достигает 14 %, а по общей массе отходов 44 %.

Степень наполнения компаундов золой составляет 30-3 % по массе или 80-95 % по объему, что является высоким показателем. При цементировании золы объем компаунда возрастает не более чем в 1,25 раза.

Степень наполнения ионообменной смолой (в сухом состоянии) составляет 20-25 %, по общей массе 38-45 %, по объему 53-61 %, что соответствует лучшим показателям.

При введении в матричный состав двух типов отходов степень наполнения повышается. Например, в случае, когда наполнителями являются кубовый остаток и зола (КО+ЗО), степень наполнения повышается до 48-51 %, а при ведении в компаунд кубового остатка и ионообменной смолы (КО+ИОС), этот показатель находится на уровне 43 %.

Аппаратурное оформление процесса цементирования за период его существования развивалось в целом в направлении оптимизации простоты, надежности и безопасности. Наиболее широкое распространение нашла технологическая схема, использующая стандартные металлические бочки объемом 200 л как в качестве формообразующей упаковки, так и в качестве смесителя. При такой технологической схеме можно использовать мешалки простой конструкции, одноразового использования, что позволяет избежать необходимых работ по их дезактивации и очистке от остатков цементного компаунда. Укрупненные испытания по отдельному цементированию КО и ИОС были проведены на подобном стенде и подтвердили правильность выбора концентрационных соотношений основных компонентов и различных добавок в матричных составах, разработанных в лабораторных условиях.

Таким образом, доказана эффективность модификации портландцемента путем включения различных добавок для отверждения нецементируемых ЖРО.

УДК 621.039.76+614.876

В.А.ЛЕБЕДЕВ, канд. техн. наук, профессор, lvaram@rambltr.ru

В.М.ПИСКУНОВ, аспирант, vlamarz@mail.ru

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

V.A.LEBEDEV, *PhD. in eng. sc., professor, lvaram@rambltr.ru*

V.M.PISCOUNOV, *postgraduate student, vlamarz@mail.ru*

National Mineral Resources University (Mining University), Saint Petersburg

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИММОБИЛИЗАЦИИ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ

На основании проведенных экспериментальных исследований разработан метод иммобилизации проблемных жидких радиоактивных отходов и токсичных отходов в компаунд из магниезиальных вяжущих со степенью включения сухих радиоактивных солей 37 % (технология цементирования на основании цемента позволяет вводить не более 7 % солей из кубовых остатков жидких радиоактивных отходов), при этом качество компаунда соответствует требованиям нормативно-технической документации.

Ключевые слова: иммобилизация, отверждение, матричные материалы, минеральные селективные сорбенты, наноструктура, наполнитель, компаунд.

IMPROVING THE EFFICIENCY OF IMMOBILIZATION OF RADIOACTIVE WASTE

On the basis of experimental research developed a method for immobilization of problematic radioactive waste in the compound of magnesium binding to the degree of inclusion of dried radioactive salts, 37 % (based on the technology of cement concrete can not enter more than 7 % of the salts of the still bottoms), and the quality of the compound corresponds to the specifications and technical documentation requirements.

Key words: immobilization, solidification, matrix materials, mineral selective sorbents, nanostructure, filler, compound.

В основополагающих документах РФ указано, что исследование влияния различных отходов на экологическую обстановку в стране и нахождение путей ограничения этого влияния являются неотложными и приоритетными задачами.

Проблема охраны окружающей среды и населения от воздействия токсичных отходов (ТО), накопленных в лито- и гидросфере в результате деятельности отечественных промышленных объектов, а также защита от ионизирующих излучений радиоактивных отходов (РАО) атомной отрасли экономики сложна и многопланова. Она включает не только чисто научные аспекты, но и экономические, социальные, политические, пра-

вовые, эстетические стороны жизнедеятельности человека и общества. РАО образуются практически во всех отраслях народного хозяйства, в том числе на предприятиях минерально-сырьевого комплекса, однако большая часть РАО образуется на предприятиях атомной отрасли.

Сегодняшняя ситуация с РАО в России достаточно напряженная. На ее территории накопилось почти половина всех РАО мира (см.таблицу). Накопленные объемы РАО размещены на 69 предприятиях в 33 регионах России в 1170 хранилищах различного типа. В европейской части России отходы накоплены в 21 субъекте на 42 предприятиях, на Урале – в трех субъектах на 10 пред-

Объемы накопленных в России жидких (ЖРО) и твердых (ТРО) радиоактивных отходов

Вид и тип РАО		Росатом	Другие отрасли	Всего
ЖРО, м ³	ВАО	$3,66 \cdot 10^4$	–	$3,66 \cdot 10^4$
	САО	$2,04 \cdot 10^6$	$3,37 \cdot 10^3$	$2,04 \cdot 10^6$
	НАО	$4,13 \cdot 10^8$	$8,32 \cdot 10^3$	$4,13 \cdot 10^8$
ТРО, т	ВАО	$5,24 \cdot 10^4$	$5,93 \cdot 10^3$	$5,83 \cdot 10^4$
	САО	$6,12 \cdot 10^5$	$6,57 \cdot 10^4$	$6,77 \cdot 10^5$
	НАО	$7,25 \cdot 10^7$	$2,36 \cdot 10^5$	$7,8 \cdot 10^7$

приятных, в Сибири – в пяти субъектах на 10 предприятиях. Сравнительно небольшие объемы отходов находятся на семи предприятиях Дальневосточного региона*.

По данным системы государственного учета и контроля радиоактивных веществ (РВ) и РАО, на предприятиях различных министерств и ведомств их активность превысила $5,96 \cdot 10^{19}$ Бк. Около 99 % РАО сосредоточено на предприятиях Росатома, в том числе все высокоактивные (ВАО) и подавляющая часть среднеактивных (САО) отходов.

Накопленные и производимые в настоящее время РАО – неизбежный результат работы оружейного ядерного комплекса, эксплуатации АЭС, атомных подводных лодок (АПЛ), кораблей и судов с ядерными энергетическими установками (ЯЭУ), использования РВ и источников ионизирующего излучения (ИИИ) в науке, медицине и различных отраслях промышленности**. Наряду с РАО скопился огромный объем токсичных, опасных и смешанных отходов. В результате деятельности предприятий минерально-сырьевого комплекса на территории РФ образуются промышленные отходы, в которых содержатся тяжелые металлы, их оксиды и соли, чрезвычайно токсичные вещества.

Хранящиеся в основной массе в открытом виде и ежегодно прирастающие в значительных объемах, РАО и ТО являются

* Тихонов М.Н. Радиационная география России // Экологическая экспертиза. М., 2007. № 3. С.62-71.

Tikhonov M.N. Radiation geography of Russia // Ecological assessment. Moscow, 2007. № 3. P.62-71.

** Емельяненко А. Одним наследством связаны // Российская газета. 2007, 19 июля. С. 16-17.

Yemelyanenko A. Linked inheritance // Rossiyskaya Gazeta. 2007, July 19. P. 16-17.

главными причинами серьезного нарушения экологического равновесия в биосфере, как в региональном, так и в республиканском масштабах. В связи с этим важные первоочередные задачи в области обращения и утилизации промышленных отходов различной степени опасности требуют безотлагательного и своевременного решения.

Обеспечение инертности, максимальное ограничение перемещения радионуклидов и токсичных веществ из мест их локализации осуществляется путем создания различного рода инженерных барьеров и резервуаров, строительства могильников и спецхранилищ, удерживающих и ограничивающих их влияние на окружающую среду. В настоящее время при обращении с РАО и ТО в качестве материала стабилизирующей и иммобилизирующей (связывающей) матрицы наиболее широко применяются цементы и битумы. Степень надежности таких барьеров оценивается по возможной скорости выщелачивания радионуклидов и тяжелых металлов при взаимодействии с природными водами, характерными для участков захоронения.

Недостатком этих материалов являются невысокая механическая прочность, высокая скорость выщелачивания радионуклидов из компаундов и др.

Для иммобилизации РАО применяются также и стекольные матрицы (боросиликатные и алюмофосфатные стекла). Скорость выщелачивания радионуклидов из остеклованных форм на два порядка ниже, чем из цементных или битумных, также они позволяют загружать больше отходов. Радиационное воздействие разрушает структуру стекла, превращая монолит в порошок, а малая теплопроводность требует принудительного охлаждения. Таким образом, невы-

сокая стабильность физико-механических свойств стекольных матриц в течение длительного времени не отвечает требованиям их долгосрочного безопасного хранения.

Поисковые исследования по разработке еще более устойчивых материалов матрицы для иммобилизации опасных отходов продолжаются, и результаты таких изысканий являются актуальными при решении экологических проблем.

В период с 2009 по 2011 г. в ГОУ ВПО «Северо-Западный государственный заочный технический университет» проводились поисковые научно-исследовательские работы по направлению «Атомная энергетика, ядерный топливный цикл, безопасное обращение с радиоактивными отходами и отработавшим ядерным топливом» (ГК № П1582 от 10.10.2009 г.), тема проекта «Разработка процессов иммобилизации радиоактивных отходов с использованием наноструктурных материалов на основе минерального сырья». Данная работа являлась продолжением исследований, начатых в 2003 г. по созданию минеральных матриц из магнезиальных вяжущих для омоноличивания РАО.

Исходя из результатов, полученных в результате выполнения вышеуказанного контракта, становятся возможными новые направления утилизации РАО и ТО: это иммобилизация и инкапсуляция радиоактивных, токсичных и опасных отходов горнодобывающих и перерабатывающих предприятий с разработкой материалов со специальными и улучшенными свойствами с применением магнезиальных вяжущих и селективных сорбентов специального назначения. Вопросы создания таких материалов представляют несомненный практический и экологический интерес, поскольку проблемы кондиционирования, транспортировки, хранения и захоронения РАО и ТО остаются нерешенными из-за неудовлетворения возрастающих потребностей в относительно дешевых, механически прочных с гидроизолирующими свойствами материалах.

Переработка ЖРО заключается в концентрировании радионуклидов с последующим отверждением концентратов и их кондиционированием. Кондиционирование является суммой операций, конечной целью

которых является перевод РАО в форму, обеспечивающую их безопасное транспортирование, хранение и (или) захоронение. Для отверждения низко- и среднеактивных ЖРО наибольшее распространение получили такие методы переработки, как цементирование, битумирование, упаривание до солевого плава. Почти все они направлены на переработку солевых ЖРО типового состава, образующихся на предприятиях в значительных количествах. Это ЖРО, образующиеся на АЭС с реакторами типа ВВЭР и РБМК, а также спецпрачечных.

Тритий и тритийсодержащие соединения представляют собой чрезвычайно сложный вид РАО, который практически бессмысленно отверждать без сорбционных добавок, так как матрицы, полученные как на основе магнезиальных вяжущих, так и портландцементов, не являются барьером для трития, цезия-134, цезия-137 и некоторых других радионуклидов. Способность цементов удерживать радионуклиды, кроме трития, полностью определяется сорбционными характеристиками введенных природных или синтезированных сорбентов.

Гашеная известь, в составе которой присутствует тритированная вода, может быть включена в битумный компаунд или механически введена в петролатум, но степень включения трития в эти вяжущие окажется незначительной.

Кондиционирование тритийсодержащих ЖРО сводится к очистке тритированной воды от солей, затем концентрированию воды до активности 109-1010 Бк/л (по тритию). В дальнейшем эти отходы либо хранятся в емкостях из нержавеющей стали в течение около 100 лет для снижения первоначальной активности до безопасной, либо подвергаются электролизу, а образовавшийся водород связывают с титаном с образованием его гидрида по разработанной технологической схеме.

В 2010 г. было исследовано отверждение имитаторов высокоактивных КО АЭС, содержащих, главным образом, нитрат натрия, с помощью магнезиального, вяжущего представляющего собой гидратированный оксохлорид магния с общей формулой $(MgO)_{(2-4)}(MgCl_2)_1(H_2O)_{(10-18)}$. С использова-

нием КО, содержащих 600 г/л нитрата натрия, были получены отвержденные компаунды, содержащие от 0 до 29 % солей, имеющих прочность при двухстороннем сжатии от 20 до 40 МПа.

Показано, что при выщелачивании ^{137}Cs из отвержденных образцов магнизиальных компаундов любого состава за первые 10 дней выщелачивания теряется более 90 % активности. С помощью селективных сорбентов на цезий удастся снизить скорость выщелачивания цезия-137 до $1,5 \cdot 10^{-3} - 3 \cdot 10^{-4}$ г/см²·сут.

По результатам исследований сделан вывод о том, что отвержденный компаунд на основе магнизиального вяжущего, содержащий сорбент на цезий и около 20 % солей (кроме боратов), удовлетворяет требованиям по безопасному хранению ТРО в бетонных блоках-контейнерах. Композиционный материал на основе магнизиального вяжущего может быть использован в качестве более эффективной замены портландцемента.

На заключительном этапе работы были проведены экспериментальные исследования по омоноличиванию КО спецпрачечных, содержащих до 30 % органических веществ (наиболее сложного для переработки вида ЖРО), с помощью композиционного материала на основе магнизиального вяжущего с достижением такой степени включения солей в состав компаунда, которая могла быть сопоставима с этим показателем для процесса битумирования. Была достигнута степень включения солей в состав магнизиальных компаундов для КО 35 ± 5 %.

Следует отметить, что технология им-

туризации РАО посредством нанострук-

турных материалов на основе магнизиального вяжущего не требует высоких энергетических затрат, осуществляется при любых положительных температурах на оборудовании, применяемом при обычном цементировании.

В результате проведенных экспериментальных исследований при магнизиальном отверждении КО, содержащих до 30 % органических соединений была достигнута степень наполнения компаунда сухими радиоактивными солями, равная 37 %, т.е. эффективность процесса отверждения с использованием наномодифицированной ММСК по этому показателю практически достигла нижнего предела для процесса битумирования (40-60 %).

По разработанной технологии также проводилось отверждение шламов. При общем содержании примесей около 150 г/л в сухом остатке содержалось около 40 % органических веществ, которые выгорели при 600 °С. Образцы, омоноличенные по разработанной технологии, затвердели через сутки. После сушки в течение двух недель они были помещены в дистиллированную воду, в которой простояли пять недель и незначительно уменьшили свою начальную массу.

На разработанный в результате выполнения исследований материал и технологию его применения для отверждения ЖРО сложного химического состава подана заявка на получение патента на изобретение.

Разработанный материал на основе магнизиального вяжущего может быть включен в реестр матричных составов для омоноличивания жидких и твердых РАО низкого и среднего уровня активности.

УДК: 504.062; 504.064.4

М.М.МАЛЫШКИН, канд. техн. наук, ассистент, *mishania_m@mail.ru*
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

M.M.MALYSHKIN, PhD in eng. sc., assistant, *mishania_m@mail.ru*
National Mineral Resources University (Mining University), Saint Peterburg

ЭКОЛОГИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ БУРЕНИЯ СКВАЖИН

Одной из крупных экологических проблем нефтяной отрасли является загрязнение природной среды отходами бурения, негативно влияющими на условия проживания людей, обитания животных, а также растительный покров. Проблему утилизации отходов бурения предлагается решить за счет внедрения комплекса средозащитных инженерно-технических мероприятий, включающих, во-первых, применение в процессе бурения скважин бурового раствора на основе водорастворимых биоразлагаемых полимеров и четырехступенчатых систем очистки бурового раствора; во-вторых, применение конструкции площадки скважин с устройством траншеи для размещения отжатого бурового шлама, за которой устраивается временная земляная емкость для буровых сточных вод.

Ключевые слова: буровой шлам, утилизация, токсичность, площадка скважин, шламовый амбар, обезвоживание, нефтедобыча, очистка, отжатие, обезвреживание.

WELL DRILLING TECHNOLOGIES ECOLOGIZATION

One of the largest environmental problems of the oil industry in Russia is drilling waste contamination, that has negative impact on the living conditions of the people, animals and plants. The problem of disposal of drilling waste is proposed to solve through the introduction of protective functions of the complex engineering activities, including, firstly, the application in the process of drilling mud through water-soluble biodegradable polymers and quadruple systems, cleaning fluid, and secondly, the application design platform with the wells trench in the body of the embankment site for pressed cuttings, which is arranged for a temporary earthen vessel for drilling wastewater.

Key words: cuttings, recycling, toxicity, site wells, sludge pits, dewatering, oil, cleaning, pressed, neutralization.

Деятельность предприятий нефтегазовой отрасли неизбежно приводит к техногенному воздействию на окружающую природную среду. Это выражается, прежде всего, в вырубке лесов, деградации почв и ландшафтов, загрязнении атмосферы, поверхностных и грунтовых вод, приповерхностных отложений нефтепродуктами и токсичными веществами, содержащимися в буровых растворах, а также сероводородом, содержащимся в нефти и газе, что и приводит к негативному воздействию на условия проживания людей и биоты.

В процессе строительства скважин образуется многотоннажный отход – буровой

шлам, подлежащий утилизации. В настоящее время только на территории Западной Сибири ежегодно образуется более 100 тыс.т. бурового шлама. В основном для его утилизации сооружаются земляные емкости, так называемые шламовые амбары-шламонакопители, которые считаются одними из опасных источников загрязнения [1].

Расходы нефтедобывающих предприятий на обезвреживание и утилизацию буровых шламов, рекультивацию шламовых амбаров ежегодно составляют миллиарды рублей. Однако, несмотря на высокую экологическую опасность отходов бурения до сих пор не разработано технологических решений, позво-

ляющих с высокой эффективностью и минимальным техногенным воздействием их обезвреживать и утилизировать.

Цель исследования – снижение техногенной нагрузки на природную среду при разработке и эксплуатации нефтегазовых месторождений за счет внедрения комплекса средозащитных инженерно-технических мероприятий, направленных на обезвреживание и последующие использование отходов бурения. Задачи сформулированы следующим образом:

1. Проведение комплексного мониторинга площадок скважин при добыче углеводородного сырья.

2. Проведение химико-аналитических исследований буровых шламов.

3. Обоснование применения четырехступенчатой системы очистки бурового раствора с утилизацией отделенного и отжатого шлама.

4. Разработка конструкции площадки скважин с размещением отжатого бурового шлама в тело насыпи.

5. Оценка эколого-экономической эффективности применения предложенного комплекса инженерно-технических мероприятий.

Для снижения негативного воздействия буровых работ и эксплуатации скважин, наряду со строгим соблюдением технологии добычи и транспортировки нефти, и повышением надежности оборудования, необходимы организация эффективного контроля и прогноз изменения окружающей природной среды во времени и пространстве, другими словами организация мониторинга.

Комплексный мониторинг осуществлялся на одном из месторождений Западной Сибири, расположенном в болотном типе ландшафта в северо-таежной зоне в течение 6 лет. Экспедиционные работы проводились при участии специалистов разного профиля. Изучались степень и скорость естественного зарастания кустовых насыпных песчаных площадок и амбаров, состояние почвенного и растительного покрова, почвенной микробиоты, энтомофауны, наземных позвоночных и птиц, гидробионтов (фито- и зоопланктон, зообентос и ихтиофауна окрест-

ных водоемов), а также оценивался гидрологический режим территории. В качестве биоиндикаторов использовались почвенные микроорганизмы, растения, животные, гидробионты, изучались состав и свойства буровых шламов (выбуренной породы, содержащей химические реагенты, присадки, буровые растворы) [3].

Результаты мониторинга и изучение существующих методов рекультивации шламовых амбаров показали необходимость разработки такой технологии утилизации отходов бурения, которая была бы эколого-экономически выгодна и ускоряла процесс восстановления исходных биологических систем или создавала условия для возникновения новых.

При обосновании того или иного метода утилизации шлама необходимы химико-аналитические исследования буровых шламов для определения содержания естественных радионуклидов и соединений тяжелых металлов в подвижных формах. Буровой шлам является основным многотоннажным отходом нефтедобывающей промышленности. Эти отходы являются горными породами, которые в процессе бурения размельчаются и выносятся на дневную поверхность с помощью бурового раствора. Токсичность буровых шламов определяется содержанием токсичных компонентов в выбуренной породе и применяемых реагентах.

В настоящее время в Российской Федерации разработка месторождений ведется в нефтеносных провинциях, горные породы которых не содержат естественных радионуклидов и соединений тяжелых металлов в подвижных формах выше установленных нормативов. Применение экологически малоопасных рецептур глинистого или безглинистого буровых растворов на основе водорастворимых биоразлагаемых полимеров по всем интервалам бурения снижает их негативное воздействие, а также токсичность бурового шлама и буровых сточных вод. Используемые для обработки буровых растворов прочие материалы и химреагенты должны иметь также согласованные в установленном порядке показатели токсичности (ПДК, ОБУВ, ЛД₅₀ и др.) и иметь класс

опасности не более 4-го. При планировании применения веществ с неизвестными санитарно-токсикологическими характеристиками, необходимо затребовать соответствующие документы у производителя или организовать определение необходимых показателей токсичности и класса опасности материалов и образующихся отходов [2].

Отделение и отжатие (очистка) бурового шлама осуществляется с использованием четырехступенчатой системы очистки бурового раствора, в состав которого входят высокоэффективные вибросита, пескоотделители или ситогидроциклонные установки, илоотделители и центрифуги.

Использование данной системы очистки позволяет сократить потребление воды на технологические нужды на 60-75 %, расход химических реагентов на 30-40 %, что повышает экологическую безопасность производства буровых работ и снижает возможное воздействие от образующихся отходов.

Шлам, прошедший четырехступенчатую систему очистки, подвергается лабораторным исследованиям на предмет соответствия нормативам, указанным в санитарно-эпидемиологическом заключении, а также содержания нефтепродуктов, которое не должно превышать 0,5 %. На основании результатов лабораторных исследований принимаются решения по размещению шлама и конструкции насыпей площадок. При использовании бурового раствора, обработанного реагентами Kem Pas и Poly Kem D или их сертифицированными аналогами, очищенный (отжатый) буровой шлам вне затапливаемых участков может размещаться в теле насыпей кустовых площадок.

Очищенный буровой шлам из системы очистки с помощью шнеков подается в специально сооруженную в теле насыпи земляную траншею, а буровые сточные воды перетекают во временную гидроизолированную земляную емкость. Обе конструкции располагают параллельно друг другу вдоль оси движения бурового станка, что на всех стадиях строительства скважин обеспечивает раздельное складирование буровых шламов и буровых сточных вод (см. рисунок).

Бурение скважин с использованием выбуренной породы при строительстве кусто-

вых площадок производится вне затапливаемых участков. При этом напротив каждой группы скважин устраивается траншея для размещения очищенного бурового шлама. За траншеей в теле насыпи устраивается временная земляная емкость для буровых сточных вод.

При строительстве площадок скважин участок для устройства емкости под буровых сточных вод отсыпается до проектной отметки площадки с последующей разработкой и использованием грунта в обваловку емкости, что обеспечивает максимальное уплотнение верхнего деятельного слоя торфяной залежи под давлением насыпи, а также максимальной консолидации самой насыпи. Дно емкости поднято над максимальным уровнем грунтовых вод на 0,3 м. Гидроизоляция стенок и дна временной емкости для буровых сточных вод производится с помощью цементировочного агрегата глинистым буровым раствором.

Для сбора жидкой фазы устанавливают лоток из звеньев трубы диаметром 530 мм на опорах из брусьев, либо укладывают выбраванные металлические трубы диаметром 325-426 мм. Конструкция временной емкости для буровых сточных вод со значительной поверхностью зеркала воды и небольшой глубиной позволяет буровым сточным водам максимально насыщаться кислородом, что, наравне с биоразлагаемостью реагентов, способствует ускоренным биодegradации буровых сточных вод, осветлению и утилизации в коллектор.

На кустовых площадках с размещением бурового шлама в теле насыпи предусматриваются следующие виды работ:

- осветление и откачка буровых сточных вод, хозяйственных стоков в нефтесборный коллектор;
- разравнивание бурового шлама в траншее с расширением площадки куста до 23-25 м от устья скважин и устройство на ней обваловки площадки;
- планировка территории емкости для буровых сточных вод до отметки не более 0,5 м над поверхностью болот и не более 0,5 м над уровнем грунтовых вод.

В результате научных исследований установлено, что очищенный буровой шлам

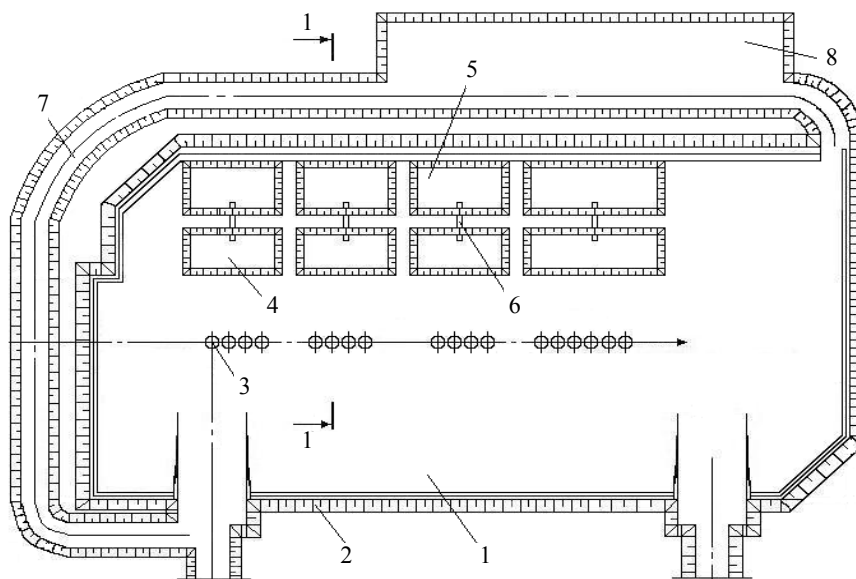


Схема площадки скважин с использованием выбуренной породы (очищенных буровых шламов) в тело насыпи
 1 – площадка скважин; 2 – обваловка; 3 – скважина; 4 – траншея для бурового шлама; 5 – временная земляная емкость для буровых сточных вод; 6 – металлические трубы для сбора буровых сточных вод; 7 – насыпь объездной дороги; 8 – насыпь жилого городка

после его закладки в траншею служит дополнительным противофильтрационным экраном на случай аварийных разливов.

Биологическая рекультивация осуществляется двумя основными способами: путем активизации естественного зарастания и путем подсева многолетних трав, посадки черенков кустарников. Для посева трав используют сложные травосмеси, состоящие из различных видов растений: рыхлокустовых и корневищных из расчета 30-50 г на 1 м²: овсяница тростниковая – 40 %, овсяница красная – 10 %, фестулолиум изумрудный – 30 %, кострец безостый – 10 %, реграс пастбищный – 10 %.

По сравнению с известными решениями предлагаемый способ позволяет использовать отходы бурения в качестве грунта для строительства насыпей площадок скважин, снижает потребление минерального грунта для этих целей, площади земельных участков, занимаемых под площадки бурения скважин и карьеры добычи грунта, снижает стоимость процесса утилизации бурового шлама, особенно на площадках скважин, расположенных в водоохраных зонах водных объектов, за счет отсутствия транс-

портировки бурового шлама и строительства шламонакопителей для его захоронения.

Работа выполнена в Центре коллективного пользования научным оборудованием Горного университета при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Буланов А.И. Охрана окружающей среды в нефтегазовой промышленности / А.И.Буланов, П.П.Макаренко, В.Ю.Шеметов. М., 1997. С. 97-145.
2. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве: Гигиенические нормативы. М., 2006. 15 с.
3. Седых В.Н. Реакция растений на отходы бурения нефтяных скважин / В.Н.Седых, Л.А.Игнатъев, М.В.Семенюк. Новосибирск, 2004. 84 с.

REFERENCES

1. Bulanov A.I. Environmental Protection in the oil and gas industry / A.I.Bulanov, P.P.Makarenko, V.Y.Shemetov. Moscow, 1997. P. 97-145.
2. The maximum permissible concentration (MPC) of chemical substances in soil: Hygienic standards. Moscow, 2006. 15 p.
3. Sedykh V.N. Plant response to waste cuttings of oil wells. / V.N.Sedykh, L.A.Ignatiev, M.V.Semeniuk Novosibirsk, 2004. 84 p.

А.Б.МАХОВИКОВ, канд. техн. наук, доцент, *telum@inox.ru*
М.Ш.БАРКАН, канд. техн. наук, доцент, *barkan-msh@spmi.ru*
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

A.B.MASHOVIKOV, PhD in eng. sc., associate professor, *telum@inox.ru*
M.Sh.BARKAN, PhD in eng. sc., associate professor, *barkan-msh@spmi.ru*
National Mineral Resources University (Mining University), Saint Petersburg

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ В УПРАВЛЕНИИ СБОРОМ И ТРАНСПОРТИРОВКОЙ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ

При сегодняшних темпах роста городов увеличиваются объемы коммунальных отходов. Процесс сбора и транспортировки данных отходов организуют специализированные транспортные компании. В современных условиях возникает необходимость модернизации этого процесса, при которой требуется использование новейших информационных технологий. Создание информационно-управляющей системы, способной повысить эффективность работы транспортных компаний, поможет решить проблему коммунальных отходов и соответственно улучшить санитарную и экологическую обстановку в городах.

Ключевые слова: твердые коммунальные отходы, транспортные компании, информационно-управляющая система.

INFORMATION SYSTEM IN THE MANAGEMENT OF THE COLLECTION AND TRANSPORTATION OF SOLID WASTE UTILITY

At the current rate of urban growth, increasing amounts of municipal waste. The process of collecting and transporting the waste to organize specialized transport companies. In modern conditions it is necessary to modernize the process, which requires the use of advanced information technologies. Creating a management information system capable of increase the efficiency of transport companies, will help solve the problem of municipal waste, and, consequently, to improve sanitary and environmental conditions in cities.

Key words: municipal solid waste, transportation companies, management information system.

Задача организации эффективной работы компании, занимающейся сбором и транспортировкой твердых коммунальных отходов (далее ТКО), сводится к оптимизации маршрутов передвижения, имеющейся в распоряжении компании уборочной техники и транспортных средств. Эта задача оптимизации известна в математике как транспортная задача линейного программирования. Однако, конкретное решение транспортной задачи может быть получено только для одного заранее известного набора исходных данных, а в реальности этот набор исходных данных постоянно меняется, и эффективная работа компании, занимающейся сбором и

транспортировкой ТКО, невозможна без использования информационно-управляющей системы, осуществляющей в реальном времени сбор исходных данных и расчет на их основе оптимальных транспортных потоков.

Как любая информационно-управляющая система, система управления сбором и транспортировкой ТКО должна содержать подсистему сбора информации, подсистему передачи информации, подсистему обработки информации, подсистему хранения информации и подсистему отображения информации. Рассмотрим кратко каждую из названных подсистем.

Основой подсистемы сбора информации должны быть датчики местоположения транспортных средств. Местоположение объекта в настоящее время, как правило, определяется с помощью спутниковой системы глобального позиционирования. Принцип определения своего места на земной поверхности в глобальной системе позиционирования заключается в одновременном измерении расстояния до нескольких навигационных спутников (не менее трех) с известными заранее параметрами орбит и вычислении по измеренным расстояниям своих координат. Наиболее распространенной системой является американская GPS. Также развиваются европейская система Galileo и отечественная система ГЛОНАСС. Указанные системы обеспечивают точность определения местоположения до нескольких метров. Если не требуется высокая точность определения координат объекта, то может быть использована привязка к базовым станциям сотовой связи, дающая погрешность определения местоположения в несколько десятков метров. Помимо датчиков местоположения транспортных средств, в подсистему сбора информации должны входить и другие датчики: датчики загрузки мусоровозов, датчики заполнения мусорных баков и т.п. При функционировании системы в условиях крупных городов обязательно использование информации о загруженности улиц. Такая информация может быть получена при учете средней скорости движения входящих в систему транспортных средств, других транспортных средств, оборудованных датчиками местоположения, и от камер наблюдения. В рассматриваемую подсистему входят также устройства сбора данных с полигонов и мусороперерабатывающих заводов, выдающие информацию об объеме принятого за определенный промежуток времени мусора.

Подсистема передачи информации, естественно, должна строиться на основе одной из существующих беспроводных технологий передачи данных. Наиболее распространенной технологией является GPRS/EDGE/3G. Эта технология использует каналы операторов сотовой связи и характе-

ризуется большой зоной охвата. Однако реальная скорость передачи информации невысока даже для наиболее современной из них 3G. В условиях крупных городов может использоваться технология WiMAX, иногда называемая также 4G, сочетающая в себе как большую зону охвата, так и высокую скорость передачи информации (до 10 мегабит в секунду). В будущем возможно применение наиболее перспективной на данный момент технологии LTE, также относящейся к 4G.

Подсистема обработки информации должна рассчитывать оптимальные маршруты движения транспортных средств с учетом как имеющихся данных, например карт дорожной сети, координат полигонов и мусороперерабатывающих заводов, так и данных, поступающих от подсистемы сбора информации и от операторов, определяющих конечные цели функционирования системы. Полученные результаты должны передаваться как водителям транспортных средств, так и операторам. Основой подсистемы обработки информации должны быть высокопроизводительные компьютерные системы со специально разработанным для конкретной информационно-управляющей системы программным обеспечением, что определяется вычислительной сложностью нелинейных задач оптимизации, решение которых должно осуществляться в реальном масштабе времени. Необходимо отметить, что подсистема обработки информации является самой сложной и важной подсистемой во всей информационно-управляющей системе. От успеха в ее реализации зависит качество системы управления сбором и транспортировкой ТКО в целом.

Подсистема хранения информации должна сохранять данные о функционировании транспортной системы (маршруты транспортных средств, перевезенные ими объемы ТКО и т.п.) и выдавать их по запросам операторов и клиентов компании. Основой этой подсистемы должна быть компьютерная система с установленной на ней системой управления базами данных. В качестве СУБД могут применяться MySQL, DB2, Microsoft SQL Server или Oracle. Конкретный выбор должен определяться в первую очередь размером транспортной компании.

Подсистема отображения информации должна содержать минимум три элемента. Во-первых, это устройство, отображающее информацию для водителя транспортного средства. В качестве такого устройства целесообразно использовать карманный персональный компьютер, включающий помимо экрана для отображения карты местности, маршрута следования и команд оператора, еще и датчик местоположения и технологию беспроводной передачи данных. Может быть использовано и специально разработанное устройство. Во-вторых, это автоматизированное рабочее место оператора. В качестве него можно использовать персональный компьютер с установленным специальным программным обеспечением. И, в-третьих, это веб-интерфейс для клиентов транспортной компании, позволяющий размещать заказы и отслеживать их выполнение непосредственно через интернет. Если в подсистеме передачи информации применяется высокоскоростная технология, то подсистему отображения информации целесообразно дополнить технологией VoIP, позволяющей организовать голосовое общение между операторами и водителями.

Рассмотрим примеры некоторых информационно-управляющих систем, применяющихся при сборе и транспортировке ТКО. Одной из наиболее развитых информационных систем управления сбором и транспортировкой ТКО является система TCS, разработанная финской компанией «Ecomond Ltd». (<http://www.ecomond.com>). Ее применение в Финляндии позволило снизить затраты на перевозку ТКО на 10-30 %.

Разработанная итальянской компанией «Allix» (<http://www.allix.it>) система применяется для целей управления перевозкой опасных отходов по дорогам Европы. Порядка двухсот контейнеров на ста мусоровозах оборудованы специальными устройствами, отслеживающими местоположение и загруженность контейнера. Если мусоровоз свернет с разрешенной трассы или контейнер будет опустошен в неполюженном месте, то это немедленно отразится на пульте управления. В дальнейшем предполагается адаптировать данную систему для управления перевозкой ТКО в итальянском регионе Ломбардия.

Что касается российского опыта, то в нашей стране тоже разработан ряд информационно-управляющих систем для целей сбора и транспортировки ТКО и в дальнейшем роль таких систем будет постоянно возрастать. Связано это с тем, что после 30 июня 2009 г. лицензии на транспортировку отходов будут только у тех, кто занимается этой деятельностью как бизнесом, т.е. у специальных компаний, которые, в свою очередь, будут нуждаться в информационно-управляющих системах.

НИПВФ «Тензор» (Ростов-на-Дону) (<http://www.math.rsu.ru/niimpm/tensor>) разработала интегрированную систему управления доставкой, приемом и размещением ТКО на полигонах и на мусороперерабатывающих комплексах.

Станция приемки отходов включает два комплекта электронных весов для взвешивания автомобилей в статике или в движении, компьютерный терминал, автоматические системы видеорегистрации, идентификации и управления движением транспорта. Режим работы – круглосуточный и круглогодичный (без климатических ограничений). Загруженные мусоровозы прибывают на полигон через въездные весы, на которых автоматически регистрируются дата и время прибытия машины, ее марка, госномер и фамилия водителя, код, наименование и принадлежность организации-перевозчика, вид отходов и район их доставки; определяется масса брутто – автомобиля и груза.

После разгрузки на выездных весах автоматически фиксируются изображение и масса порожних машин, определяется масса нетто принятых ТКО, их объем, степень заполнения мусоровоза и время его пребывания на полигоне. Все полученные таким образом данные заносятся в электронный архив и обобщаются в виде реестров принятых отходов и итоговых отчетов о работе полигона за день, неделю, месяц, год. При этом компьютером отслеживается сумма остатка авансового платежа за вывезенные отходы. Если фактический вывоз превысил оплаченный объем, компьютер выдает чек-уведомление, который прямо на полигоне вручается водителю организации-должника.

Благодаря такому оснащению один оператор за смену может принять свыше 5000 м³ ТКО с интервалом движения мусоровозов от 15-20 с.

Внедрение новой системы в Ростове-на-Дону существенным образом изменило ситуацию в городе. Начиная с 1999 г., стало выгодно собирать отходы. За реальный мусор платят реальные деньги, причем оплачиваются не абстрактные учетные объемы, а только отходы, доставленные на полигон. Теперь не составляет труда получить информацию об объеме вывоза ТКО любым предприятием и за любой период, а также выявить задолжников по оплате. Ежедневно вся информация по сети связи поступает на компьютеры подразделений Департамента ЖКХ, откуда осуществляется оперативный контроль очистки города, управление финансовыми потоками и работой служб, занятых уборкой, вывозом и захоронением отходов. Предприятия-перевозчики имеют всю информацию о работе своих водителей, а предприятия-производители ТКО знают, как образуется и как расходуется взимаемая с них оплата.

По данным Департамента ЖКХ Ростова-на-Дону за 2000 г. фактический объем вывоза ТКО на полигон увеличился в 1,7 раза, в 1,5-2 раза выросла наполняемость машин, на 30-45 % сократились удельные расходы перевозчиков из расчета на единицу принятых отходов. По соображениям выгоды разбираются и вывозятся на полигон ТКО стихийные, несанкционированные свалки. Их количество сократилось в городе на 80 %.

Организации, осуществляющие сбор и перевозку отходов, вступили в жесткую конкуренцию за право осуществления муниципального заказа по вывозу ТКО, снижают издержки. Например, спецавтохозяйство Советского района Ростова было вынуждено сократить количество машин, занятых на вывозе, с 35 до 20 единиц. Для остальных просто не хватает груза.

Покупка городскими властями ТКО по фактической массе стимулирует его сбор и доставку для захоронения на специально оборудованном полигоне, что свело к минимуму ущерб, наносимый деятельностью человека окружающей среде. Рентабельность новой технологии позволила осуществить приватизацию ранее такой повсеместно убыточной сферы деятельности как уборка ТКО и передать эти обязанности в Ростове частному предприятию (ООО «Чистый город»).

Опыт Ростова вызвал интерес в других крупных городах. Оборудование системы управления отходами введено в эксплуатацию в Иркутске, Тольятти и Тюмени, готовится к монтажу в Салехарде, Челябинске и Калининграде.

В 2004 г. «Тензором» выиграны проводимые Европейским Союзом конкурсные торги и подписан контракт с фирмой «Ramboll» (Дания) на обустройство терминалов по управлению сбором, доставкой, приемкой и захоронением ТКО на полигоне.

В мае 2009 г. Комитет по благоустройству и дорожному хозяйству Санкт-Петербурга внедрил систему мониторинга уборочной техники на улицах города. В системе используется технология CityGuide ООО «МИТ» (<http://www.probki.net>) изначально разработанная как автомобильная навигационная система, учитывающая при прокладке маршрута загруженность улиц транспортом. Местоположение каждой из 400 оборудованных датчиками единиц уборочной техники отображается на карте города, что позволяет операторам отслеживать передвижение техники и контролировать уборку улиц.

Таким образом, применение информационно-управляющих систем в сфере сбора и транспортировки ТКО позволяет снизить затраты и повысить эффективность работы транспортных компаний, а значит, в конечном итоге, приводит к улучшению экологической обстановки.

И.Б.МОВЧАН, канд. геол.-минерал. наук, доцент, *imovch@mail.ru*

В.Ю.АСЯНИНА, аспирант, *asyanina.v@yandex.ru*

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

I.B.MOVCHAN, PhD in geol. & min. sc., associate professor, *Imovch@mail.ru*

V.Yu.ASYANINA, post-graduate student, *asyanina.v@yandex.ru*

National Mineral Resources University (Mining University), Saint Petersburg

К ВОПРОСУ СНИЖЕНИЯ НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ФЕРРОСПЛАВНОГО КОМПЛЕКСА НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ НА ПРИМЕРЕ ОДНОГО ИЗ ПРЕДПРИЯТИЙ

Ухудшение состояния окружающей среды вызывает беспокойство не только у надзорных органов, но и у широкой общественности. Поэтому многие предприятия, в том числе, относящиеся к ферросплавному комплексу, обращают особое внимание на внедрение природоохранных мероприятий, позволяющих снизить воздействие на здоровье населения, проживающего в непосредственной близости от промышленных площадок, и состояние окружающей среды.

Ключевые слова: ферросплавный комплекс, негативное воздействие, газоочистное оборудование, мониторинг.

ON THE QUESTION OF REDUCING THE FERROALLOY COMPLEX NEGATIVE IMPACT ON THE ENVIRONMENT AS AN EXAMPLE OF ONE OF THE COMPANIES

Environmental degradation is concerned not only with the oversight bodies, but also the general public. Therefore, many businesses, including relating to the ferroalloy complex, paying special attention to the implementation of conservation measures that reduce the impact on the health of people living in close proximity to industrial sites, and the environment.

Key words: Ferroalloy complex, negative impact, gas treatment equipment, monitoring.

Вещества или процессы, которые могут оказать неблагоприятное воздействие на здоровье людей или состояние окружающей среды, во всем мире вызывают повышенное беспокойство. Следует признать тот факт, что в последние годы в технологии производства и промышленной гигиене произошли значительные изменения, которые привели к существенному улучшению условий производственной гигиены, техники безопасности и охраны труда, а также защиты окружающей среды.

Черная металлургия, в том числе и производство ферросплавов, по праву считается одной из самых «грязных» отраслей, оказы-

вающей негативное воздействие, как на состояние окружающей среды, так и на здоровье человека. Однако контроль надзорных органов и общественности вынудили многие крупные металлургические фабрики пересмотреть свои взгляды на экологическую политику. Рассмотрим, какие меры можно предпринять, чтобы уменьшить вредные выбросы в ходе технологического производства, на примере конкретного предприятия [3].

Основной производственной деятельностью ферросплавного предприятия является производство высокоуглеродистого феррохрома. Кроме высокоуглеродистого

феррохрома, продукцией комплекса является также щебень и песок из шлака высокоуглеродистого феррохрома. Процесс производства феррохрома является непрерывным круглосуточным процессом с технологическими останковками на обслуживание.

Следует отметить, что с учетом вывода ферросплавных электропечей на полную эксплуатационную мощность и вводом в эксплуатацию нового пылегазоулавливающего оборудования на участке шлакопереработки от предприятия в атмосферный воздух поступает 33 химических вещества, при этом 95-процентный вклад в валовый выброс вносят 4 загрязнителя: оксид углерода (75 %), диоксид азота (11 %), неорганическая пыль, содержащая от 20 до 70 % двуокиси кремния и оксид магния, соответственно 6 и 3 %.

От источников выбросов в атмосферу поступает два вещества, в том числе: 1-го класса опасности (чрезвычайно опасные), два вещества 2-го класса опасности (высокоопасные), девять – 3-го класса опасности (умеренно опасные), шесть – 4-го класса опасности (малоопасные). Для четырех веществ класс опасности не установлен.

Согласно данным инвентаризации, на предприятии функционируют 39 источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, в том числе девять неорганизованных площадных. В выбросах предприятия обнаружено 15 твердых и 18 жидких и газообразных ингредиентов загрязняющих веществ, из которых 10 обладают суммарным вредным воздействием, образуя восемь групп суммации.

Для того, чтобы снизить выбросы загрязняющих веществ в цеха, а также уменьшить негативное воздействие на окружающую среду, были проведены технологические мероприятия, позволившие заявлять об отсутствии превышения установленных санитарных норм.

Для очистки отходящей газовой смеси от колошников электропечей и леток, а также от всего технологического оборудования и узлов пыления, пыль которых по химическому составу содержит трехвалентные соединения хрома, были установлены

высокоэффективные рукавные фильтры с импульсной регенерацией, обеспечивающие очистку от пыли. [2]

Газоочистная установка № 1 предназначена для очистки газовой смеси, отводимой от зонтов и леток электропечей № 3 и № 4. Очистка состоит из двух независимых по газовому тракту блоков рукавных фильтров и дымососов. В состав каждого блока входит шесть рукавных полиэфирных фильтров с импульсной продувкой и три дымососа.

Газоочистная установка № 2 предназначена для очистки газовой смеси, отводимой от зонтов и леток электропечей № 1 и № 2, а также аспирационных выбросов тракта подачи и дозирования отделения плавильного цеха. Схема газоочистки предусматривает два независимых по газовому тракту блока. В состав каждого блока входят два рукавных фильтра и три дымососа.

Очищенные газы отводятся в атмосферу через две трубы от газоочистной установки № 1 и одну трубу от газоочистной установки № 2.

Схема газоочистки склада шихты и отделения хромоуглеродистых брикетов предусматривает два независимых по газовому тракту блока. В состав одного блока входит два полуфильтра рукавных (очистка дымовых газов, отсасываемых от ленточных сушилок брикетов № 1 и № 2, а также от систем аспирации брикетного отделения), а в состав другого – спаренный рукавный фильтр (обеспыливание аспирационных выбросов брикетного отделения и склада шихты, а также системы аспирации пылеборки газоочистки № 3).

В качестве побудителя тяги за каждым рукавным полуфильтром на линии газоочистки от аспирации брикетного отделения шихтарника и пылеборки, установлено два дымососа одностороннего всасывания. На линии газоочистки от ленточных сушилок брикетов и от аспирации брикетного отделения, за каждым рукавным полуфильтром, установлено два вентилятора одностороннего всасывания. Очищенные газы сбрасываются в общую дымовую трубу [2].

Очистка запыленного воздуха на участке подготовки кокса склада шихты производится в рукавном фильтре с импульсной регенерацией. В качестве тягодутьевой машины принят дымосос. Очищенный воздух удаляется в атмосферу через вытяжную трубу. Уловленная пыль автотранспортом вывозится в отделение хромоуглеродистых брикетов.

В узлах дробления и сортировки перерабатывается готовая продукция – высокоуглеродистый феррохром (металл). Запыленный воздух от узлов дробления и сортировки посредством двух аспирационных систем перед выбросом в атмосферу проходит сухую двухступенчатую очистку в инерционных пылеуловителях (I ступень – группа из шести циклонов с улиткой; II ступень – пылеуловители батарейные). После очистки воздух выбрасывается в атмосферу через две трубы. Пыль, уловленная в аспирационных установках, возвращается для утилизации в производство [1].

Запыленный воздух, удаляемый от технологического оборудования перегрузочного узла и пересыпок с питателей на конвейер участка подготовки хромовой руды, проходит сухую очистку в рукавных фильтрах. Очищенный воздух выбрасывается в атмосферу через две трубы. Пыль, уловленная в фильтрах, возвращается для утилизации в производство. Запыленный воздух, удаляемый от узлов дробления и пересыпки на участке отделения по переработке шлаков, поступает на очистку в одноступенчатый рукавный фильтр и три циклона.

Изучение эффективности работы пылегазоулавливающего оборудования показало, что используемые на 10 источниках выбросов установки обеспечивают эффективность очистки взвешенных веществ свыше 90 %, на остальных трех источниках выбросов – свыше 80 %. Таким образом, от существующих на предприятии источников выбросов в атмосферный воздух поступает пыль различного фракционного состава (как крупно-, так и мелко- и среднедисперсная).

Установленные электропечи оборудованы зонтами, от которых осуществляется отсос пылегазовоздушной смеси с последую-

щей очисткой от пыли в газоочистных установках электропечей. Для предотвращения выделения пылегазовоздушной смеси из-под зонта электропечи через труботочки, на них предусмотрена воздушная отсечка. В конструкции электропечи для предотвращения выбивания газов через уплотнение пространства между электродом и мантелом электродержателя предусмотрена подача воздуха в это пространство. Предусмотрена также воздушная отсечка прохода мантелов электродержателей через зонт электропечи. Над летками электропечей устанавливаются зонты с отсосом пылегазовоздушной смеси с последующей ее очисткой в газоочистных установках электропечей.

Места пересыпки шихтовых материалов при их подаче в плавильный корпус, дозировании и передаче к электропечам укрываются, от укрытий осуществляется отсос запыленного воздуха с последующей очисткой в газоочистной установке электропечей.

В узлах дробления и сортировки готовой продукции места выделения пыли укрываются, от укрытий осуществляется отсос запыленного воздуха с последующей очисткой в аспирационной установке данных узлов [1].

В узлах дробления, сортировки и подачи кокса места выделения пыли укрываются, от укрытий осуществляется отсос запыленного воздуха с последующей очисткой в аспирационной установке данных узлов [3].

Места пересыпок хромовой руды, кварцита, отходов производства в складе шихты при их подготовке к плавке и транспортировании укрываются, от укрытий осуществляется отсос запыленного воздуха с последующей очисткой в газоочистной установке склада шихты и отделения хромоуглеродистых брикетов [1].

В отделении хромоуглеродистых брикетов места выделения пыли при транспортировании, дозировании и подготовке шихтовых материалов и брикетов укрываются, от укрытий осуществляется отсос запыленного воздуха с последующей очисткой в газоочистной установке склада шихты и отделения хромоуглеродистых брикетов.

Очистка от пыли дымовых газов ленточных сушилок, предназначенных для

сушки хромоуглеродистых брикетов, осуществляется в газоочистной установке склада шихты и отделения хромоуглеродистых брикетов.

Для уменьшения пылевых выбросов от шлакопереработки в местах интенсивного пыления при загрузке в дробилку, при пере-сыпках на конвейерах, грохочении, предусмотрено влажное пылеподавление. Подача воды осуществляется от заводских сетей производственного водоснабжения.

Предприятию предлагаются также организационно-технические мероприятия [4], разработанные по первому режиму работы, т.е. ограничение работы того оборудования, остановка которого не влечет снижения производительности предприятия. Снижение выбросов от таких источников дает возможность предприятию производить регулирование выбросов без дополнительных затрат и позволит снизить концентрации отдельных ингредиентов в приземном слое атмосферы на 15-20 % [3].

К таким мероприятиям относятся:

- усиление контроля за точным соблюдением технологического регламента;
- запрещение продувки и чистки оборудования, газоходов, ремонтных работ, связанных с повышенным выделением вредных веществ в атмосферу;
- строгое соблюдение режима плавки в ферросплавных электропечах;
- обеспечение бесперебойной работы пылеулавливающего оборудования, недопущение его отключения на осмотры, ревизии, ремонты.

Следует отметить, что среди отраслей промышленности не стоит выделять услов-

но «чистые», безопасные с экологической точки зрения, и «грязные», так как негативное воздействие на окружающую среду и здоровье населения зачастую сопоставимо с экономическим эффектом от производственной деятельности. Проведение природоохранных мероприятий и регулярного мониторинга возможного воздействия от функционирования производства позволяет не только уменьшить размер платежей за превышения нормативных уровней загрязнения, но и изменить стереотипное мнение о «вредных» отраслях промышленности.

Работа выполнена в Центре коллективного пользования научным оборудованием Горного университета при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Болдин А.Н.* Инженерная экология литейного производства / А.Н.Болдин, А.И.Яковлев, С.Д.Тепляков, М., 2010.
2. *Поволоцкий Д.Я.* Электрометаллургия стали и ферросплавов / Д.Я.Поволоцкий, В.Е.Рощин, Н.В.Мальков. М., 1995.
3. *Тимонин А.С.* Инженерно-экологический справочник. Калуга, 2003. Т.1.
4. Рекомендации по основным вопросам воздухоохранной деятельности, М., 1995.

REFERENCES

1. *Boldin A.N., Yakovlev A.I., Teplyakov S.D.* Engineering Ecology foundry, Moscow; 2010.
2. *Povolotskii D.Y., Roshchin V.E., Malkov N.V.* Elektrometallurgii steel and ferroalloys. Moscow, 1995
3. *Timonin A.S.* Engineering and environment book. Kaluga, 2003. Vol.1.
4. Recommendations on major issues of air protection activities, Moscow, 1995

М.А.ПАШКЕВИЧ, *д-р техн. наук, профессор, mpash@spmi.ru*

Д.О.АКИМЕНКО, *аспирант, akimenko1988@rambler.ru*

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

M.A.PASHKEVICH, *Dr. in eng. sc., professor, mpash@spmi.ru*

D.O.AKIMENKO, *post-graduate student, akimenko1988@rambler.ru*

National Mineral Resources University (Mining University), Saint Petersburg

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗОЛЯЦИИ ПРИ ПОДГОТОВКЕ ПЛОЩАДОК КУЧНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ

Использование цианидных растворов в технологии кучного выщелачивания обуславливает как прямое, так и косвенное воздействие на компоненты окружающей среды. Существующие способы изоляции площадок кучного выщелачивания не обеспечивают необходимой степени снижения инфильтрационных процессов. Одной из основных причин является использование шовных технологий с применением геосинтетиков, имеющих ряд недостатков.

Ключевые слова: кучное выщелачивание, изоляция, инфильтрация, геосинтетики.

DEVELOPMENT OF ISOLATION TECHNOLOGY IN PREPARATION OF THE HEAP LEACHING FIELDS

The usage of cyanide solutions in technology heap leaching causes, both direct and indirect effect on the environmental components. Existing methods of heap leaching fields isolation do not provide the necessary degree of decreasing of infiltration processes. One of the main reasons is the usage of sutural technology with using geosynthetics are characterized by a number of disadvantages.

Key words: heap leaching, insulation, infiltration, geosynthetics.

В мировой практике золотодобычи с каждым годом наибольшее применение находит технология кучного выщелачивания (КВ). Основными причинами, обусловившими переориентацию компаний производителей на технологию КВ, являются истощение разведанных запасов богатых золотосодержащих руд, пригодных для переработки по существующим фабричным технологиям; увеличение себестоимости добычи в связи с ростом цен на энергоносители, основные материалы и оборудование; снижение мировой цены на золото [1]. Все это предопределяет возможность практического применения только высокоэффективных малозатратных процессов, каким является кучное цианистое выщелачивание.

В настоящее время только в США работает более 120 установок кучного выщелачивания, в РФ введено в эксплуатацию 25 установок. Тем не менее, при наличии значительной сырьевой базы в нашей стране есть существенные резервы развития этой эффективной технологии [1].

Несмотря на высокую экономическую эффективность процессов КВ при ее внедрении, возникает ряд проблем, требующих решения:

- совершенствование методов и приемов рудоподготовки;
- минимизация потерь фильтруемости материала и материальных ресурсов путем разработки новых методов укладки рудных штабелей;

- повышение надежности и технологичности сборных коллекторов и гидроизолированных оснований;

- разработка новых эффективных и недорогих методов обезвреживания и рекультивации отработанных рудных штабелей.

Основным применяемым в кучном выщелачивании компонентом, который представляет опасность с точки зрения нанесения ущерба окружающей природной среде, является цианид и его соединения. Для защиты природных вод от загрязнения цианидом во время и после прекращения эксплуатационного периода установки КВ организуются с учетом полного предотвращения инфильтрации растворов, содержащих токсичные вещества. С этой целью штабель агломерированной руды укладывают на специально подготовленное основание, являющееся экраном для цианистых растворов и препятствующее их попаданию в почву и водные горизонты.

Для промышленного применения разработаны и рекомендованы три основных метода КВ, отличающихся между собой организацией основных и вспомогательных работ, конструкцией гидротехнических сооружений промышленного комплекса и характером общинженерных мероприятий.

1. Строительство долговременных площадок многоразового использования из твердых гидроизоляционных покрытий, способных выдерживать возникающие рабочие давления от складированного штабеля и от погрузочно-разгрузочных механизмов и транспортных средств. Данный метод может быть реализован на ограниченном по площади участке земли с использованием высокопрочного гидроизоляционного основания из бетона или асфальта. Его преимущества состоят в меньших размерах технологических емкостей из-за ограниченной площади куч, подвергаемых цианистому выщелачиванию, двойной переработке рудной массы (загрузка, выгрузка) и относительно короткого и постоянного по времени цикла выщелачивания.

2. Строительство гидроизоляционных площадок однократного использования из мягких изолирующих покрытий (полиэти-

леновые или поливинилхлоридные пленки, листовая резина) в сочетании с глинистой изоляцией или без нее при наличии естественного водоупора толщиной не менее 1 м. Набор технологического оборудования остается таким же, как и в первом варианте.

В этом случае выщелаченная и обезвреженная руда остается на месте переработки. При этом отпадает необходимость в сооружении и эксплуатации хвостохранилища. Затраты на строительство гидроизоляционных площадок должны быть минимальными (из пригодных местных глин в сочетании с полимерным покрытием или без такового).

3. Дамбовое выщелачивание, при котором руда укладывается перед удерживающим сооружением, имеющим вид дамбы. Большая часть руды нижележащего слоя выщелачивается во время последующего выщелачивания. После выщелачивания руды осуществляется дренаж растворов и складирование свежей руды. По окончании выщелачивания хвосты обезвреживают и рекультивируют, подобно отвалам пустой породы. Метод может использоваться там, где рельеф местности имеет крутой угол уклона. Метод применим в широком диапазоне климатических условий и приспособлен к длительному периоду выщелачивания (до нескольких лет) [3].

Строительство гидроизоляционных оснований, а также разработка новых, экологически безопасных и недорогих изоляционных материалов при закладке рудных штабелей КВ, является важнейшим аспектом организации производственного проекта.

На данный момент в мире существует три типа изоляционных оснований для КВ: одинарные (глина, бетон, пленка, асфальт), двойные (пленка и глина; пленка, дренаж и глина; асфальт, дренаж, глина или пленка) и тройные (пленка, глина, дренаж и глина; пленка, дренаж, пленка, глина; пленка, дренаж, глина, дренаж, глина).

В настоящее время современные лидеры по добыче и переработке золотоносных руд все чаще отказываются от использования безпленочных типов оснований, ввиду их сравнительно низких противотраци-

онных показателей по сравнению с изолирующими основаниями с использованием полимерных пленок, так называемых геомембран. Геомембраны изготавливают из полиэтилена высокой и низкой плотности с добавлением ряда присадок: сажи, антиокислителей и стабилизаторов высоких температур. В зависимости от состава сырья различают полимерные геосинтетические мембраны (PVC, PIB, ECB, CPE), глиняно-геосинтетические мембраны и битумно-геосинтетические мембраны (GSB).

Важную роль играет вид задействованного в производстве полиэтилена. Различают три основных класса геомембран:

- HDPE на основе полиэтилена высокой плотности характеризуется высокой прочностью. Она находит применение при строительстве полигонов твердых, жидких бытовых и промышленных отходов, гидроизоляционного и антикоррозийного покрытия бетонных, кирпичных, металлических и прочих поверхностей;

- LDPE на основе полиэтилена низкой плотности обладает высокой эластичностью. Сфера применения – строительство зданий и сооружений на неустойчивых грунтах, локализация свалок, рекультивация полигонов твердых бытовых и промышленных отходов;

- EPDM на основе синтетического каучука наивысшей эластичности, используют в качестве гидроизоляционного материала для создания водоемов, каналов, тоннелей, полигонов ТБО, навозохранилищ, в строительстве для гидроизоляции крыш и фундаментов.

Геомембраны в настоящее время не имеют аналогов, но при всех достоинствах, они имеют ряд недостатков: низкую устойчивость к химикатам, высокую чувствительность к деформациям, необходимость отставания перед переходом к другим фазам строительства, низкую ремонтпригодность и высокую стоимость

Недостатки используемых в настоящее время изоляционных материалов определяют необходимость и актуальность работы в направлении исследования и разработки новых, экологически безопасных и экономиче-

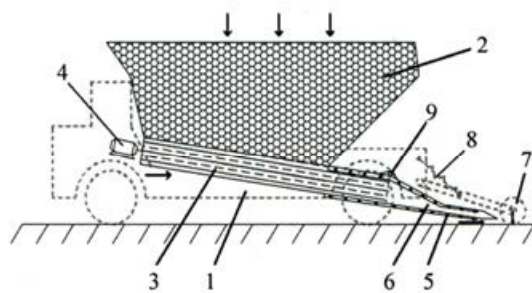
ски эффективных материалов, а также технологии их нанесения при подготовке площадок (КВ, ТБО).

В связи с этим целью исследования является разработка и практическая апробация нового изоляционного материала для снижения техногенной нагрузки на природную среду при КВ на основе отходов полиэтилена и полипропилена в оплавленном совместно с подстилающими грунтами состоянии.

Для достижения поставленной цели было решено разработать технологию, которая позволит повысить надежность экранирующего слоя из отходов полиэтилена и полипропилена в оплавленном совместно с грунтами состоянии за счет приготовления покрытия требуемой толщины непосредственно в месте укладки. Создана теоретическая модель самоходного устройства для нанесения противодиффузионного покрытия (см. рисунок).

С использованием такой технологии полностью исчезнет необходимость в сшивании покрытия, так как герметизация швов будет осуществляться взаимным наложением слоев на ширину до 15 см с последующим механическим склеиванием.

Для достижения необходимого результата температура нагревания отходов полиэтилена и полипропилена должна достигать 2500 °С, что как предполагается, позволит



Устройство для нанесения противодиффузионного покрытия

1 – самоходное шасси с силовой установкой; 2 – бункер для загрузки сырьевых компонентов (отходов полиэтилена и полипропилена); 3 – шнековый механизм подачи гранул в нагреватель, 4 – регулирующий двигатель; 5 – нагреватель; 6 – выстилающий механизм экструдерного типа; 7, 8 – уплотняющий механизм, включающий полый охлаждаемый вал (7) и упругий регулируемый элемент (8); 9 – шарнирные соединения, позволяющие изменять ширину обработки в интервале 1-2,5 м и толщину формируемого покрытия в интервале 0,5-4 см

получить гарантируемый прогрев исходного материала и равномерность нанесения покрытия.

Устройство для нанесения противofильтрационного покрытия позволит полностью механизировать процесс нанесения полимерного гидроизоляционного покрытия на уплотненный грунт, объединяя в себе механизмы подачи смеси гранулированных отходов полиэтилена и полипропилена, нагревания смеси, а также выстипания и уплотнения полимерного состава.

Для производственной реализации данной технологии необходимо проведение в лабораторных условиях исследования динамики изменения свойств изоляционного материала и его прочностных характеристик, подбор необходимых присадок и их процентного соотношения в готовом материале, аналоговое и числовое моделирование и обработка результатов исследований на ЭВМ с использованием специализированных программных пакетов.

Возможности применения данного устройства обширны и могут иметь место на объектах горно-добывающей, горно-перерабатывающей отраслей, а также для изоляции полигонов складирования ТБО.

Положительные результаты лабораторных и опытно-промышленных исследований

позволят достичь следующих целей при внедрении в практику:

- снизить антропогенную нагрузку на компоненты ОС;
- вовлечь в переработку отходы полиэтилена и полипропилена, внося вклад в развитие переработки образующихся бытовых отходов на территории РФ.

Работа выполнена в Центре коллективного пользования научным оборудованием Горного университета при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Борисков Ф.Ф.* Кучное выщелачивание золота в России // Изв.вузов. Горный журнал. Уральское горное обозрение «Техногенные месторождения и их переработка». 1997. № 11-12. С.193-198.
2. Кучное и подземное выщелачивание металлов / Под ред. С.Н.Волощука. М., 1982. 243 с.
3. *Мосинец В.Н.* Геотехнологические методы добычи цветных и редких металлов // Цветная металлургия. 1992. № 2. С.24-30.

REFERENCES

1. *Boriskov F.F.* Heap leaching of gold in Russia // Proceedings of Institute of Higher education. Mining Journal. Ural Mining Review «Waste deposits and processing». 1997, N 11-12. P.193-198.
2. Heap leach and underground metal / Ed. S.N.Voloshchuk. Moscow, 1982. 243 p.
3. *Mosinets V.N.* Geotechnological mining methods ferrous and rare metals // Non-ferrous metals. 1992. N 2. P.24-30.

М.А.ПАШКЕВИЧ, *д-р техн. наук, профессор, mpash@spmi.ru*

М.Ш.БАРКАН, *канд. техн. наук, доцент, barkan-msh@spmi.ru*

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

Ф.С.НАЧЕВКИН, *начальник отдела охраны природы ОАО «Апатит», fnachevkin@phosagro.ru*
ОАО «Апатит», Кировск

M.A.PASHKEVICH, *Dr. in eng. sc., professor, mpash@spmi.ru*

M.Sh.BARKAN, *PhD in eng. sc., associate professor, barkan-msh@spmi.ru*

National Mineral Resources University (Mining University), Saint Petersburg

F.S.NACHEVKIN, *the chief of the nature protection department of JST «Apatit», fnachevkin@phosagro.ru*
JST «Apatit», Kirovsk

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОЧИСТКИ СБРОСНЫХ ВОД НА АПАТИТ-НЕФЕЛИНОВОЙ ФАБРИКЕ № 2

Открытое акционерное общество «Апатит» – крупнейший мировой производитель фосфатного сырья для производства минеральных удобрений. На обогатительной фабрике АНОФ-2 осуществляется переработка руды и получения апатитового и нефелинового концентратов. На сегодняшний день остро встала проблема дополнительной очистки сбрасываемой фабрикой в водные объекты промышленной воды при совместном присутствии в стоках нитритов, фторидов, фосфатов, алюминия, молибдена, концентрации которых превышают установленные нормативы.

Снижения количества сбрасываемых веществ можно достичь, используя фильтры тонкой очистки промышленной воды, фильтровальный материал которых изготовлен из синтетического волокна фрактальной структуры. Применение подобной фильтр-системы позволит добиться снижения ущерба окружающей среде и сократить выплаты предприятия за сброс загрязняющих веществ.

Ключевые слова: очистка промышленной воды, фильтры тонкой очистки, окружающая среда.

THE IMPROVEMENT OF THE WASTEWATER TREATMENT SYSTEM AT THE APATITE-NEPHELINE FACTORY N 2

Joint Stock Company «Apatit» is the world's largest producer of phosphate raw materials for the production of mineral fertilizers. The processing of ore and obtaining of apatite and nepheline concentrates are carried out at the ore treatment factory ANOF-2.

Nowadays there is an acute problem of additional wastewater treatment in concert with the presence of nitrites, fluorides, phosphates, aluminum and molybdenum in flows the concentrations of which exceed the established standards.

Using the fine cleaning filters, the filter material of which is made of synthetic fibers, the quantity of waste substances dropped into the water can be reduced. The using of such filter system will allow decreasing the damage to the environment and reducing the enterprise payouts for the discharge of pollutants.

Key words: industrial water purification, fine cleaning filters, environment.

ОАО «Апатит» осуществляет разработку Хибинских месторождений апатит-нефелиновых руд, производит их добычу и обогащение и входит в число крупнейших мировых производителей фосфатного сырья для производства минеральных удобрений.

Доля предприятия по выпуску апатитового концентрата в России составляет 85 %. В эксплуатации находятся шесть месторождений, переработка руды осуществляется на обогатительных фабриках АНОФ-2 и АНОФ-3.

Апатит-нефелиновая фабрика АНОФ-2 предназначена для переработки апатит-нефелиновой руды с содержанием P_2O_5 от 10 до 14 %, максимальной крупности рудного блока до 1000 мм и получения апатитового концентрата с содержанием P_2O_5 39,0-39,4 %, а также нефелинового концентрата с содержанием Al_2O_3 28,5 %.

В настоящее время производственные возможности АНОФ-2 по переработке руды составляют 27,5 млн т, что дает возможность выпустить 8,7 млн т апатитового концентрата в год.

Комплекс основных производственных сооружений, обеспечивающих получение указанных объемов по переработке руды и получению апатитового концентрата, включает в себя четыре технологических системы дробления, 27 мельнично-флотационных секций и 14 секций фильтрации и сушки.

Основные подразделения фабрики следующие:

- дробильное отделение;
- мельнично-флотационное отделение;
- фильтровально-сушильно-пылеулавливающее отделение;
- нефелиновое отделение;
- отделение погрузки;
- отделение хвостового хозяйства.
- вспомогательные участки:

На предприятии остро стоит проблема дополнительной очистки сбрасываемых промышленных вод при совместном присутствии в стоках нитритов, фторидов, фосфатов, алюминия, молибдена, концентрации которых превышают установленные нормативы НДС и фоновые показатели для водоема рыбохозяйственного значения. Сброс недостаточно очищенной воды производится из вторичного отстойника хвостового хозяйства фабрики в р. Белую.

Хвостовое хозяйство АНОФ-2 – комплекс сооружений систем гидравлического транспорта хвостов, их складирования в хвостохранилище, оборотного водоснаб-

жения, сбора и отвода фильтрационных вод, ограждающих и намывных дамб.

Отделение хвостового хозяйства объединяет в себе хвостохранилище – первичный отстойник, Сейдозеро – вторичный отстойник, аварийный бассейн, насосные станции, пульповоды, водоводы, узлы пылеподавления, дороги и коммуникации к ним.

Жидкая фракция хвостов обогащения после отстоя в пруде основного поля хвостохранилища через насосную станцию оборотной воды подается в технологический цикл фабрики и частично поступает во вторичный отстойник (Сейдозеро). Стоки после дополнительного осветления сбрасываются в канал р. Белой и далее в губу Белую оз. Имандра.

По проведенному биологическому тестированию хвосты обогащения отнесены к V классу опасности (практически неопасные отходы).

Количество сбрасываемой воды колеблется в пределах 15-21 млн m^3 в год и зависит от объемов и стабильности работы фабрики, а также естественных водопритоков, поступающих во вторичный отстойник. Количество промстоков от АНОФ-2 в 2010 г. составило 19,4 млн m^3 , что оказалось на 7,5 % меньше разрешенного лимита (21 млн m^3).

Для лучшего осветления стоков во вторичный отстойник подается водный раствор флокулянта ВПК-402 (в трубопровод на выходе стоков с основного поля хвостохранилища) концентрацией 0,5 мг/л. При отрицательных температурах раствор готовится с добавлением $CaCl_2$, при минус 20 °С и ниже на чистом $CaCl_2$.

Сброс взвешенных веществ в р. Белую 2010 г. превысил ПДК в 5 раз, за что предприятие было оштрафовано. Тем не менее замеры на городском водозаборе, расположенном ниже по течению реки, показали, что превышения ПДК по взвесям (и по всем остальным ЗВ) отсутствовали.

Поступление отходов с АНОФ-2 в окружающую среду оказывает негативное влияние на экосистему. Проблема усугубляется тем, что значительно ужесточились требования к качеству сбросов, содержащих

загрязняющие вещества, со стороны природоохранных организаций.

Для решения задачи по достижению нормативов необходимо многократно снизить количество сбрасываемых вредных веществ, чего можно достичь, используя фильтры тонкой очистки технической и промышленной воды которые выпускаются рядом промышленных предприятий.

Промышленные фильтры тонкой очистки воды обеспечивают удаление из стоков механических и коллоидных примесей с размерами частиц 0,2-0,5 мкм и более и используются для тонкой очистки технических стоков различного происхождения.

Принцип действия фильтров (рис.1) основан на том, что исходная вода поступает через входной патрубок 1 в корпус фильтра 2, внутри которого concentрически расположен каркас 3 с фильтровальным материалом 4. Вода проходит через фильтровальный материал и выводится из фильтра через выходной патрубок 5. При этом частицы взвешенных веществ и соединений железа (III) задерживаются фильтровальным материалом.

Фильтровальный материал имеет фрактальную структуру, построенную из нескольких слоев геометрически подобных волокон уменьшающихся размеров. За счет оптимальной структуры фильтровальный материал обеспечивает эффективную очистку воды сначала от крупных, а затем от мелких и коллоидных частиц загрязнений. Частицы загрязнений распределяются в объеме фильтровального материала, вследствие чего продлевается интервал между промывками фильтра. В случае затрудненного движения воды через фильтр или повышенного перепада давления на фильтре его необходимо промыть встречным потоком воды.

Структура фильтровальных материалов (рис.2) образована волокнами нескольких размерных фракций. Эти волокна являются геометрически подобными, причем от фракции к фракции их длина и толщина уменьшаются в геометрической прогрессии, а количество волокон каждой фракции возрастает также в геометрической прогрессии.

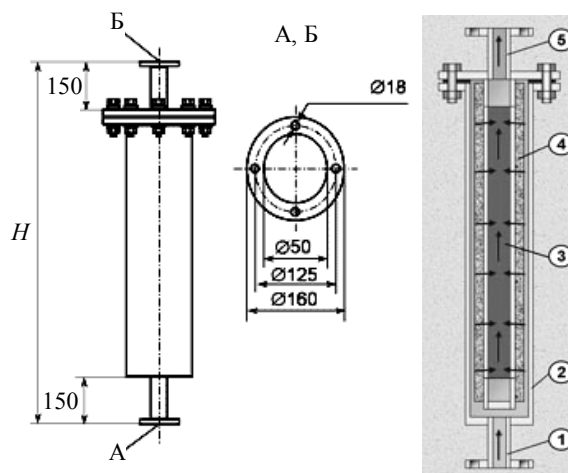


Рис.1. Фильтр тонкой очистки ФТВА

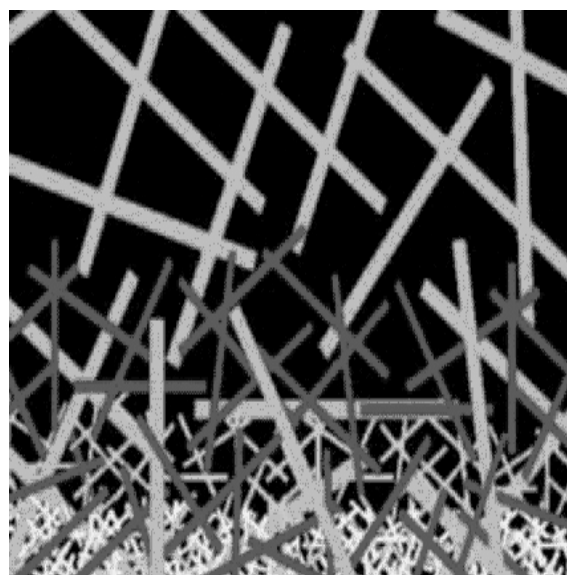


Рис.2. Схема структуры фильтровального материала

Благодаря такой структуре фильтровальные материалы отличаются высокой эффективностью фильтрования (см.таблицу) и низким гидравлическим сопротивлением.

Основные технические характеристики фильтровального материала «Тефма» фильтров для воды ФТВА Удмуртского предприятия «Фрактал» следующие:

Пропускная способность, м	$2 \cdot 10^{-9}$
Тонкость отсева, мкм, не более:	
номинальная (коэффициент отсева 96 %)	10,0
средняя (коэффициент отсева 50 %)	4,0
Сопротивление продавливанию, МПа, не менее	0,2
Поверхностная плотность, г/м ²	950 +/- 300
Размеры листов, мм	900x1000
Толщина, мм	6 +/- 2
Влажность кондиционная, %	15

Эффективность очистки

Загрязнитель	Содержание в сточных водах, мг/л		Эффективность очистки, %	Организация (лаборатория), проводившая испытания
	до очистки	после очистки		
Взвешенные вещества	240,0	4,0	98,330	Тверской университет
Железо	843,8	1,8	99,787	Ижевский радиозавод
Никель	58,1	0,005	99,991	То же
Хром (общий)	237,5	0,042	99,982	« «
Цинк	34,3	0,17	99,504	« «
Медь	228,6	0,19	99,917	« «
Нефтепродукты	40,0	2,5	93,750	СЭС Тверской области
Тетраэтилсвинец	0,016	0,001	93,750	СЭС Тверской области

Агрегируя фильтры в блоки, можно получить фильтры тонкой очистки воды любой необходимой производительности. Технические характеристики фильтра ФТВА:

Условный проход, мм	65
Производительность, м ³ /ч, не менее	10
Предельно допустимый перепад давления, МПа, не более	0,5
Эффективность очистки воды:	
от взвешенных частиц размером 5 мкм и более, %, не менее	95
от соединений железа (III)	95
Габаритные размеры, мм, не более:	
Диаметр	280
Высота	2030
Масса, кг, не более	75
Грязеемкость элементов по взвешенным веществам, не менее, кг	8,0
Рабочее положение	Не регламентируется
Присоединение	Фланцевое
Способ очистки	Промывка обратным потоком

В связи с тем, что положение фильтров не влияет на его работу, для уменьшения

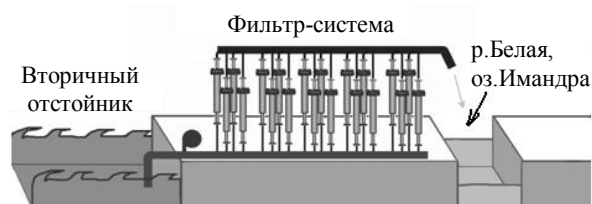


Рис.3. Схема расположения станции фильтрования

площади более приемлемо их вертикальное размещение (рис.3). Такое положение также удобно для смены фильтровального материала посредством использования потолочной кран-балки, которая позволит приподнимать головку фильтра после разборки фланцевого соединения. Таким образом, очевидна целесообразность применения подобной фильтр-системы, которая дала бы возможность добиться снижения ущерба окружающей среде и позволила бы предприятию сократить выплаты за сброс загрязняющих веществ.

М.А.ПАШКЕВИЧ, *д-р техн. наук, профессор, mpash@spmi.ru*

И.А.ГОЛУБЕВ, *аспирант, vano2m@rambler.ru*

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

M.A.PASHKEVICH, *Dr. in eng. sc., professor, mpash@spmi.ru*

I.A.GOLUBEV, *post-graduate student, vano2m@rambler.ru*

National Mineral Resources University (Mining University), Saint Petersburg

ТЕХНОЛОГИЯ ДВУХСТУПЕНЧАТОЙ ОЧИСТКИ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ ПЛАСТОВЫХ ВОД

Практикуемые методы водоподготовки не обеспечивают необходимого качества закачиваемой в пласт воды. Повсеместно на промыслах наблюдается эффект постепенного снижения уровня нефтеотдачи. Причин может быть много, как технологических, так и геологических. Одна из основных – закачка недостаточно чистой воды, что вызывает коагуляцию пор, каналов и трещин.

Ключевые слова: водоподготовка, коагуляция пор, снижение нефтеотдачи, очистка воды от нефти.

TWO-STAGE CLEANING TECHNOLOGY WATER OUT FROM OIL

Existing methods of water treatment do not provide the required quality of water injected into formation. Everywhere in the fields is observed gradual effect ions reduce oil output. The reasons can be a lot of both technological and geological. One of the main - is injected is not enough pure water, which causes mudding pores, channels and cracks.

Key words: water treatment, mudding pores, oil decrease, cleaning water out from oil.

Нерациональное использование природных ресурсов – одна из основных экологических проблем современной нефтяной промышленности. В частности, возникают проблемы с утилизацией пластовых вод. В настоящее время основным способом добычи нефти остается система, основанная на искусственном заводнении коллекторов. По этой системе водонефтяная эмульсия с куста скважин поступает на автоматические групповые замерные установки, затем по отводящим трубопроводам подается на установку предварительного сброса воды с последующей перекачкой нефти на установку подготовки нефти. Сбрасываемая вода перекачивается на блочные кустовые насосные станции, откуда закачивается в пласт для поддержания пластового давления, в случае

удовлетворения требованиям закачки [1]. Тем не менее вода, закачиваемая в пласт, как правило не соответствует качеству, регламентированному ОСТ 39-225-88.

Результат воздействия на пласт недостаточно чистой водой, с содержанием нефтепродуктов и количественно взвешенных частиц (КВЧ), большим, чем это необходимо, вызывает падение уровня добычи нефти. Причины понижения нефтеотдачи пласта кроются в снижении проницаемости пористой среды, вызванной коагуляцией пор, каналов и трещин, снижением приемистости нагнетательных скважин. Таким образом, нефть может быть вытеснена из пласта водой только тогда, когда вода имеет возможность проникнуть в поровое пространство нефтесодержащих пород. Если же вода бу-

дет недостаточно чистой, то поры закольматируются содержащимися в воде механическими примесями, коллоидными соединениями, солевыми отложениями, что вызовет ухудшение коллекторских свойств пласта. Таким образом, использование неочищенной воды ведет к большим ущербам, если рассматривать эту проблем в долгосрочной перспективе.

Существующие методы очистки нефтепромысловых сточных вод подразделяют на физические и химические. К первым относятся методы отстаивания и флотации, ко вторым – воздействие реагентами. К сожалению, на практике оба метода не позволяют довести воду до необходимого качества. Целью проводимых исследований является разработка и апробация новой технологии водоочистки, внедрив которую, можно добиться значительного повышения качества закачиваемой в пласт воды. Принцип действия технологии основан на совместной работе установки, генерирующей переменное магнитное поле низкой частоты и отстойника.

Решение совместить две разные по механизму действия технологии основано на анализе положительных результатов проведенных исследований по разделению водонефтяной эмульсии.

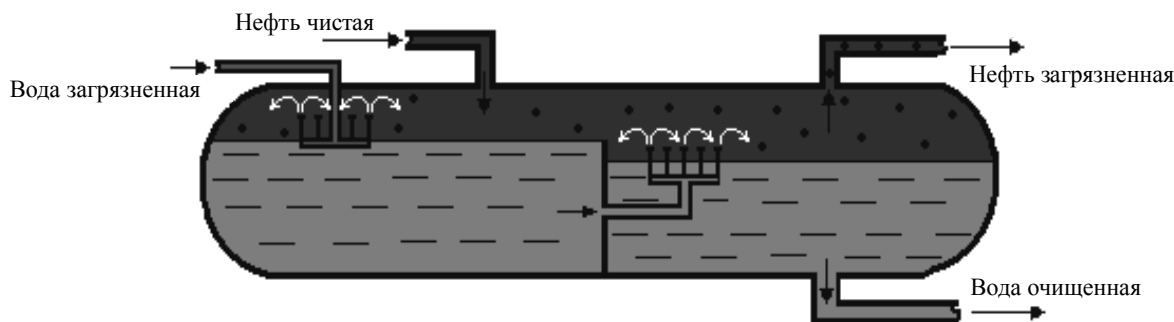
Обработка водных систем магнитным полем – одно из наиболее перспективных направлений в науке. Достаточно широко применяемая в различных областях промышленности магнитная обработка до настоящего времени так и не получила широкого применения в области очистки сточных вод, несмотря на то, что исследования по воздействию магнитного поля на водонефтяную эмульсию ведутся достаточно давно. В нефтяной промышленности обработка обводненной нефти магнитным полем применяется для уменьшения асфальтосмолопарафиновых отложений (АСПО) и солей на стенках насосно-компрессорных труб, выкидных линий, сборных коллекторов, насосов и нефтепромыслового оборудования [3, 4]. Однако, все перечисленные методы воздействия магнитного поля на промышленные жидкости чаще всего основываются на применении постоянных магнитов. Известны исследования по влиянию переменного

магнитного поля низкой частоты на устойчивость водонефтяной эмульсии. В ходе одного из таких исследований было установлено визуальное разделение эмульсии по фракциям [2]. Авторы полагают, что это связано с применением магнитного поля, которое вызывает поляризацию капелек воды и их взаимное притяжение, что приводит к значительному ускорению коагуляции и коалесценции капелек воды и их быстрому отстою.

По результатам изучения воздействия магнитного поля на устойчивые нефтяные эмульсии было сделано предположение о возможности получения положительного эффекта, применив данный метод для очистки воды. Технический результат предлагаемого изобретения заключается в предложении комплексной установки по двухступенчатой очистке вод от пластовых флюидов для системы поддержания пластового давления.

Установка состоит из магнитного устройства, генерирующего переменное магнитное поле низкой частоты и отстойника. Магнитное поле в этом случае выполняет роль ускорителя естественного разделения водонефтяных эмульсий на их составляющие ингредиенты после обработки, при отстое. В качестве отстойного оборудования предполагается использовать отстойник с гидрофобным фильтром (см. рисунок), который является наиболее эффективным оборудованием, совмещающим в себе простоту конструкции с технологической эффективностью.

Принцип гидрофобного фильтра основан на применении гидродинамических эффектов и предусматривает использование в качестве адсорбционной среды нефть. Пропуская очищаемую сточную воду через сплошную среду гидрофобного фильтра с определенной скоростью, можно получить воду высокого качества. Достижимый эффект основан на использовании явлений жидкостной адгезии при контакте частиц одинаковой полярности с нефтяной средой. Размеры очищаемых капелек воды, пропускаемых через гидрофобный фильтр, подбираются так, чтобы время оседания капли через гидрофобный слой было больше суммы двух слагаемых: времени перехода частиц



Отстойник с гидрофобным фильтром

нефти, заключенных в капле воды, на ее поверхность и времени перехода нефтяной пленки с этой поверхности в состав жидкостного фильтра. Качество сточных вод при этом оказывается высоким и характеризуется низким остаточным содержанием нефтепродуктов, достигнуть которого на твердых фильтрах самых современных конструкций практически невозможно. Критическая толщина гидрофобного фильтра зависит от размеров частиц эмульгированной нефти и капель воды.

Разработанная технология двухступенчатой очистки нефтесодержащих пластовых вод позволяет получать воду на выходе из установки с остаточным содержанием нефтепродуктов до 10 мг/л, не загрязнять поры пласта и тем самым избавиться от необходимости постоянного повышения давления нагнетания, повысить качество нефти и не загрязнять поры пласта кольматированными в воде механическими примесями.

Работа выполнена в Центре коллективного пользования научным оборудованием Горного университета при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Байков Н.М. Сбор и промысловая подготовка нефти, газа и воды / Н.М.Байков, Г.Н.Позднышев, Р.И.Мансуров. М., 1981. 261 с.
2. Валеев М.Д. Исследование влияния переменного магнитного поля низкой частоты на устойчивость водонефтяных эмульсий / М.Д.Валеев, В.Ф.Голубев, М.В.Голубев // Нефтяное хозяйство. 2001. № 11. С.37-39.
3. Инюшин Н.В. Магнитная обработка промысловых жидкостей / Н.В.Инюшин, Л.Е.Каштанова, А.Б.Лаптев. Уфа, 2000. 58 с.
4. Шаммазов А.М. Физико-химическое воздействие на перекачиваемые жидкости / А.М.Шаммазов, Ф.Р.Хайдаров, В.В.Шайдаков. Под ред. Е.И.Ишемгужина. Уфа, 2003. 187 с.

REFERENCES

1. Baikov N.M., Pozdnyshv G.N., Mansurov R.I. Data collection and field treatment of oil, gas and water. Moscow, 1981. 261 p.
2. Valeev M.D., Golubev V.F., Golubev M.V. Investigation of the effect of alternating magnetic field of low frequency on the stability of oil-water emulsions // Oil Industry 2001. N 11. P.37-39.
3. Inyushin N.V., Kashtanova L.E., Laptev A.B. Magnetic treatment and other commercial liquids. Ufa, 2000. 58 p.
4. Shammazov A.M., Khaidarov FR, Shaydako V.V. Physico-chemical effect on the re-distribute the liquid / Ed. E.I.Ishemguzhina. Ufa, 2003. 187 p.

М.А.ПАШКЕВИЧ, *д-р техн. наук, профессор, mpash@spmi.ru*

И.Р.ЛЕВЧУК, *аспирант, irina.levchuk@inbox.ru*

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

M.A.PASHKEVICH, *Dr. in eng. sc., professor, mpash@spmi.ru*

I.R.LEVCHUK, *post-graduate student, irina.levchuk@inbox.ru*

National Mineral Resources University (Mining University), Saint Petersburg

ОЦЕНКА И СНИЖЕНИЕ НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НАМЫВНЫХ МАССИВОВ УГЛЕДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ НА ПРИРОДНУЮ СРЕДУ

На сегодняшний день на территории Кемеровской области ведется активная добыча полезных ископаемых, что является одним из основных источников негативного воздействия на компоненты окружающей природной среды. В данной работе рассмотрены экологические проблемы, вызванные угледобывающей и углеперерабатывающей отраслями промышленности, являющиеся приоритетными в данном регионе. Также в работе представлены результаты аналитического исследования отходов одного из ведущих угледобывающих предприятий России и возможные пути их утилизации.

Ключевые слова: угледобыча, экологические проблемы, техногенные массивы, аналитическое исследование, утилизация.

HYDRAULICKING ANTHROPOGENIC MASSIFS ASSESSMENT AND MITIGATION OF NEGATIVE EFFECT TO THE ENVIRONMENT

Nowadays Kemerovo Region is known to be under active mining, which is one of the main sources of negative impact to the environment. In this paper environmental issue caused by coal mining and coal processing which are priority industries in the region are considered. Results of analytical studies of waste obtained from leading Russian coal producer and possible ways of their utilization are presented in the paper as well.

Key words: coal mining, environmental problems, anthropogenic massifs, analytical study, utilization.

В Российской Федерации расположено более трети мировых запасов угля, хотя по объему добычи угля Россия занимает пятое место в мире после таких стран как КНР, США, Индия и Австралия. Важнейшим угледобывающим регионом России и одним из крупнейших в мире является Кузнецкий угольный бассейн, на долю которого приходится около 40 % ежегодно добываемого каменного угля в нашей стране и более 60 % коксующегося.

Добыча угля сопровождается изъятием земель сельскохозяйственного и лесохозяй-

ственного назначения, преобразованием рельефа местности, изменением водосборной поверхности и гидрологического режима рек, загрязнением подземных и поверхностных водотоков. Однако одной из основных проблем является накопление огромного количества отходов. При добыче угля открытым способом на 1 т угля приходится 4 т вскрышных пород, а при шахтной разработке на 1 т угля образуется 200-300 кг вмещающей породы и столько же отходов обогащения [1]. Складирование отходов угледобычи и углепереработки приводит к

загрязнению приземных слоев атмосферы, поверхностных водотоков, подземных вод, а также почвенно-растительного покрова. Эти данные подтверждаются и в государственном докладе «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации». Так, на 2009 г. уровень загрязнения атмосферного воздуха в основных промышленных городах Кемеровской области оценивался как высокий (рис.1). Значительный вклад в загрязнение воздушного бассейна вносит угледобывающая промышленность, которая является приоритетной отраслью в Кемеровской области.

Вода самой крупной реки Кемеровской области – Томи – характеризуется как загрязненная, а в створе ниже г. Новокузнецка и Беловского водохранилища как очень загрязненная. Качество воды в поверхностных водотоках напрямую зависит от степени очистки сбрасываемых сточных и ливневых вод. По данным государственного доклада «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации», в 2009 г. объем сброса сточных вод в поверхностные водотоки составил 2069,08 млн м³, в том числе 745,70 млн м³ загрязненных сточных вод, 7,73 млн м³ нормативно очищенных сточных вод (рис.2).

Кемеровская область занимает первое место в нашей стране по объему образования отходов, причем основной объем отходов образуется всего на нескольких предприятиях: ОАО «Угольная компания «Кузбассразрезуголь» (842,8 млн т), ОАО «Угольная компания «Южный Кузбасс» (173,6 млн т), ЗАО «Черниговец» (105,7 млн т) и ОАО «Междуречье» (102,2 млн т). Насыпные техногенные массивы, образующиеся в результате деятельности угледобывающих предприятий, составляют основной объем отходов Кемеровской области. В большинстве случаев такой вид отходов относится к V классу опасности.

Таким образом, рост добычи и переработки угля, наблюдаемый в последние годы, приводит к ряду негативных последствий, формирующих значительную техногенную нагрузку на окружающую природную среду, что, в конечном счете, ведет к повышению заболеваемости населения.

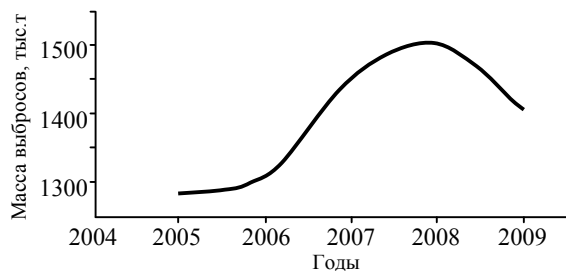


Рис.1. Динамика выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных источников, тыс.т

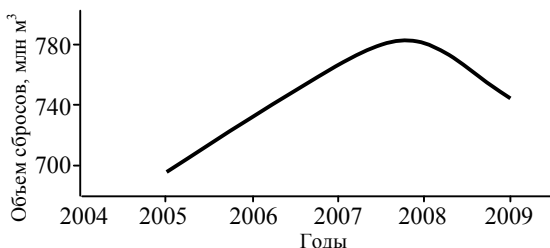


Рис.2. Динамика сброса загрязненных сточных вод в поверхностные водотоки Кемеровской области

В работе представлены результаты исследования техногенных массивов, расположенных на территории одного из ведущих предприятий России, занимающегося добычей и переработкой угля в Кузнецком угольном бассейне уже более 40 лет. На сегодняшний день на территории земельного отвода предприятия сформировались насыпные и намывные техногенные массивы, в которых накоплено ценное и до настоящего времени не утилизируемое минеральное сырье. С целью снижения негативного воздействия намывных массивов на природную среду путем разработки рациональной схемы по утилизации шламов углеобогащения были проведены исследования вещественного состава шламов.

Пробы шлама были отобраны из старых и новых шламонакопителей и законсервированы концентрированной соляной кислотой. Исследования твердой и жидкой фазы шламов проводились при помощи современных аналитических методов (табл.1, 2). Для анализа жидкой фазы шламов углеобогащения применялись методы ионообменной хроматографии и атомной эмиссионной спектроскопии с индукционно связанной плазмой (ICP), в то время как твердая фаза была проанализирована при помощи метода рентгенофлуоресцентной спектроскопии. В ходе

Таблица 1

**Результаты анализа вещественного состава твердой фазы шламов углеобогащения,
% для сухого состояния проб**

Элемент	Проба									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Si	4,19	4,61	6,77	11,97	4,80	4,11	4,03	3,88	5,10	5,56
Al	2,03	2,05	2,74	4,61	2,18	1,09	1,91	1,84	2,32	2,43
S	0,96	1,02	1,09	1,42	1,13	1,03	1,12	1,04	0,95	0,97
Ca	1,01	0,66	0,82	2,04	1,25	0,90	1,03	1,01	1,24	1,28
Fe	1,59	3,69	6,75	7,04	1,79	1,31	1,37	1,48	4,25	4,98
Mg	0,15	0,11	0,14	0,29	0,12	0,093	0,12	0,11	0,15	0,15
Na	0,10	0,13	0,16	0,28	0,16	0,14	0,15	0,14	0,18	0,19
K	0,24	0,31	0,45	1,09	0,28	0,21	0,23	0,23	0,33	0,36
Cu	0,0035	0,0048	0,0060	0,0096	0,0066	-	-	0,0037	0,0058	0,0051
Mn	0,022	0,015	0,067	0,098	0,023	0,013	0,018	0,021	0,028	0,031
Zn	0,0051	0,0046	0,0067	0,014	0,0066	0,0072	0,0058	0,0061	0,0056	0,0078

Таблица 2

Результаты анализа вещественного состава жидкой фазы шламов углеобогащения, мг/л

Элемент	Проба									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1
Na	69,38	110,53	58,53	72,74	70,43	91,08	71,32	62,82	63,38	51,53
K	4,04	4,05	4,58	4,17	4,33	3,95	8,73	3,33	4,35	3,93
Ca	-	116,10	71,66	132,11	122,95	148,75	85,51	84,48	124,93	-
Mg	49,07	61,54	32,59	47,78	44,57	57,64	50,55	44,46	50,64	26,38
Cd	0,01	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-
Cu	0,05	0,03	0,02	0,05	0,02	-	-	0,05	0,06	-
Fe	0,48	0,35	0,25	1,17	0,94	0,27	0,61	0,82	0,43	0,62
Mn	0,03	0,03	0,07	0,11	0,12	0,39	0,03	0,06	0,38	0,05
Zn	0,02	0,01	-	0,02	0,02	0,04	0,02	0,02	0,04	0,07
Cl	-	-	-	-	-	-	121,29	-	-	141,06
SO ₄	415,75	226,18	293,50	310,80	277,42	345,37	264,95	61,25	3,49	272,36

пробоподготовки твердая фаза была отфильтрована, высушена, измельчена и после предварительного прессования проанализирована на рентгенофлуоресцентном спектрометре XRF-1800 (метод полуколичественного анализа с расчетом по фундаментальным параметрам).

Фильтраты шламов углеобогащения были проанализированы на основные анионы и катионы методом ионообменной хроматографии, а также на тяжелые металлы методом атомной эмиссионной спектрометрии с индукционно связанной плазмой.

Как видно из полученных результатов, концентрация сульфатов в фильтрах шламов довольно высока. Концентрации тяжелых металлов незначительны, кобальт, никель и свинец в пробах обнаружены не были. Металлы, обнаруженные в твердой фазе шламов, не являются токсичными.

В результате проведенных исследований было установлено, что шламы углеобогащения являются специфическим видом отходов, обладающим высоким энергетическим потенциалом и относительно низкой токсичностью. Однако, несмотря на низкую токсичность, большие скопления данного вида отходов оказывают значительное негативное воздействие на компоненты окружающей природной среды. Поэтому на настоящий момент проблема утилизации отходов обогащения угля является весьма актуальной.

Существующие способы утилизации шламов углеобогащения можно разделить на пассивные и активные. Пассивными способами являются складирование и хранение отходов в хвостохранилищах и шламонакопителях различных типов. Подавляющее большинство применяемых на сегодняшний

день способов утилизации данного вида отходов можно отнести к пассивным. Термические способы утилизации шламов углеобогащения: сжигание, пиролиз, термолиз, газификация, катализ и т.д. – относят к активным способам утилизации шламов[3].

К сожалению, активные способы утилизации отходов углеобогащения не находят широкого применения в Российской Федерации в связи с нестабильностью физико-механических, химических и теплофизических свойств отходов, что, в свою очередь, не позволяет эффективно применять типовое оборудование других производств для переработки рассматриваемого вида отходов.

Тем не менее, шламы углеобогащения, представленные угольной пылью, могут быть использованы в качестве водоугольного топлива, представляющего собой дисперсную систему, состоящую из тонкоизмельченного угля (59-70 %), воды (29-40 %) и реагента-пластификатора (1 %) [4]. Значительным преимуществом использования шламов в качестве водоугольного топлива является тот факт, что данный вид топлива не требует специальной подготовки перед сжиганием и может использоваться сразу после приготовления [2]. В этой связи использование шламов углеобогащения при сжигании на котельных предприятия позволит решить актуальную задачу рационального использования минеральных ресурсов.

Работа выполнена в Центре коллективного пользования научным оборудованием Горного университета при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Арбузов С.И.* Редкие элементы в углях Кузнецкого бассейна / С.И.Арбузов, В.В.Ершов, А.А.Поцелуев, Л.П.Рихванов. Кемерово, 2000. 244 с.
2. *Овчинников Ю.В.* Искусственное композитное жидкое топливо из угля и эффективность его использования / Ю.В.Овчинников, С.В.Луценко // Новости теплоснабжения. 2006. № 4 (68). С.30-33.
3. *Парфенюк А.С.* Проблема создания промышленных агрегатов для утилизации твердых отходов. Возможности ее решения / А.С.Парфенюк, С.П.Веретельник, И.В.Кутняшенко // Кокс и химия. 1999. № 3. С.40-44.
4. *Rawlins D.C.* Low-rank coal-water fuel combustion in a laboratory-scale furnace / D.G.Rawlins, G.J.Germane, L.D.Smoot // Combustion and Flame. 1988. N 74. С.255-266.

REFERENCES

1. *Arbizov S.I., Ershov V.V., Poceluev A.A., Rihvanov L.P.* Rare elements in Kuznetsk Basin coals Kemerovo, 2000. 244 p.
2. *Ovchinnikov U.V., Lucenko S.V.* Artificial coal-water fuel and efficiency of its treatment // Heat supply news. 2006. N 4 (68). P.30-33.
3. *Parfenuk A.S., Veretel'nik S.P., Kutnyashenko I.V.* Problem of commercial plant construction for solid waste utilization. Possible solutions // Coke and chemistry. 1999. N 3. P.40-44.
4. *Rawlins D.G., Germane G.J., Smoot L.D.* Low-rank coal-water fuel combustion in a laboratory-scale furnace // Combustion and Flame. 1988. N 74. P.255-266.

М.А.ПАШКЕВИЧ, *д-р техн. наук, профессор, mpash@spmi.ru*

К.А.ЛУКИНА, *аспирантка, bgfy@mail.ru*

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

M.A.PASHKEVICH, *Dr. in eng. sc., professor, mpash@spmi.ru*

K.A.LUKINA, *post-graduate student, bgfy@mail.ru*

National Mineral Resources University (Mining University), Saint Petersburg

ПРОБЛЕМЫ УТИЛИЗАЦИИ БИО- И НЕФТЕШЛАМОВ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

Рассматривается проблема разработки рациональной технологии обезвреживания био- и нефтешламов предприятия ООО «Кинеш», одного из крупнейших нефтеперерабатывающих предприятий в России. В связи со значительными объемами складирования био- и нефтешламов на рассматриваемом предприятии проблема их утилизации является весьма актуальной.

В процессе исследований был произведен отбор проб с дальнейшим вещественным анализом компонентов отходов, результаты которого стали основой для разработки технологии по их утилизации. Особое внимание уделялось необходимости извлечения полезных компонентов.

Ключевые слова: отходы, шламы, утилизация, извлечение, компоненты, метод.

THE PROBLEMS OF UTILIZATION OF BIO-AND OIL SLUGGE ON ENTERPRISES FUEL AND ENERGY COMPLEX

The paper deal with the problem of developing a rational technology of slime and silt recycling for company «Kinef», which nowadays is one of the leading companies in Russia in it area. Therefore the question of soil-waste utilization is one of the major issues to adress for this organisation.

During the reaserch samples of soil waste were taken and analysed, which helped to work out a complite technology of recycling. The technology of processing based on methods «wet chemistry» and hydrometallurgical processes. Special attention is paid to the necessity of extraction of the useful components.

Key words: wastes, slime, recycling, extraction, components, methods.

Метод биологической очистки сточных вод является одним из самых эффективных методов очистки, однако ему присущ крупный недостаток – необходимость размещения отходов в иловых картах и шламонакопителях, занимающих значительные территории. На территориях складирования нефтесодержащих отходов наиболее значительной техногенной нагрузке подвергаются практически все компоненты природной среды, поскольку отсутствие современных

технологий ликвидации и обезвреживания отходов превратило значительное число хранилищ из средства предотвращения нефтезагрязнения в угрозу крупномасштабного загрязнения почв, подземных и поверхностных вод, атмосферы. В этой связи, утилизация избыточных илов и осадков, образующихся при биологической очистке сточных вод, является актуальной проблемой [6].

ООО «Кинеш» Сургутнефтегаза является одним из самых крупных нефтеперераба-

тывающих предприятий Российской Федерации. Ежегодно на предприятии перерабатывается более 16 млн т западно-сибирской и ухтинской нефти с суммарным потреблением материалов более 17 млн т.

К настоящему времени на территории предприятия ООО «Кинеш» временно хранится более 200 тыс. т отходов. Отходы хранятся в девяти открытых емкостях глубиной по 7 м, общей площадью около 500 м². Состав отходов отличается разнообразием и содержанием групп токсичных веществ со значительным превышением предельно-допустимых концентраций (ПДК).

Шламохранилища представляют собой оборудованные в земле открытые емкости, в которых под действием ультрафиолетовых излучений с низкой скоростью происходит деструкция оставшихся в шламе нефтепродуктов, сопровождающаяся окислением за счет кислорода воздуха. Продукты фотодеструкции в частично окисленном состоянии в виде альдегидов, кетонов, кислот, а чаще соединений со смешанными функциями, постепенно испаряются и поступают в атмосферу [1]. Проведенный анализ проб атмосферного воздуха позволил установить, что загрязнение осуществляется органическими компонентами (бензол) а также неорганическими компонентами (марганец, пентоксид ванадия, никель и медь).

Поскольку большинство этих соединений достаточно хорошо растворимо в воде, их осаждение с атмосферными осадками на земную или водную поверхность происходит чаще всего в радиусе нескольких километров от хранилищ нефтешламов и приводит к формированию лито- и гидрохимических ореолов загрязнения [4].

Для водной среды установлено, что концентрации загрязняющих веществ в зоне воздействия хранилищ отходов не соответствуют нормативным требованиям по БПК полному, марганцу и фенолу, а перед зоной разгрузки сточных вод в р. Черную – по БПК полному, азоту аммонийному, марганцу и фенолу.

Высокий уровень загрязнения компонентов природной среды высокотоксичными веществами, изъятие площадей (более

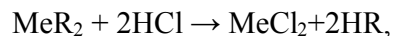
10 га) под хранилища отходов в черте земельного отвода предприятия, а также увеличение количества нефтесодержащих отходов с вводом в эксплуатацию завода глубокой переработки нефти, обуславливает необходимость оперативного обезвреживания уже существующих и вновь образующихся нефтяных и биологических шламов.

Для разработки эффективной технологии утилизации заскладированных отходов в период 2008-2010 гг. проводился отбор и вещественный анализ сброженных осадков и илов, который позволил установить в отходах наличие катионов металлов (железо, марганец, медь, никель, свинец) в концентрациях, достаточных для извлечения с последующей реализацией в металлургической, химической и других отраслях промышленности [5]. Разработка технологической цепочки основывалась на анализе существующих методов извлечения катионов металлов, содержащихся в сброженном осадке, с целью выявления наиболее безопасных и эффективных технологических решений [2].

В рассматриваемом случае наиболее эффективными являются методы экстракции, применяемые в гидрометаллургии (степень извлечения компонентов не менее 70 %). Для разрушения комплексных соединений были выбраны методы «мокрой» химии, так как они на данный момент являются наиболее экологически эффективными и экономически выгодными [3].

Рассмотрим основные стадии технологии обезвреживания отходов.

Стадия 1. На данной стадии осуществляется окислительная обработка илов и осадков для растворения и перевода катионов в хлоридную форму при помощи 2-нормальной соляной кислоты в сборнике с вертикальной мешалкой по реакции



где Me – катионы металлов, найденных в осадках (Ni, Mn, Cu, Fe); R – органическая часть молекулы, в состав которой входит металл.

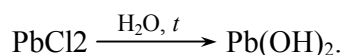
Для осуществления данного этапа осадок должен характеризоваться содержанием твердого вещества от 3 до 7 %. Если данный

предел не достигнут, необходимо провести повторное обезвоживание осадка. Оптимальное содержание твердого вещества 6-7 %. Обработку кислотой можно осуществлять в одном или нескольких реакторах, соединенных последовательно.

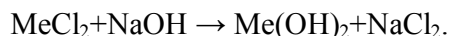
Обработка кислотой вызывает растворение неорганических веществ и соответственно перевод марганца, железа, никеля, свинца и меди в раствор. При обработке кислотой также происходит трансформация органических веществ, приводящая к выделению диоксида углерода в газообразной форме.

Эффективность перевода катионов металлов в раствор из осадка составляет 80-85 %.

Стадия 2. На этой стадии происходит отделение выпавшего осадка от раствора. Жидкая фаза от твердой отделяется фильтрованием. Осадок направляется в емкость с подогревом и мешалкой, где смешивается с водой, в результате чего формируется раствор катионов свинца, который может быть отправлен на реализацию в другие отрасли металлургической и химической промышленности:



Стадия 3. Раствор, полученный на стадии 1, переводится в реактор с вертикальной мешалкой, куда поступает 6-нормальный едкий натр



В результате образуется осадок, содержащий гидроксиды марганца, железа, меди, никеля, кобальта, который переходит на следующую ступень, и раствор, содержащий незначительное количество примесей катионов металлов, который направляется на рециркуляцию в узел биологической очистки сточных вод.

После разделения жидкой и твердой фазы осадок направляется на двухстадийное обезвоживание. Первая стадия протекает в устройстве механического обезвоживания, таком, как ротационная решетка или ленточный пресс. Обезвоживание на второй

стадии реализуется методом центрифугирования или фильтрования. Для интенсификации процесса возможно применение обезвоживающего агента – флокулянта. Флокулянт обеспечивает концентрирование осадка за счет создания молекулярных связей при помощи углеводородных цепочек. Основным параметром для выбора обезвоживающего агента является его молекулярная масса: если масса будет недостаточна, то концентрирование осадка не произойдет, если масса будет избыточная, удаление флокулянта из обезвоженного осадка потребует включение дополнительной стадии в цепочку технологии, что повлечет за собой дополнительные затраты.

Двухстадийное обезвоживание осадка позволяет повысить концентрацию твердого вещества по меньшей мере, до 30 % по массе, однако, более эффективно дальнейшая обработка осадка будет проходить, если концентрация твердого вещества достигнет 45-55 % по массе.

Стадия 4. Осадок, содержащий гидроксиды марганца, железа, меди, никеля, кобальта, в этом же сборнике смешивается с нагретой 2-нормальной азотной кислотой



затем к смеси добавляется гидроксид аммония. Полученный после смешения осадок, насыщенный катионами железа и марганца, отправляется на экстракцию, затем на реализацию.

Стадия 5. Раствор, содержащий гидроксиды меди, никеля, кобальта, смешивается с 2-нормальным тиосульфатом аммония и 2-нормальной серной кислотой. При этом образуется твердая фаза, содержащая катионы меди, готовая к реализации. Жидкая фаза направляется на экстракцию, содержащая диоксиматы никеля и кобальта. При разделении никеля и кобальта необходимо учитывать их совместную экстракцию. Поэтому кобальт осаждается до экстракции в виде гексанитрокобальтата калия, а раствор никеля направляется на экстракцию.

Экстракцию железа, марганца и никеля из растворов, полученных на 4-й и 5-й стадиях, предлагается осуществлять в ступен-

чатых или роторно-дисковых экстракторах, где вращающиеся диски перемешивают и диспергируют раствор и экстрагент, после чего они расслаиваются. Повышение температуры или дополнительное перемешивание фаз при этом не требуется. В качестве экстрагента можно использовать нефтяные или жирные высшие кислоты.

Внедрение данной технологии позволит не только снизить негативное воздействие складываемых осадков на компоненты окружающей среды и здоровье населения, но и получить прибыль от реализации извлекаемых компонентов.

Работа выполнена в Центре коллективного пользования научным оборудованием Горного университета при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Гирин А.С.* Промышленные и бытовые отходы. Хранение, утилизация, переработка. / А.С.Гирин, В.Н.Новиков. М., 2002.
2. *Зыкова И.В.* Обезвреживание избыточных активных илов / И.В.Зыкова, Т.Г.Макашова, В.П.Панов // Экология и промышленность России. 2002. № 12.

3. *Иванов В.В.* Рынок вторичных ресурсов // «Программы сокращения отходов: разработка и внедрение»: Материалы 4-го научно- методического семинара. М., 2000.

4. Методы оценки риска загрязнения природных вод в районах хранилищ производства // Горный инф.-аналит. бюлл. 1999. № 1.

5. О выборе оптимальной технологии термической переработки твердых бытовых отходов / П.В.Росляков, М.А.Изюмов, В.А.Кохненко и др. // Энергетик. 1996. № 9. С.6-11.

6. Экология, здоровье и природопользование в России / Под ред. В.А.Протасова. М., 1995. 528 с.

REFERENCES

1. *Girin A.S., Novikov V.N.* Industrial and domestic waste. Storage, recovery and recycling / A.S.Girin, V.N.Novikov. Moscow, 2002.
2. *Zykova I.V., Makashova T.G., Panov V.P.* Neutralization of surplus active sludge // Ecology and industry of Russia. 2002. N 12.
3. *Ivanov V.V.* Market for recycled resources // «Programmes to reduce waste: development and implementation»: Proceedings of the 4 th scientific-methodical seminar. Moscow, 2000.
4. Methods of assessing the risk of pollution of natural water storage areas in the production // In.: Mountain informational and analytical bulletin. 1999. N 1.
5. *Roslyakov P.V., Iyumov M.A., Kohnenko V.A.* a.o. On the choice of technology for thermal processing of solid waste // Energy. 1996. N 9. P.6-11.
6. Environmental, health and environmental management in Russia / Edited by V.A.Protasova. Moscow,1995. 528 p.

Т.А.ПЕТРОВА, канд. техн. наук, доцент, petrova9@yandex.ru
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

T.A.PETROVA, PhD in eng. sc., associate professor, petrova9@yandex.ru
National Mineral Resources University (Mining University), Saint Petersburg

ОЦЕНКА И ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ПОЛИГОНОВ ПО ЗАХОРОНЕНИЮ ПРОМЫШЛЕННЫХ И БЫТОВЫХ ОТХОДОВ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

В районе Санкт-Петербурга и Ленинградской области действуют многочисленные полигоны по захоронению промышленных и бытовых отходов. Ряд из них находится на стадии закрытия, но выделяются и площади для строительства новых полигонов. Предлагается способ предотвращения техногенной нагрузки на компоненты природной среды в районах расположения строящихся и существующих полигонов, основанный на термической обработке полимерных материалов.

Ключевые слова: отходы, окружающая среда, техногенная нагрузка.

ASSESSMENT AND REDUCTION OF NEGATIVE IMPACT LANDFILLS FOR DISPOSAL OF INDUSTRIAL AND DOMESTIC WASTE ENVIRONMENTAL

In the district of Saint Petersburg and the Leningrad region are numerous landfills for the disposal of industrial and domestic waste, some of which is being closed, as the territory for building new landfills, and therefore provides a method of preventing anthropogenic impact on the components of the environment in the vicinity new and existing landfills, based on the thermal treatment of polymeric materials.

Key words: wastes, environment, technogenic load.

В настоящее время на территории Санкт-Петербурга образуется в год около 6 млн м³ твердых бытовых отходов (ТБО). Количество опасных фракций, соединения тяжелых металлов, хлорорганические и иные токсиканты, в общем объеме ТБО Санкт-Петербурга составляют более 70 тыс.т. Сбор отходов в городе общий. Селективный сбор опасных отходов от населения не практикуется. Поэтому в настоящее время токсичные отходы не выделяются из общей массы ТБО, а захораниваются вместе с малоопасными фракциями, что облегчает попадание токсичных веществ в окружающую среду.

В 2002 г. был разработан проект реконструкции полигона «Новоселки», предусматривающий превращение его в высоконагружаемый полигон с высотой отвала до 58 м и продление за счет этого срока эксплуатации полигона еще на 20 лет. Однако проект не получил положительного заключения государственной экологической экспертизы и был отклонен.

На полигоне ПТО-1 «Южный», который используется с 1978 г., размещено более 32 млн м³ отходов. Его емкость близка к исчерпанию. Полигон ПТО-3 «Новоселки» существует с 1972 г., и там накоплено более 38 млн м³ отходов. Срок действия разреше-

ния на эксплуатацию полигона истек в 2002 г. В результате оба крупных полигона, где захоранивается 60 % бытовых отходов Санкт-Петербурга, в ближайшее время могут быть закрыты.

К настоящему времени ТБО, захороненные на полигонах, как действующих, так и выведенных из эксплуатации, занимают 354 га территории Санкт-Петербурга, без учета территории полигона «Южный», расположенного в Ломоносовском районе Ленинградской области, а также мест захоронения осадков городских очистных сооружений и площади санитарно-защитных зон вокруг этих полигонов. Территории, занятые полигонами ТБО, выводятся из хозяйственного оборота на длительный срок (80-100 лет).

С 1967 г. не утилизируемые токсичные отходы Северо-Западного региона захораниваются на полигоне «Красный Бор». За 45-летний период эксплуатации на полигоне площадью 60 га размещено более 1,5 млн т отходов.

Основной операцией по изоляции опасных отходов на полигоне служит захоронение смешанных твердых, пастообразных и жидких отходов в больших котлованах – картах, формируемых в массиве кембрийской глины, залегающей в этом районе почти от земной поверхности до глубины 80 м. К настоящему времени на территории земельного отвода полигона располагается более 70 карт-приемников отходов, более 95 % которых не эксплуатируются. Вследствие отсутствия новых площадей для захоронения отходов, действующие карты переполнены, что приводит к интенсивной водной и воздушной миграции загрязняющих компонентов с территории хранилищ отходов.

По мере заполнения карты перекрываются водонепроницаемым слоем глины. Смешанные отходы остаются погребенными для хранения на неопределенный срок. Полигон находится в 4-5 км от русла Невы выше по течению водозаборов Санкт-Петербурга, что создает постоянную угрозу катастрофического загрязнения ее вод токсичными веществами в случае нарушения

герметичности стенок или дна карт и просачивания растворенных токсичных веществ к руслу реки.

Основная часть твердых бытовых отходов и приравненных к ним отходов поступает на два мусороперерабатывающих завода (МПБО) – производительностью 900 и 600 тыс.м³ в год, а также на два полигона – «Южный» и «Новоселки». За год на оба завода МПБО поступает около 1500 тыс.м³ отходов, на полигоны примерно равными долями около 3500 тыс.м³ отходов. Остальная часть отходов распределяется между ЗАО «Завод «Радиус»» и более мелкими областными полигонами («Новый Свет», «Лепсари», «Ростехнокомплекс» и др.). Таким образом, на полигонах захоранивается 73 % бытовых отходов, образующихся в Санкт-Петербурге, а 27 % перерабатывается промышленными методами.

На двух мусороперерабатывающих заводах отходы перерабатывают методом биологического компостирования с предварительным выделением черного металла и сравнительно небольшого количества других видов вторичного сырья. Технология производства компоста разработана в 1960-х гг., когда состав ТБО был иным. С тех пор в составе отходов резко (в десятки раз) возросло количество отработанных химических источников тока. Из старых электрических батареек в компост попадают соединения цинка, меди, кадмия и других тяжелых металлов. Заводам МПБО приходится либо очищать отходы от батареек перед компостированием, что весьма непросто, либо предлагать на рынок загрязненный компост, применение которого весьма ограничено. Поэтому большие количества произведенного компоста складываются на территории заводов. Часть компоста, произведенного Опытным заводом МПБО, используется в качестве укрывного материала при захоронении ТБО на полигоне «Южный». В 2010 г. из ТБО и приравненных к ним отходов Санкт-Петербурга было произведено около 110 тыс.т компоста и выделено не более 10 тыс.т вторичного сырья, что составляет менее 5 % его содержания в отходах.

Отходы населения, направляемые на полигоны, перед захоронением практически не сортируются, однако отходы малого бизнеса, поступающие на полигоны по коммерческим договорам (так называемые «коммерческие» отходы), подвергаются сортировке с выделением бумаги, картона и некоторых других видов вторичного сырья. Для этого на базе полигонов «Южный» и «Северная Самарка» (полигон строительных отходов) образованы дочерние предприятия ЗАО «Завод КПО» и ЗАО «Промотходы».

Опытный завод МПБО работает уже 43-й год, его оборудование сильно изношено и во многом устарело. Завод МПБО-2, введенный в эксплуатацию в 1994 г., построен не полностью: функционирует лишь первая его очередь. Завод МПБО-2, а также один из двух больших полигонов бытовых отходов «Южный» расположены соответственно на территории Всеволожского и Ломоносовского районов Ленинградской области.

Таким образом, для обеспечения безопасного обращения с отходами производства и потребления на территории Санкт-Петербурга и Ленинградской области необходимо совершенствование технологии переработки отходов и снижение техногенной нагрузки вновь создаваемых и уже существующих полигонов на природные ландшафты. В настоящее время правительством Санкт-Петербурга рассматривается возможность закупки современных мусороперерабатывающих заводов.

Для решения проблемы снижения негативного воздействия мусорных полигонов предлагается создание экранирующего покрытия либо поверхности хранилища в случае его рекультивации, либо его основания в случае его строительства.

Разрабатываемый способ предусматривает создание надежного, долговечного, экологически безопасного и экономически эффективного экранирующего покрытия. К такому покрытию предъявляются высокие требования, как в плане токсической безопасности, так и в плане механических свойств (кратковременная и длительная механическая прочность, трещиностойкость). Эти свойства должны сохраняться длитель-

ное время при воздействии климатических и эксплуатационных факторов в широком диапазоне их изменения.

Результаты проведенных работ показали, что экран, удовлетворяющий всем перечисленным выше условиям, может быть создан путем термической обработки, равномерно распределяемых по поверхности хранилища полимерных материалов (полиэтилена, полипропилена, или их смеси) или их отходов.

В случае ликвидации полигона по захоронению ТБО формирование экрана, предотвращает инфильтрацию атмосферных вод в его тело, сопровождающуюся загрязнением подземных вод токсичными веществами, а также выделение вредных веществ в атмосферу.

Предварительные исследования показали значительное отличие свойств полимерных материалов (ПМ) в оплавленном совместно с грунтами (ПМО) состоянии от свойств экранов из полимерных листов, произведенных по промышленным технологиям и невозможность в связи с этим корректно выбирать режим формирования экрана (прежде всего, рабочие градиенты) на основе имеющихся литературных и справочных данных. Основным фактором, определяющим совокупность свойств ПМ – его надмолекулярная структура. На основе проведенного анализа было выдвинуто предположение, что основная причина различий свойств экранов, произведенных по разным технологиям, – радикальное отличие условий формирования надмолекулярной структуры.

В этой связи возникла необходимость детального исследования: структуры и свойств ПМО и их зависимости от параметров технологии формирования экрана; закономерностей старения ПМО при воздействии климатических и эксплуатационных факторов; влияния на структуру и свойства ПМО ультрадисперсных наполнителей и возможности улучшения таким способом эксплуатационных характеристик покрытий.

Структура полимеров складывается из двух основных уровней:

- молекулярного, характеризующегося химическим строением ПМ;

- надмолекулярного, определяющегося типами кристаллических структур и степенью кристалличности ПМ.

Молекулярная структура полимера формируется на стадии синтеза. Применяя различные способы полимеризации, меняя ее условия (температуру, давление, растворитель и др.), можно регулировать как молекулярную массу, так и молекулярно-массовое распределение полимера. Надмолекулярная структура (НМС) полимера формируется на стадии переработки гранулированного и порошкообразного полуфабриката в готовое изделие. Типы, размеры надмолекулярных образований зависят от способа переработки, давления, температуры, скорости охлаждения расплава, времени нахождения полимера в расплавленном состоянии и др.

Было рассмотрено влияние как надмолекулярной, так и молекулярной структуры полимера на механические свойства полимерных материалов. Из литературных данных следует, что изменение молекулярной структуры и НМС приводит к варьированию свойств в широком диапазоне. При этом возможно целенаправленное изменение свойств и структуры полимера в зависимости от следующих параметров:

- условий плавления (температурный режим, давление) гранулированных ПМ или отходов различных полимеров;
- регулирования скорости охлаждения расплава;
- рецептуры, подвергающихся плавлению полимерных материалов.

Технология формирования защитного экрана включает следующие стадии:

- планировка поверхности или основания полигона, заключающая в выравнивании отложений с созданием уклона от центра объекта к краевым зонам;
- нанесение гранулированного полиэтилена (либо отходов полиэтилена) равномерным слоем по поверхности с заполнением неоднородности;
- электротермическая обработка нагревательным устройством при температуре плавления смеси 150-170 °С;

- нанесение дренажного слоя из крупнозернистого материала.

Такой обработке подвергаются полигоны, предназначенные для складирования отходов III и IV классов опасности, при низкой обводненности территории. При необходимости повышения изоляционных свойств покрытия при складировании отходов I и II классов опасности и повышенной обводненности грунтов основания температура термической обработки может быть увеличена до температуры техногенных отходов основания (до 160-180 °С). Кроме того, высокотемпературная термическая обработка приводит к повышению прочностных свойств защитного экрана.

Основной проблемой функционирования подобного экрана в случае рекультивации полигона является воздействие солнечной радиации, которая приводит к достаточно быстрому (в течение нескольких лет) ухудшению прочностных свойств полимерных экранов, а затем к их разрушению. Эффективным и недорогим решением является нанесение слоя крупнозернистого материала (гравий, галька и т.п.), который принимает на себя нагрузку в виде солнечного излучения, но не нарушает прочностных свойств оплавленного полимерного экрана. Этот крупнозернистый слой не будет препятствовать отводу атмосферных вод поверхности экрана, а дренажные каналы и полимерная стенка с отверстиями, позволят отвести воды, но воспрепятствуют выносу материала изоляционного слоя.

Таким образом, применение данного способа позволяет повысить прочность, устойчивость к деформации экранирующего покрытия, создать покрытие, устойчивое к воздействию агрессивных природных сред, экологически безопасное для окружающей среды.

Работа выполнена в Центре коллективного пользования научным оборудованием Горного университета при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации.

Ю.Д.СМИРНОВ, канд. техн. наук, доцент, qwerik84@gmail.com

А.В.ИВАНОВ, аспирант, andrey-racer@mail.ru

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

Y.D.SMIRNOV, PhD in eng. sc., associate professor, qwerik84@gmail.com

A.V.IVANOV, postgraduate student, andrey-racer@mail.ru

National Mineral Resources University (Mining University), Saint Petersburg

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПНЕВМОГИДРАВЛИЧЕСКОЙ ФОРСУНКИ ДЛЯ НАИБОЛЕЕ ЭКОНОМИЧНОГО И ЭФФЕКТИВНОГО ПЫЛЕПОДАВЛЕНИЯ

Предложена конструкция пневмогидравлической форсунки-снегогенератора для эффективного и экономичного пылеподавления. Разработано и изготовлено более десяти образцов форсунки и проведены несколько серий экспериментов по определению оптимальных параметров данной конструкции. Изготовлен специальный экспериментальный бункер пылеподавления для установки на конвейерах и проведено несколько серий экспериментов по определению оптимальных параметров бункера и эффективности пылеподавления. На установке была достигнута эффективность пылеподавления 85 %.

Ключевые слова: пылеподавление, форсунка, снег, аэрозоль.

THE IDENTIFICATION OPTIMAL PARAMETERS OF PNEUMOHYDRAULIC SPRAYER FOR THE MOST ECONOMICAL AND EFFECTIVE DUST SUPPRESSION

The construction of pneumohydraulic sprayer-snow generator for effective and economical dust suppression was proposed. Developed and made more than ten sprayer models and was made several series of experiment for identification optimal parameters this construction. There was made special dust suppression bunker and was made several series of experiment for identification optimal parameters bunker and efficiency of dust suppression. With this plant there was efficiency of dust suppression 85 %.

Key words: dust suppression, sprayer, snow, aerosol.

Проблемой большинства горно-обогатительных комбинатов северных регионов России является высокий уровень выбросов пыли в атмосферу, особенно при температуре окружающей среды менее 0 °С [1]. Основными источниками пылеобразования, как при ведении работ, так и после прекращения деятельности карьера, являются различные технологические процессы, внешние и внутренние отвалы, пляжные зоны хвостохранилищ и эрозионные зоны. Сложность моделирования пылевыделения

определяется тем, что карьеры расположены в различных климатических районах, имеют различные горно-геологические условия и параметры, отрабатывают полезные ископаемые и вмещающие породы с различными физико-механическими свойствами и минералогическими составами.

Количественные оценки пылеобразования при технологических процессах на горных производствах следующие: при работе станков механического разрушения пород, не оборудованных средствами пылеподав-

ления и пылеулавливания, запыленность воздуха может достигать нескольких сотен миллиграммов на метр кубический; запыленность воздуха при бурении с отсутствием средств пылеулавливания – нескольких тысяч миллиграммов на метр кубический; запыленность воздуха в процессе выемочно-погрузочных работ – 1000 мг/м^3 и более, при работе конвейерного транспорта на узлах перегрузок – 50000 мг/м^3 [2].

В Горном университете был разработан способ круглогодичного пылеподавления с использованием специальных форсунок, которые были изготовлены в учебно-экспериментальных мастерских. Работа форсунки основана на пневмогидравлическом распылении воды в потоке сжатого воздуха. Сжатый воздух проходит через конусообразное сопло Лавалья, адиабатически расширяясь и снижая свою температуру, далее смешивается с водой и выходит через выходной диффузор. Таким образом образуется мелкодиспергированный водный аэрозоль, характерные размеры которого совпадают с размерами мелкодисперсной пыли. Частицы аэрозоля, сталкиваясь с пылинками загрязненного воздуха, за счет сил адгезии образуют тяжелые соединения [3]. Вокруг этих соединений может происходить дальнейшая коагуляция пыли с последующим осаждением. В условиях околонулевой и отрицательной температуры воздуха частицы водного аэрозоля, сталкиваясь с пылинками, образуют снежинки за счет скрытой энергии адиабатического расширения и низкой температуры окружающей среды. Использование снега в условиях околонулевой и отрицательной температуры окружающей среды позволяет избежать обледенения, ухудшения работы и дальнейшего выхода из строя оборудования, находящегося в зоне пылеподавления [3].

Лабораторные испытания проводились с использованием уникального научного оборудования и авторского стенда «Бункер пылеподавления». Проведено несколько серий экспериментов: «летнего» этапа при положительной температуре воздуха и «зимнего» этапа при температуре менее $0 \text{ }^\circ\text{C}$.

Одной из важных задач «летнего» этапа экспериментов являлось определение параметров распыления воды с помощью форсунки пылеподавления при разных исходных параметрах, а также оптимальных параметров форсунки для наиболее экономичного и эффективного распыления воды. Эксперимент проводился при температуре окружающей среды $19 \text{ }^\circ\text{C}$. Форсунка была установлена горизонтально на высоте $0,7 \text{ м}$ от уровня земли. К штуцеру воздуха форсунки был подсоединен шланг от компрессора. В экспериментах использовался поршневой компрессор Fini MK 113-200-5.5, создающий давление воздуха от $1-8 \text{ атм}$. К штуцеру воды был подсоединен шланг от бытовой водопроводной сети давлением 3 атм .

В ходе эксперимента изменялся диаметр сопла Лавалья. Для экспериментов были изготовлены сопла с различными диаметрами проходного отверстия: $1,1$; $1,6$; $2,2$ и $2,7 \text{ мм}$. Также изменялась ширина кольцевой щели для подачи воды, характеризующая объем воды, подаваемой на распыление. Конструкция форсунки предусматривает изменение ширины кольцевой щели для подачи воды ($0,75$; $1,5$ и $2,25 \text{ мм}$) вращением штуцера для подачи воздуха, как механически, так и в автоматическом режиме. Кроме того, изменялось давление воды, подаваемой в форсунку на распыление, путем изменения угла открытия водяного крана бытового трубопровода. На шланге для подачи воды для измерения расхода воды был установлен счетчик МЕТЕР СВ-15Х, поставленный в горизонтальное положение для достижения максимальной точности измерений. Точность измерений данного счетчика $0,0003 \text{ м}^3$ (300 мл). При проведении экспериментов измерялась также длина водяного факела. Дисперсность водного аэрозоля оценивалась зрительно на контрастном фоне.

Экспериментальные исследования (табл.1) показали, что для данной конструкции форсунки наиболее пригодный для пылеподавления мелкодисперсный водный аэрозоль образовывается при использовании сопла Лавалья с диаметром $1,1 \text{ мм}$, ширине кольцевой щели $0,75 \text{ мм}$, расходе воды 30 мл/с . Полученный водяной факел представляет собой мелкодиспергированный

аэрозоль, с углом распыления на расстоянии 2 м до 40°, длина факела достигает 2,5 м. Сопло Лавалья с диаметром 1,1 мм позволяет говорить о малом расходе воздуха и работе компрессора до 40 % времени.

«Зимняя» серия экспериментов проводилась при использовании специального бункера пылеподавления и отрицательной температуре воздуха. Бункер пылеподавления представляет собой металлический

Таблица 1

Результаты «летней» серии экспериментов

АС, мм	S ₂ , мм	α, град	Δ, м ³ ·10 ⁴	Q ₂ , (м ² ·10 ⁶)/с	l, м	Характеристики распыления
Сопло с площадью отверстия S ₁ = 0,95 мм ²						
0,75	11,61	20	–	–	2	Мелкодисперсное
		30	15	25	3	Струя, туман
		45	20	33	4,5	Струя, туман
		60	17	56	4	Струя
		75	17	56	2,5	Струя
		90	17	56	2,5	Струя
1,5	23,36	20	3	3	4,5	Крупнодисперсное
		30	15	50	4,5	Струя
		45	40	133	5	Струя
		60	28	186	6	Струя
		75	30	200	–	–
		90	30	200	–	–
2,25	35,25	20	3	10	4,5	Крупнодисперсное
		30	15	50	4,5	Крупнодисперсное, капли
		45	40	133	5	Струя
Сопло с S ₁ = 2,01 мм ²						
0,75	11,61	20	3	10	2,5-3	Мелкодисперсное
		30	10	33	3	Крупнодисперсное, капли
		45	22	146	5	Струя
		60	27	186	–	–
1,5	23,36	20	4	13	2-2,5	Мелкодисперсное
		30	23	77	3-3,5	Крупнодисперсное, капли
		45	47	157	4,5	Струя
2,25	35,25	20	4	13	3-3,5	Мелкодисперсное
		30	18	60	3,5-4	Крупнодисперсное, капли
		45	47	157	3,5-4	Струя
Сопло с S ₁ = 3,80 мм ²						
0,75	11,61	20	2	7	4	Мелкодисперсное, туман
		30	23	77	5-6	Мелкодисперсное, туман
		45	31	103	5-5,5	Струя, туман
		60	–	–	6	Струя
1,5	23,36	20	5	17	3,5-4	Мелкодисперсное, туман
		30	24	80	3,5-4	Крупнодисперсное
		45	51	170	5-5,5	Крупнодисперсное, капли
		60	–	–	6-6,5	Крупнодисперсное, капли
2,25	35,25	20	5	17	4	Крупнодисперсное
		30	28	93	4,5-6	Крупнодисперсное, капли
		45	66	220	4-4,5	Струя, капли
		60	–	–	5-5,5	Струя, капли
Сопло с S ₁ = 5,72 мм ²						
0,75	11,61	20	4	13	4-4,5	Избыток воздуха, туман
		30	20	67	5-5,5	Мелкодисперсное, насыщенный туман
		45	35	117	4,5	Крупнодисперсное, капли
		60	–	–	5-5,5	Крупнодисперсное, капли
1,5	23,36	20	5	17	5,5-6	Мелкодисперсное
		30	25	83	6-6,5	Крупнодисперсное, туман
		45	50	167	6-6,5	Крупнодисперсное, капли
		60	–	–	7-7,5	Крупнодисперсное, капли

AC , мм	S_2 , мм	α , град	Δ , м ³ ·104	Q_2 , (м ² ·10 ⁻⁶)/с	l , м	Характеристики распыления
2,25	35,25	20	14	47	4,5-5	Мелкодисперсное
		30	28	93	6	Крупнодисперсное
		45	60	200	5	Крупнодисперсное, капли

Примечания. 1. α – угол поворота водяного крана, характеризующий количество подаваемой в форсунку воды, град; Δ – разница между конечным и начальным показанием счетчика воды, м³; l – длина водного факела (водной струи), м; AC – ширина кольцевой щели для подачи воды, мм; S_2 – площадь кольцевой щели, мм²; Q_2 – расход воды, м³/с.

2. Характеристика распыления: мелкодисперсное – мелкодисперсное распыление воды, образование тумана и его зависимость от скорости и направления ветра; крупнодисперсное – крупнодисперсное распыление воды, отсутствие тумана, отсутствие зависимости от ветра; туман – высокий уровень образования тумана; капли – капель из диффузора форсунки в результате неполного распыления воды; струя – водная струя на выходе из диффузора, отсутствие распыления воды; избыток воздуха – ненасыщенное распыление.

кожух, являющийся аналогом конструкции, располагаемой над конвейерной лентой в натуральную величину. Размеры бункера пылеподавления 1200×1000×1500 мм. Ширина бункера выбиралась с учетом ширины ленты конвейера. В бункере устанавливается форсунка пылеподавления так, что водяной факел падает на проходящую по конвейеру породу с различных точек на гранях бункера (сверху, сбоку, под наклоном). Бункер был изготовлен в натуральную величину из оргстекла (для возможности наблюдения) и листового железа. На крышке бункера имеется три точки крепления форсунки: на боковой наклонной стенке, на боковой вертикальной стенке, на верхней стенке. Также бункер имеет возможность регулирования высоты благодаря съемным стенкам, (0,2; 0,4; 0,6; 0,8 и 1 м). В нижней части бункер имеет отверстие с размерами 200×900 мм. На это отверстие были установлены три пылесоса Буран-800, работающие в режиме нагнетания. Пылесосы имитировали скорость движения конвейера 4,5 м/с. Форсунка была размещена на боковой части бункера пылеподавления под наклоном к потоку воздуха 45 °.

Навески цементной пыли массой по 50 г распылялись в потоке воздуха пылесоса, стоящего по центру. Поток запыленного воздуха проходил через поток водного аэрозоля создаваемого форсункой, наблюдался процесс пылеподавления. На выходе в десяти точках с помощью пылемера TSI DustTrak 8520 Aerosol Particulate Monitor (США) замерялся уровень запыленности.

Данная модель пылемера позволяет проводить замеры запыленности по фракциям пыли трех размерностей: 1; 2,5 и 10 мкм. Замеры пылемером производились в реальном времени с измерением показателя с интервалом в 1 с. В таблицу полученных данных заносились максимальные значения запыленности (табл.2). Расстояние точек замера запыленности от бункера указаны на рисунке.

Анализируя полученные данные, можно сделать вывод о том, что для бункера данных размеров (следовательно, и для конвейера данных размеров) использования одной форсунки недостаточно. Сравнивая замеры запыленности до пылеподавления и после, получаем среднюю эффективность 50 %. Малая эффективность обусловлена размерами водяного факела на дне бункера – 350-400 мм в диаметре. Таким образом, максимальная эффективность пылеподавления при использовании одной форсунки достигается при ширине зоны пылеподавления до 450-500 мм. При использовании двух форсунок, равномерно размещенных на боковой части бункера, эффективность пылеподавления достигает уже 85 %, но увеличивается расход воды и воздуха, что экономически неэффективно.

В настоящее время на современных предприятиях для увеличения эффективности пылеподавления используют от четырех до шести форсунок спринклерного типа. Дальнейшей задачей проводимых исследований является выявление рационального расположения минимального количества

Результаты «зимней» серии экспериментов

Высота бункера, м	Точка замера	Диаметр измеряемой фракции пыли, мкм	Концентрация пыли в точках замера, мг/м ³									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I	I	1	34,9	17	32,2	4,60	5,69	26,3	2,69	0,62	18,0	3,59
		2,5	65,9	17,8	33,3	4,20	1,02	22,0	3,53	4,17	18,8	7,28
		10	74,8	20,4	49,7	0,78	4,99	31	7,27	6,15	32	11,9
0,8	I	1	18,9	6,75	11	2,24	5,58	6,79	4,05	1,35	6,10	2,25
		2,5	32,9	12,9	29,4	4,13	13,8	23,2	3,21	4,02	15,1	4,17
		10	19,4	10,3	24,1	24,3	15,9	32,7	10,8	6,72	16,6	14,3
Без пылеподавления	II	1	14,7	5,83	9,99	1,88	4,56	5,99	2,36	1,62	6,13	1,35
		2,5	17,3	9,87	15,1	2,28	5,96	12,6	1,92	2,25	8,08	2,25
		10	10,5	20,8	36,6	12,6	13,1	24,8	5,04	2,55	13,3	7,08
	I	1	25	9,91	17	3,21	7,82	32,1	13,1	8,98	34,4	7,56
		2,5	25,8	14,8	22,7	3,69	8,95	16,4	2,57	2,94	10,5	3,10
		10	25,3	10,3	18	6,78	3,23	19,2	6,25	3,12	36,1	5,56

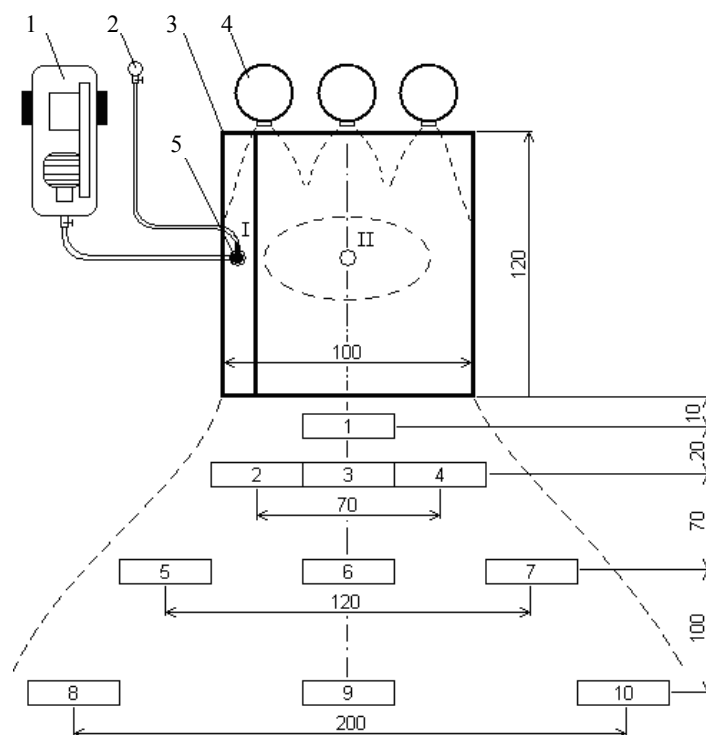


Рис.1. Схема установки и расположения точек замера запыленности от бункера пылеподавления

1 – воздушный компрессор, создающий давление воздуха 8 атм; 2 – водяной кран с давлением воды 3 атм; 3 – бункер пылеподавления; 4 – пылесосы, используемые для создания потока воздуха в бункере, имитирующего скорость движения конвейера 4 м/с; 5 – форсунка пылеподавления; I и II – точки замеров (см. табл.2)

разработанных нами пневмогидравлических форсунок для установки их в опытном бункере пылеподавления.

Научно-исследовательская работа выполнена при поддержке ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы», Правительства

г. Санкт-Петербурга, и Американского фонда гражданских некоммерческих исследований CRDF; в Центре коллективного пользования научным оборудованием Горного университета при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Смирнов Ю.Д.* Рациональная организация добычи полезных ископаемых в карьерах со сложными условиями труда горнорабочих / Ю.Д.Смирнов, А.П.Бульбашев, Н.А.Гаспарьян, С.В.Ковшов, А.Н.Никулин, Ю.В.Шувалов. СПб, 2009. 464 с.
2. *Смирнов Ю.Д.* Проблема воздействия промышленной пыли на работников предприятий минерально-сырьевого комплекса и рациональный путь ее решения / Ю.Д.Смирнов, А.В.Иванов // *Экология-2010: Сбор. мат. конф.* Уфа, 2010. С.100-106.
3. *Смирнов Ю.Д.* Проблема пылевого загрязнения атмосферы на предприятиях минерально-сырьевого комплекса и рациональный путь ее решения / Ю.Д.Смирнов, А.В.Иванов // *Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики: Мат. 6-й Междунар. конф. по проблемам горной промышленности, строительства и энергетики*, Тула, 2010. С.269-276

REFERENCES

1. *Smirnov Y.D.* Rational organization of minerals extraction in open-cast with difficult conditions of work of miners / U.D.Smirnov, A.P.Bulbashev, N.A.Gasparian, S.V.Kovshov, A.N.Nikulin, U.V.Shuvalov. Saint Petersburg, 2009. 464 p.
2. *Smirnov Y.D.* Problem influence of industrial dust to workers of mining factory and rational way of solution / U.D.Smirnov, A.V.Ivanov // *Ecology-2010: Collection of conf.* Ufa, 2010. P.100-106.
3. *Smirnov Y.D.* Problem of dust pollution air in mining factory and rational way of solution / U.D.Smirnov, A.V.Ivanov // *Social-economical and ecological problems of mining industry, building and energetic: mat. of 6th International conf. about problems of mining industry, building and energetic.* Tula, 2010. P.269-276.

Ю.Д.СМИРНОВ, канд. техн. наук, доцент, *qwerik84@gmail.com*

С.В.КОВШОВ, канд. техн. наук, ассистент, *kovshovsv@mail.ru*

А.Н.НИКУЛИН, канд. техн. наук, ассистент, *nikulin-rus@yandex.ru*

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

Y.D.SMIRNOV, PhD in eng. sc., associate professor, *qwerik84@gmail.com*

S.V.KOVSHOV, PhD in eng. sc., assistant lecturer, *kovshovsv@mail.ru*

A.N.NIKULIN, PhD in eng. sc., assistant lecturer, *nikulin-rus@yandex.ru*

National Mineral Resources University (Mining University), Saint Petersburg

ПЕРЕРАБОТКА ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ С ПОМОЩЬЮ БИОГАЗВЕРМИТЕХНОЛОГИИ

На основе мирового и российского опыта, а также проведенных экспериментальных исследований установлена высокая эффективность переработки твердых и жидких органических отходов на основе биогазвермитехнологии.

На базе Горного университета создана физическая модель биогазвермитехнологического бурта, на основе которой изучались биогазовый и вермитехнологический процессы переработки органических отходов. Проанализированы физико-химические свойства исходного сырья, а также получаемого продукта – биогумуса и биогаза.

Ключевые слова: биогазвермитехнология, биогумус, биогаз, органические отходы.

PROCESSING OF ORGANIC WASTE WITH BIOGASWORMTECHNOLOGY

On the basis of world and Russian experience, and also the spent experimental researches high efficiency of processing of a firm and liquid organic waste on a basis biogaswormtechnology is established.

On the basis of the Mining University the physical biogaswormtechnology farm model is created. On the basis of this model were studied biogas and worm technology processes of processing of an organic waste. Physical and chemical properties of initial raw materials, and also a received product – a biohumus and biogas are analysed.

Key words: biogaswormtechnology, biohumus, biogas, organic waste.

Высокий потенциал создания субстрата для биологического этапа горно-технической рекультивации представляют биогазовые технологии и вермитехнология [1], причем наибольший эффект достигается при их совокупном использовании, что мы и предлагаем в своем исследовании.

На основе мирового и российского опыта получения биогаза пиролизным, свалочным и стандартным методами на базе университета разрабатывается новое направление карьерного способа получения

биогаза – с помощью биогазвермитехнологии. В его основе лежит проектирование специального биогазвермитехнологического бурта, в котором одновременно осуществляется целый комплекс процессов, целью которых является получение энергетически ценных материалов: биогаза и высокопродуктивного удобрения – биогумуса.

Для выработки биогаза необходимо заложить бурт мощностью не менее 10 м. В качестве субстрата для заполнения бурта предлагаем использовать легкоразлагаемую

органическую фракцию отходов. Разложение этих отходов завершается в течение 2-4 лет, что вполне удовлетворяет времени хранения грунта, а также способствует ускорению процесса образования биогаза. В качестве легкоразлагаемых органических отходов можно использовать древесные и волокнистые материалы (кора, опилки, стружка, сено, листва, солома, пищевые отходы и др.).

Как известно, биогаз – это смесь газов: 55-70 % метана CH_4 , 28-43 % углекислого газа CO_2 , а также в очень малых количествах других газов (например – сероводорода H_2S). В среднем 1 кг органического вещества, биологически разложимого на 70 %, производит 0,18 кг метана, 0,32 кг углекислого газа, 0,2 кг воды и 0,3 кг неразложимого остатка.

Скорость образования биогаза является функцией таких показателей, как влажность, кислотность и температура субстрата. Для переработки легкоразлагаемых отходов оптимальная влажность находится в диапазоне от 60 до 85 %. Выделяют два наиболее оптимальных температурных режима для процесса биоконверсии. Первый интервал – мезофильный (так как работают мезофильные бактерии) от 25-38 °С (оптимальная температура 37 °С). Второй интервал – термофильный (так как работают термофильные бактерии) от 45-60 °С (оптимальная температура 56 °С).

В основе биогазовых технологий лежат сложные природные процессы биологического разложения органических веществ в анаэробных условиях под воздействием особой группы анаэробных бактерий. Метанобразующие бактерии (метаногены) – морфологически разнообразная группа, объединяемая двумя общими для всех ее представителей признаками: облигатным анаэробизмом и способностью образовывать метан. Первые исследования чистых культур, выделенных из рубца жвачных животных, показали, что рост их возможен при начальном окислительно-восстановительном потенциале среды ниже –300 мВ. Рост некоторых видов полностью подавляется при содержании в газовой фазе более 0,004 % молекулярного кислорода. В последнее время, однако, описаны виды с относительно низкой чувствительностью к O_2 . Большинство метанобразующих бактерий имеют температурный оптимум для роста в области 30-40 °С, т.е. являются мезофилами, но есть виды, у которых оптимальная зона сдвинута в сторону более низких (25 °С) или высоких (55-65 °С) температур. Все известные представители этой группы – нейтрофилы с оптимальным рН в области 6,5-7,5.

Для дегазации предпочтительнее создать сеть горизонтальных коллекторов (рис.1). Горизонтальные системы для сбора биогаза должны быть размещены в поверхностных слоях на глубине 2-4 м [3].

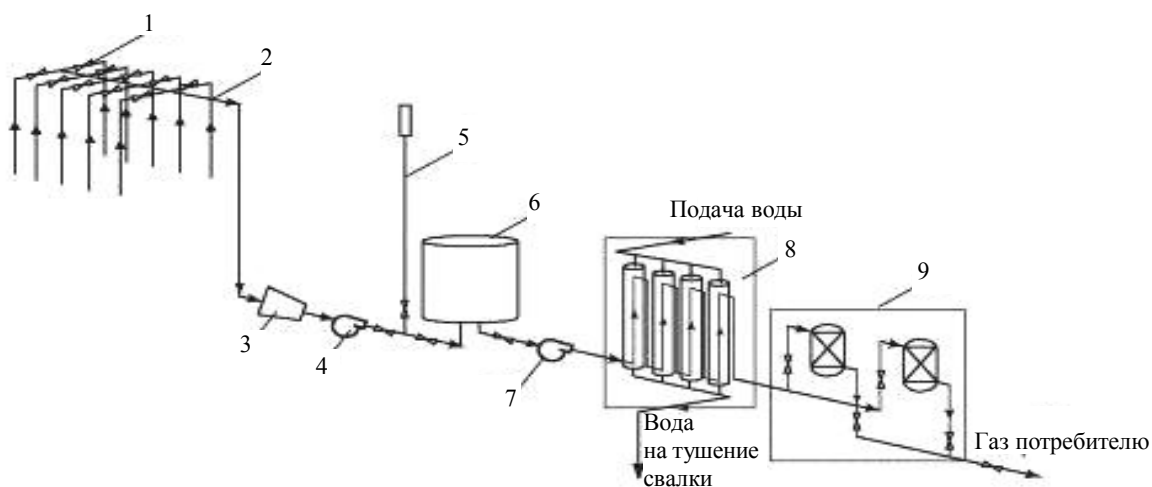


Рис.1. Схема установки для извлечения и подготовки биогаза в вермитехнологическом бурте [2]

1 – система скважин; 2 – коллектор; 3 – конденсатоотводчик; 4 и 7 – компрессоры; 5 – свеча; 6 – газгольдер; 8 – абсорбционная установка; 9 – установка для глубокой осушки газа

Трубопровод лучше всего изготавливать из полиэтилена высокой плотности. Минимальный диаметр используемых труб 100 мм. При заглубленном расположении трубы закладываются в вырытые в слое субстрата траншеи глубиной не менее 900 мм и обсыпаются гравием или песком слоем до 500 мм. Затем траншея вновь закладывается слоем субстрата. Минимальный наклон горизонтальных трубопроводов составляет 4° в пределах участка бурта и 1° за его пределами.

На рис.2 представлена схема сбора и использования биогаза при биогазвермитехнологическом процессе.

В качестве сырья для производства биогаза и подготовки рекультивационного субстрата можно использовать осадки сточных вод. Метод анаэробного сбраживания наиболее приемлем для переработки отходов с точки зрения гигиены и охраны окружающей среды, так как обеспечивает наибольшее обеззараживание и устранение патогенных микроорганизмов. Тем самым решаются два важных вопроса: во-первых, использование биослама, не пригодного в качестве органического удобрения и, во-вторых, появление качественного сырья для рекультивации нарушенных земель [3].

Поскольку разложение органических отходов происходит за счет деятельности определенных типов бактерий, существенное влияние на него оказывает окружающая среда. Так, количество вырабатываемого газа в значительной степени зависит от тем-

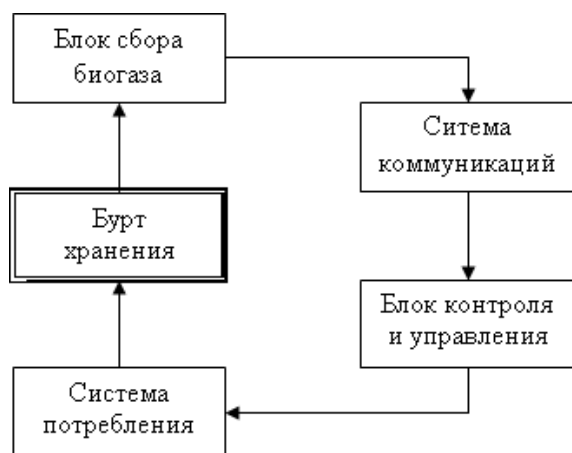


Рис.2. Предлагаемая схема сбора и использования биогаза при биогазвермитехнологическом процессе

пературы: чем теплее, тем выше скорость и степень ферментации органического сырья. Именно поэтому, вероятно, первые установки для получения биогаза появились в странах с теплым климатом. Однако применение надежной теплоизоляции, а иногда и подогретой воды позволяет освоить строительство генераторов биогаза в районах, где температура зимой опускается до -20 °С. Существуют определенные требования и к сырью: оно должно быть подходящим для развития бактерий, содержать биологически разлагающееся органическое вещество и в большом количестве воду (90-94 %). Желательно, чтобы среда была нейтральной и без веществ, мешающих действию бактерий: например, мыла, стиральных порошков, антибиотиков.

На основе имеющегося мирового и собственного производственного опыта на базе лабораторий университета разработана физическая модель траншейной биогазовой установки с включением элементов верми-технологии, т.е. моделирующей так называемый биогазвермитехнологический бурт.

Основной целью экспериментальных исследований явился анализ совместной переработки жидких и твердых органических отходов с помощью биогазовой технологии и твердых органических отходов с помощью верми-технологии.

Проведенные исследования подтвердили общие принципы протекания биогазового процесса даже в лабораторных условиях.

Исследования верми-технологического процесса осуществлялось по двум основным направлениям:

- исследования процесса переработки твердых органических отходов
- исследования продукта этой переработки – высокопродуктивного удобрения-биогумуса [2].

Оптимальные параметры вермикомпостирования в биогазвермитехнологическом бурте:

Температура воздуха, °С	+18-20
Температура субстрата, °С	+28-30
Влажность воздуха, %	50-55
Влажность субстрата, %	60-70
pH субстрата	7,3-7,6
Отношение азота к углероду	30:1

Суммарный состав компонентов биогумуса: гуминовые кислоты (ГК) 40,30 %; фульвокислоты (ФВ) 28,82 %; ГК/ФК 1,4.

Таким образом, установлена высокая эффективность совместной переработки всех фракций органических отходов с помощью биогазвермитехнологии. При этом получаемые на выходе продукты (биогаз и биогумус) отвечают всем необходимым требованиям и могут широко использоваться в сельском хозяйстве и промышленности.

Статья выполнена при поддержке ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы», Правительства г. Санкт-Петербурга, Центра коллективного пользования научным оборудованием Горного университета и Американского фонда гражданских некоммерческих исследований CRDF.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ковшов С.В.* Проблема отходов органического происхождения и вермитехнология как вариант ее решения // Записки Горного института. СПб, 2009. Т.181. С.217-219.
2. *Ковшов С.В.* Биогенные способы снижения пылевой нагрузки на карьерах строительных материалов / С.В. Ковшов, А.А. Бульбашев // Записки Горного института. СПб, 2010. Т.186. С.54-58.
3. *Шувалов Ю.В.* Биогенные методы повышения плодородия почв рекультивируемых земель / Ю.В.Шувалов, А.П.Бульбашев, Ю.Д.Смирнов, С.В.Ковшов // Горный инф.-аналит. бюл. 2010. №.6. С.293-298.

REFERENCES

1. *Kovshov S.V.* Problem of organic waste and worm-technology as variant of its solution // Proceedings of Mining Institute. Saint Petersburg, 2009. Vol.181. P.217-219.
2. *Kovshov S.V., Bulbashev A.A.* Biogenic lowering methods of dusting in open-cast mine of building materials // Proceedings of Mining Institute. Saint Petersburg, 2009. Vol.186. P.54-58.
3. *Shuvalov U.V., Bulbashev A.P., Smirnov U.D., Kovshov S.V.* Biogenic rising methods of soil productivity of revegetation acres // Mining information analytic bulletin. 2010. N.6. P.293-298.

В.В.СМИРНЯКОВА, канд. техн. наук, доцент, *smirnyakova@yandex.ru*
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

V.V.SMIRNYAKOVA, PhD in eng. sc., associate professor, *smirnyakova@yandex.ru*
National Mineral Resources University (Mining University), Saint Petersburg

ЭКОЗАЩИТНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

Особенно остро проблема охраны окружающей среды стоит в районах сосредоточения предприятий металлургической промышленности. Почти все стадии технологических процессов производства металлов сопровождаются образованием пыли и газов, уносимых технологическими и вентиляционными выбросами. Минимальные отрицательные эффекты в экосистемах будут в тех случаях, когда во взаимодействии с ними окажется технология высокой степени замкнутости, поставляющая загрязнители в количествах, соответствующих емкости экосистем.

Ключевые слова: промышленные отходы, загрязнения, выбросы, вредные вещества, экосистема, металлургическое производство, малоотходные технологии.

ENVIRONMENTAL PROTECTION TECHNOLOGIES FOR METALLURGICAL INDUSTRY

Problems of environmental protection are especially topical for areas of metallurgical industry location. Almost all steps of metal production are attended by powder and gas formation, that are injected with technological and ventilation emission. Minimal negative effects in ecosystems are expected in the case of use technology with the highest level of closed-circuit system, which inject pollution agents to the number that is responded for ecosystem capacity.

Key words: industrial wastes, pollution, emission, harmful agents, ecosystem, metallurgical industry, high technology.

На современном этапе человечество поставлено перед фактом возникновения в природе необратимых процессов, новых путей перемещения и превращения энергии и вещества. В природу внедряется все больше и больше новых веществ, чуждых ей, порой сильнотоксичных. Часть из них накапливается в биосфере, что приводит к неблагоприятным экологическим последствиям.

Накопление промышленных отходов, обуславливая высокий уровень загрязнения атмосферы, гидро- и литосферы, способствует повышению заболеваемости людей и животных, ускорению коррозии машин и оборудования, снижению урожайности сельскохозяйственных культур и продук-

тивности животноводства, ускоренному и нерациональному использованию природных ресурсов и энергии и ухудшению многих свойств экологических систем.

В настоящее время эксплуатируется более 55 % суши, около 13 % речных вод, скорость сведения лесов достигает 18 млн га в год [1, 2].

По мере развития промышленности, энергетики и средств транспорта антропогенное загрязнение биосферы, обусловленное жизнедеятельностью человека, непрерывно возрастает. Если в первой половине XX в. негативное воздействие загрязнений на биосферу во многих регионах сглаживалось происходящими в ней процессами, то в

последующие годы масштабы деятельности человека привели биосферу на грань экологического кризиса.

Выбросы промышленных предприятий, энергетических систем и транспорта в атмосферу, водоемы и недра достигли таких размеров (рис.1), что в ряде районов уровни загрязнений значительно превышают допустимые санитарные нормы. Это приводит к увеличению числа заболеваний хроническим бронхитом, астмой, аллергией, ишемией, раком, особенно среди городского населения [1].

Несовершенство современных технологий, в том числе и металлургических производств, не позволяет полностью перерабатывать минеральное сырье. Большая часть его возвращается в природу в виде отходов. По некоторым данным, годовая продукция составляет 1-2 % от используемого сырья, а все остальное идет в отходы, что свидетельствует о нерациональном подходе к природным ресурсам. Ежегодно в биосферу поступает более 30 млрд т бытовых и промышленных газообразных, жидких и твердых отходов.

В Российской Федерации основное загрязнение атмосферы создают ряд отраслей промышленности, автотранспорт и теплоэнергетика. Их участие в загрязнении атмо-

сферы распределяется следующим образом: предприятия черной и цветной металлургии, нефтедобывающие и нефтехимические, по производству стройматериалов, химической промышленности 30 %; автотранспорт 40 %; теплоэнергетика 30 % [1].

В США загрязнение атмосферы вредными веществами создают транспортные средства (50 %); теплоэлектростанции (20 %); промышленные предприятия (15 %); установки для сжигания твердых отходов (5 %); прочие (10 %).

Самыми распространенными токсичными веществами, загрязняющими атмосферу, являются оксид углерода, диоксид серы, оксиды азота, углеводороды и пыль. Содержание вредных веществ в выбросах в атмосферу характеризуют следующие данные, млрд т/год: CO 5,304, CO₂ 503,3, C_nH_m 2,688, NO_x 0,0823, SO_x 0,75, твердых частиц 4,7, в том числе антропогенные примеси, млрд т/год: CO 0,304, CO₂, 18,3, C_nH_m 0,088, NO_x 0,053, SO_x 0,10, твердых частиц 1,0.

Примерный относительный состав вредных веществ в атмосфере больших промышленных городов, %: CO 45; SO_x 18; C_nH_m 15; пыль 12; NO_x 10.

Металлургические предприятия выбрасывают в воздушный бассейн в основном пыль, диоксид серы, оксиды азота, оксиды

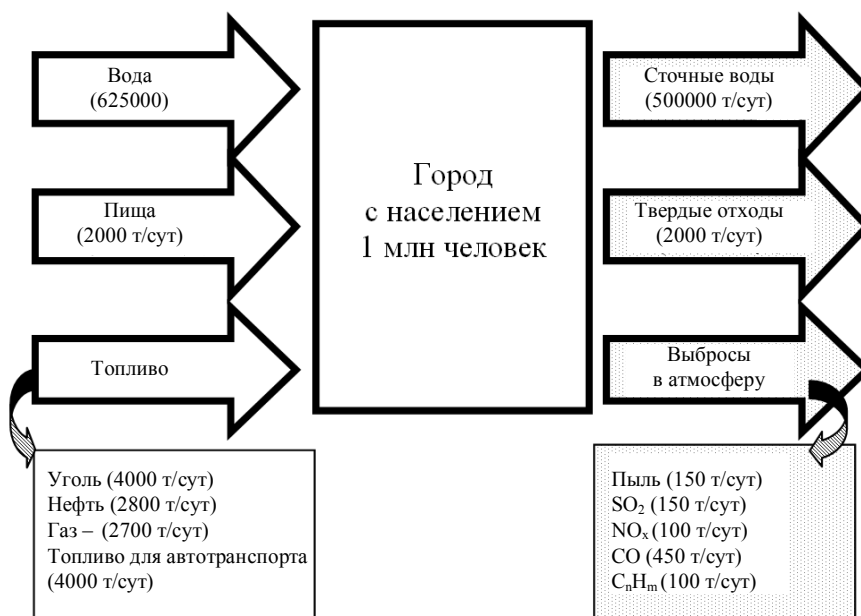


Рис.1. Схема массобмена современного промышленного города, т/сут

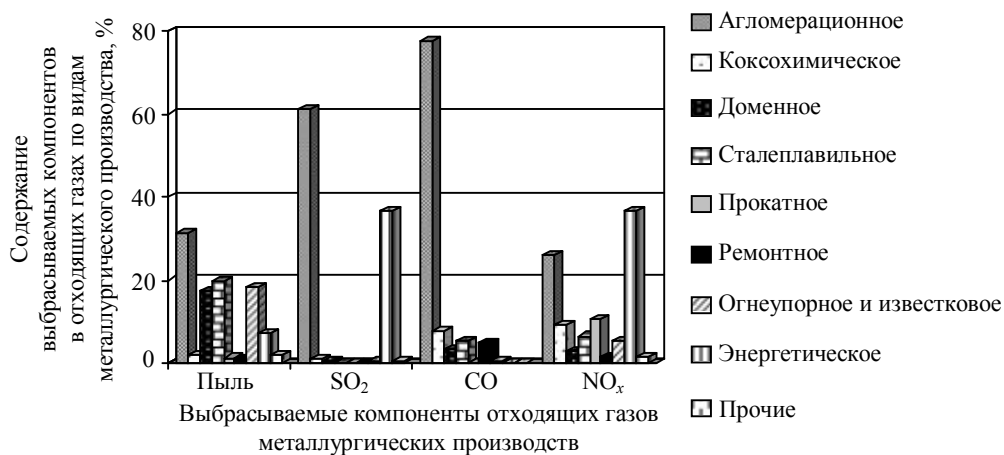


Рис.2. Распределение основных выбросов по видам металлургического производства

углерода, бенз(а)пирен. Коксохимические цеха выделяют и специфические вещества: бензол, фенол, аммиак, цианид водорода, сероводород и др. [1, 3]. Травильные отделения прокатных, трубных и метизных цехов являются источниками загрязнения воздушного бассейна парами соляной, серной и других кислот. Серная кислота также образуется в результате окисления SO_2 в SO_3 и дальнейшего соединения с парами воды.

Пылегазовые выделения современных предприятий черной металлургии в общем количестве выбросов промышленности и транспорта составляют: по пыли 20 %, по оксиду углерода 43 %, по диоксиду серы 16 %, по оксидам азота 23 %.

Распределение основных выбросов по видам металлургического производства представлено на рис.2.

Нерациональное использование природных ресурсов и невысокий уровень природоохранной техники приводят к загрязнению природной среды и изменению биосферы человеком.

Воздействие человека на биосферу сводится к четырем главным формам ее изменения [1]:

1) структуры земной поверхности (вырубка лесов, мелиорация, создание искусственных озер и т.д.);

2) состава биосферы, круговорота и баланса слагающих ее веществ (изъятие ископаемых, создание отвалов, выброс загрязняющих веществ в атмосферу и водные объекты);

3) энергетического, в частности теплового баланса отдельных районов земного шара и всей планеты;

4) состава биосферы (истребление некоторых видов, создание новых пород животных и сортов растений, перемещение их на новые места обитания).

В целях повышения экологических показателей современных технических систем и технологий, а также защиты природной среды от опасных и вредных факторов широко используются разные средства защиты.

Управление качеством природной среды возможно главным образом через воздействие на технологические процессы и путем применения различных дополнительных устройств по очистке отходящих газов и сточных вод.

Минимальные отрицательные эффекты в экосистемах будут в тех случаях, когда во взаимодействии с ними окажется технология высокой степени замкнутости, поставляющая загрязнители в количествах, соответствующих емкости экосистем. Таким образом, речь идет о согласовании производственной деятельности человека с законами природы, существующими и действующими независимо от нас. Однако промышленное производство в подавляющем большинстве случаев основано на незамкнутых технологиях и вызывает существенные нарушения природных систем, негативно воздействует на человека. Исходя из этого, одной из основных задач в настоящее время является сокращение потоков материальных загрязнителей.

Принципиально можно выделить два варианта воздействия на технологию в целях сокращения загрязнителей: воздействие оказывают непосредственно на поток загрязнителей, причем технологический процесс остается незамкнутым, и непосредственное воздействие на саму технологию, в результате чего сокращается поток отходов. Первое направление относят к пассивным, второе – к активным методам борьбы с загрязнением окружающей среды.

Безотносительно от вида загрязненных сред (воздух, вода, почва) реализация пассивного направления осуществляется преимущественно посредством помещения на пути потоков загрязнителей очистных сооружений, утилизирующих из отходящих потоков один или несколько компонентов или переводящих токсичные компоненты в нетоксичные, сокращающие объем выбросов, что в итоге приводит к снижению техногенной нагрузки на природную среду.

Ко второй группе методов борьбы с загрязнением окружающей среды следует отнести совершенствование технологического оборудования и процесса; создание нового технологического процесса. Защита окружающей среды будет сводиться к сокращению количества выбросов, снижению их токсичности и к созданию безотходной технологии [1, 2].

Совершенствование технологических процессов и особенно создание принципиально новой технологии получения продукта сопровождается значительным сокращением доли отходов производства. Таковы например, процесс бескоксовой металлургии железа, технология получения глинозема из нефелинового концентрата, когда на вход процесса подают нефелиновый концентрат и известняк для получения шихты, идущей затем на спекание и выщелачивание.

Безотходное производство в определенной мере моделирует биохимические системы использования природных ресурсов, которые установились в результате эволюционного процесса.

Существует афоризм: загрязнение среды – это природные ресурсы, оказавшиеся не на своем месте. Поэтому необходимо стремиться к созданию замкнутого технологического цикла.

Замкнутая термодинамическая система позволяет организовать технологический процесс без обмена веществ с окружающей средой. Технологическим аналогом замкнутой технологической системы могут служить процессы, в которых отсутствуют отходы производства, т.е. выбросы в виде твердых, жидких и газообразных веществ. Обмен с окружающей средой осуществляется лишь посредством энергии исходного сырья, готовой продукции и энергетических выбросов.

В замкнутом безотходном производстве все отходы могут быть полностью использованы на данном предприятии или смежном производстве.

Для удовлетворения потребностей общества ежегодно на душу населения в хозяйственный оборот вовлекаются до 20 т природного сырья. В промышленности около 70 % затрат приходится на сырье, материалы, топливо и энергию. В этой связи в условиях постоянного нарастающего дефицита природных ресурсов важную роль играет рациональное, комплексное и экономичное их использование, снижение металлоемкости и энергоемкости промышленного производства [1].

ЛИТЕРАТУРА

1. Безопасность жизнедеятельности в металлургии: Учебник для вузов / Под ред. Л.С.Стрижко. М., 1996.
2. *Ветюшкин А.Г.* Процессы и аппараты газоочистки: Учеб. пособие. Пенза, 2006.
3. *Старк С.Б.* Газоочистные аппараты и установки в металлургическом производстве. М., 1990.

REFERENCES

1. Life safety in metallurgy: Textbook for Institutions of higher education / Ed. L.S.Strizko. Moscow, 1996.
2. *Vetoshkin A.G.* Processes and devices of gas cleaning: Educational book. Penza, 2006.
3. *Stark S.B.* Devices and lines of gas cleaning in metallurgical industry. Moscow, 1990.

УДК: 622.363.2;4

С.А.ТОЛСТУНОВ, канд. тех. наук, доцент, *tsaa09@mail.ru*
А.В.МОНТИКОВ, канд. тех. наук, доцент, *amontikov@mail.ru*
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

S.A.TOLSTUNOV, PhD in eng. sc, associate professor, *tsaa09@mail.ru*
A.V.MONTIKOV, PhD in eng. sc, associate professor, *amontikov@mail.ru*
National Mineral Resources University (Mining University), Saint Petersburg

ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ ПОДВИГАНИЯ ОЧИСТНОГО ЗАБОЯ НА ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ГОРНЫХ РАБОТ

Состояние краевой зоны разрабатываемого пласта во многом определяет условия взаимодействия крепи механизированного комплекса и вмещающих пород, а также непосредственную связь с оседанием дневной поверхности и газовыделением в очистной забой. В работе рассмотрено влияние скорости подвигания очистного забоя на оседание дневной поверхности и состояние краевой зоны пласта.

Ключевые слова: краевая зона пласта, очистной забой, прогиб дневной поверхности, траектории движения

EFFECT OF SPEED ADVANCE STRIKE FACE TO THE ENVIRONMENTAL CONSEQUENCES OF MINING

Status of the marginal zone of the reservoir developed largely determines the conditions of interaction of mechanized roof supports of the complex and surrounding rocks, and also defines direct link with deposition of surface and gas evolution in the face cleansing. In this paper we consider the influence of strike face speed subsidence at the surface and condition of the marginal zone of the reservoir.

Key words: marginal zone formation, cleansing face, the deflection surface, the trajectory of motion of rocks.

Подземные горные работы с обрушением кровли вызывают проседания дневной поверхности в виде мульды и создают условия для появления парниковых газов в рудничной атмосфере. Наиболее разрушительным действием обладают неравномерные оседания дневной поверхности, которые происходят при относительно низкой скорости подвигания очистных забоев. Использование современных механизированных комплексов на пластах пологого падения создает широкие возможности в наращивании производственной мощности горных предприятий, повышении нагрузки на очистной забой и улучшения технико-экономических

показателей. За последнее десятилетие на шахтах Кузбасса длина очистных забоев на пологом падении увеличилась в 1,5-2 раза, а скорость подвигания забоев – в 4-6 раз. За это же время на шахтах Кузбасса произошло восемь крупных техногенных аварий, сопровождающиеся потерей людских ресурсов и материальных ценностей.

В статье В.А.Скрицкого[7] приводится анализ горно-технических ситуаций и причин наиболее сильных взрывов метана, произошедших за последнее десятилетие на шахтах Кузбасса. Рассмотрение этих причин показывает, что техногенные аварии происходили на предприятиях, оснащенных со-

временной техникой и хорошо отработанной в промышленности технологией, с относительно низкой газообильностью пластов. Шахты использовали самые совершенные схемы проветривания очистных забоев. При скоростях движения очистных забоев до 5 м/сутки в сопоставимых условиях никогда таких аварий не происходило. Это обстоятельство диктует необходимость более детального рассмотрения горно-технической ситуации и выявить наиболее значимые факторы с точки зрения геомеханики, влияние которых определяет решающую роль в возникновении аварийных ситуаций. К этим факторам относится влияние длины лавы и скорости подвигания забоя за сутки. В горно-технической литературе этим факторам не придавалось ранее существенного значения. Их влияние в расчетах по вентиляции очистных забоев учитывалось косвенно, т.е. через общую нагрузку на очистной забой. Во всех случаях количества воздуха было достаточно для разбавления метана до безопасных концентраций.

В работе [8] показано, что увеличение скорости подвигания очистного забоя приводит к значительным изменениям напряженно-деформированного состояния краевой зоны пласта и к появлению дополнительных зон ослабленного угля, являющегося дополнительным источником выделения метана.

Имеющиеся в литературе [1-4] сведения о состоянии краевой зоны пласта относятся к технологиям с относительно невысокими скоростями подвигания забоев (до 4 м в сутки), что не позволяет экстраполировать полученные зависимости на ситуации с высокими скоростями (до 20 м и более в сутки) подвигания забоев. В связи с тем, что в литературе последних лет не найдены сведения о влиянии скорости подвигания очистного забоя на характер проявлений опорного давления впереди лавы и состоянии краевой зоны пласта, попытаемся охарактеризовать данное явление с позиций динамики деформаций межслоевой толщи и деформаций дневной поверхности. При малых глубинах разработки влияние вышележащей толщи на краевую зону разрабатываемого массива незначительно. При значи-

тельных глубинах разработки влияние ощущается со значительным изменением границ с учетом углов сдвижения мульды и изменением деформаций во времени.

Среди специалистов горного производства нет единого мнения о характере влияния скорости подвигания очистного забоя на состояние дневной поверхности. В работе [5] приводятся некоторые сведения о влиянии скорости подвигания очистного забоя на характер формирования динамической мульды сдвижения дневной поверхности. Г.Бригс [5,9] отмечал положительный эффект увеличения скорости подвигания очистного забоя на состояние дневной поверхности и уменьшения риска разрушения объектов над разрабатываемой площадью. В трудах И.М.Бахурина имеется упоминание о целом ряде случаев, когда увеличение скорости подвигания очистных работ также благоприятно сказывается на состоянии объектов, расположенных на подрабатываемой горными работами территории [4]. А.Перец утверждает, что скорость сдвижения и деформаций поверхности растет пропорционально скорости подвигания очистных работ. В более поздних работах С.Г.Авершина и С.Кноте даются количественные зависимости для определения влияния скорости подвигания очистного забоя на интенсивность сдвижений и деформаций земной поверхности (рис.1).

На основании этих исследований установлено, что при малых скоростях подвига-

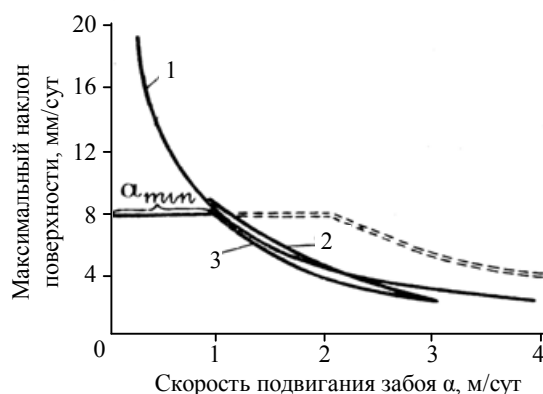


Рис.1. Зависимость скорости оседания земной поверхности от скорости подвигания очистного забоя 1, 2 и 3 — по результатам работ С.Кноте, С.Г.Авершина [2] и С.А.Батугина [3], соответственно

По данным наблюдений на шахтах Воркуты динамические проявления горного давления по пласту Тройному на вентиляционных штреках проявлялись на расстоянии 45-50 м впереди лавы при скорости подвигания забоя 4-5 м/сутки. В настоящее время в сходных условиях скорости подвигания очистных забоев увеличились до 8-10 м/сут, что привело к одновременному увеличению зоны влияния лавы на штреки до 100-120 м. Это утверждение подтверждается инструментальными замерами на шахте «Заполярная» по пласту Тройному[6]. Следовательно, увеличение скорости подвигания очистных забоев приводит к пропорциональному увеличению границ влияния на краевую зону пласта и подготовительные выработки.

Скорость подвигания очистного забоя является одним из основных факторов, определяющих степень повреждений земной поверхности и горных пород подстилающей толщи, что должно учитываться при решении вопросов состояния подрабатываемой толщи горных пород при расконсервации запасов угля, при решении вопросов дегазации, улучшения технологии добычи угля. Скорость движения горных пород при подработке зависит от скорости подвигания очистного забоя. Увеличение скорости подвигания очистного забоя благоприятно для состояния дневной поверхности, так как при этом имеют место менее значительные повреждения. Одновременно при увеличении скорости подвигания очистного забоя создаются значительные трудности при управлении горным давлением, поддержании выработок и интенсификации газовых выделений из призабойной зоны пласта. Поэтому дальнейшие исследования должны быть направлены на изучение поведения краевой зоны пласта и боковых пород при их подработке очистными забоями с увеличенными скоростями движения.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Авершин С.Г.* Горные работы под сооружениями и водоемами. М., 1954.
2. *Авершин С.Г.* Сдвигение горных пород при подземных разработках. М., 1959.
3. *Батугин С.А.* Влияние скорости подвигания очистного забоя на сдвигения и деформации земной поверхности // Труды по вопросам горного давления, сдвигения горных пород и методики маркшейдерских работ. 1963. Т.50.
4. *Бахурин И.М.* Сдвигение горных пород под влиянием горных разработок Л., 1946.
5. *Бригс Г.* Оседания и обрушения поверхности под влиянием горных разработок: Перевод с английского. Л., 1948.
6. *Розенбаум М.А.* Исследование высоты расслоения пород кровли в горных выработках в зоне опорного давления / М.А.Розенбаум, С.М.Черняховский, Е.С.Савченко // Записки Горного института. СПб, 2011. Т.190.
7. *Скрицкий В.А.* Взрывы метана на шахтах: трагедия на «Ульяновской» // Горная промышленность 2008. № 3.
8. *Толстунов С.А.* Влияние состояния краевой зоны пласта на механизм возникновения взрывов метана на угольных шахтах // Записки Горного института. СПб, 2011. Т.190.
9. *Briggs G.* Mining subsidence at Barbauchlow Mine // Trans. Inst. Min. Eng. 1933. Vol.85.

REFERENCES

1. *Avershin S.G.* Mining operations at facilities and reservoirs. Moscow, 1954.
2. *Avershin S.G.* Strata movement during underground mining. Moscow, 1959.
3. *Batugin S.A.* Effect of speed podviganiya stope on displacement and deformation of the earth's surface // Works on rock pressure, displacement of rocks and surveying techniques work, 1963. Vol.50.
4. *Bakhurin I.M.* Displacement of rocks under the influence of mining Leningrad, 1946.
5. *Briggs G.* Subsidence and collapse under the influence of surface mining operations. Leningrad, 1948.
6. *Rosenbaum M.A., Chernyakhovsky S.M., Savchenko E.S.* Investigation of the height of the bundle of roof rocks in mines in the area of the reference pressure // Proceeding of the Mining Institute. Saint Petersburg. 2011. Vol.190.
7. *Skritsky V.A.* Methane explosions in coal mines: the tragedy of the «Ulyanovsk» // Proceeding of the Mining Institute. Saint Petersburg. 2008. N 3.
8. *Tolstunov S.A.* The influence of the state of the marginal zone of the reservoir on the mechanism of methane explosions in coal mines // Proceeding of the Mining Institute. Saint Petersburg. 2011. Vol.190.
9. *Briggs G.* Mining subsidence at Barbauchlow Mine // Trans. Inst. Min. Eng. 1933.

О.В.ЧЕРЕМИСИНА, *д-р техн. наук, профессор, ovcheremisina@yandex.ru*
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

O.V.CHEREMISINA, *PhD in eng. sc., professor, ovcheremisina@yandex.ru*
National Mineral Resources University (Mining University), Saint Petersburg

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЗАЩИТЫ ГИДРОСФЕРЫ ОТ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ОБЪЕКТОВ ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

Современное техническое и технологическое состояние промышленных предприятий цветной и черной металлургии, связанное с необходимостью очистки сточных вод и возвратом их в основное производство, требует разработки универсальных технологических схем очистки сточных вод. В статье представлен сорбционный способ очистки сточных вод от различных форм железа и целого ряда цветных металлов с использованием нового сорбционного материала на основе железомарганцевых конкреций.

Ключевые слова: сточные воды металлургических предприятий, неорганические сорбенты, железомарганцевые конкреции, сорбция, ионный обмен.

ASPECT OF TECHNOLOGY PROTECTION OF HYDROSPHERE AGAINST IONS OF HEAVY METALS IN A ZONE OF INFLUENCE OF OBJECTS

The modern technical and technological condition of the industrial enterprises color and the ferrous metallurgy, connected with necessity of sewage treatment and their return to the basic manufacture, demands working out of universal technological schemes of sewage treatment. In article it is presented sorption a way of sewage treatment from various forms of iron and variety of nonferrous metals with use new sorption a material on a basis iron magnesia concretions.

Key words: sewage of the metallurgical enterprises, inorganic sorbents, iron magnesia concretions, sorption, an ionic exchange.

Предприятия металлургической отрасли отличаются полным циклом переработки природного минерального сырья от добычи руды, включая последующую концентрацию полезных минералов, до выпуска металлов с последующей обработкой их и попутным производством различных солей, кислот, минеральных удобрений [1, 2]. Разнообразие перерабатываемого сырья, сложность и многостадийность производственных процессов обуславливают большой выход сточных вод, высокую степень их загрязненности тяжелыми металлами [3]. Даже на однотипных производствах, например, на

медеплавильных заводах или на обогатительных фабриках, перерабатывающих медные руды, количество образующихся сточных вод на единицу выпускаемой продукции, номенклатура и концентрация загрязняющих примесей могут быть весьма различными. Это создает определенные затруднения в разработке схем очистки сточных вод и кондиционирования оборотных вод, строительстве и эксплуатации очистных сооружений.

На предприятиях, добывающих полиметаллические руды, сточные воды загрязнены медью, свинцом, цинком в недопустимых для сброса концентрациях; на никель-

кобальтовых рудниках – никелем, кобальтом, мышьяком; на вольфрамо-молибденовых и сурьмяно-ртутных – мышьяком, сурьмой, ртутью, молибденом, фтором, медью, свинцом, цинком, железом [3].

Большинство промышленных предприятий в крупных городах имеют установки локальной очистки воды, на которых полная очистка не достигается, а частично очищенная вода разбавляется и сбрасывается. Поступление металлов в гидросферу может характеризоваться разной интенсивностью, иметь сезонный характер и зависеть от различных факторов [4]. В сточных водах чаще всего присутствуют медь, никель, хром, кадмий и кобальт. Бывают сточные воды с высоким содержанием свинца. Во всех типах сточных вод, независимо от их происхождения, присутствуют железо и марганец, поэтому технология очистки воды от тяжелых металлов должна обладать групповым действием.

Биологическую очистку как технологию очистки воды от черных и цветных металлов можно исключить из рассмотрения. Реально возможным и ведущим к предотвращению поступления металлов в гидросферу со сточными водами является только совершенствование методов локальной химической очистки воды. Осуществление очистки сточных вод с регенерацией основной массы ценных компонентов и возвратом их в основное производство дает несомненный экономический эффект, но реальное внедрение не всегда возможно по техническим и технологическим причинам [5].

В зависимости от состава неорганических примесей и их концентрации в сточных водах применяют различные методы очистки: реагентные, термические, ионообменные, электрохимические, ультрафильтрационные, обратный осмос и т.д.

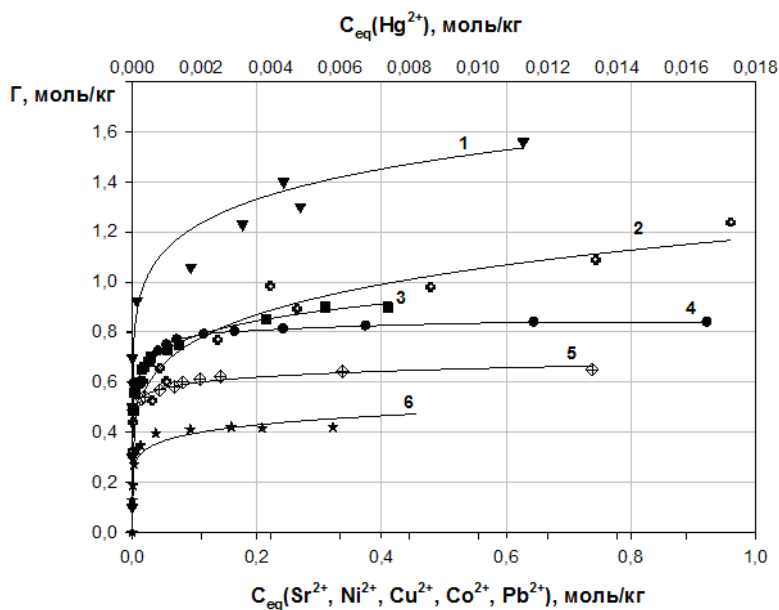
Очистка сточных вод методом ионного обмена в последнее время получает все большее распространение, так как этот метод позволяет утилизировать ценные примеси, очищать воду до предельно допустимых концентраций и обеспечивает возможность использования очищенных сточных вод в производственных процессах или в системах оборотного водоснабжения [3].

Для очистки сточных вод применяют искусственные и природные минеральные и органические катиониты. Применение неорганических сорбентов для очистки сточных вод цветной металлургии весьма перспективно, главным образом из-за дешевизны используемых сорбентов. Подчас предприятиями используются подручные природные сорбенты: глины, пески, силикагели, цеолиты, которые добывают в непосредственной близости от места потребления. Соответственно подбор высокоэффективных и недорогих сорбентов является основополагающим фактором использования сорбционной технологии.

Использование железомарганцевых конкреций (ЖМК) Балтийского моря в качестве дешевого, легкодоступного и высокоэффективного сорбента позволило бы предприятиям РФ повысить эффективность производства за счет рециклинга сточных вод.

ЖМК являются основной фракцией железомарганцевых образований мирового океана [6], которые представляют собой океанические донные минеральные ассоциации гидроксидов железа и марганца, образовавшиеся в ходе седиментационных и диагенетических процессов на границе раздела вода – коренные породы. В настоящее время ЖМК используются в металлургии в качестве минерального сырья для получения ряда металлов: никеля, кобальта, меди, железа, марганца, однако в силу высокой сорбционной способности к целому ряду металлов ЖМК можно использовать в качестве неорганических сорбентов для очистки сточных вод различного солевого состава.

Исследованию взаимодействия ЖМК с многосолевыми водными растворами посвящены работы [7-9]. Авторы установили высокую сорбционную способность конкреций к железу и целому ряду цветных металлов и показали, что химический состав железомарганцевых образований практически не влияет на процесс сорбции ионов цветных металлов. Константа ионообменного равновесия определяет избирательность минерала по отношению к ионам, участвующим в обменной реакции. Изучение кинетики ионообменных реакций показывает, что лимитирующей стадией является диффузия



Изотермы сорбции катионов Sr^{2+} , Ni^{2+} , Co^{2+} , Cu^{2+} , Pb^{2+} , Hg^{2+} на поверхности ЖМК
 1 – Cu^{2+} ; 2 – Ni^{2+} ; 3 – Pb^{2+} ; 4 – Hg^{2+} ; 5 – Co^{2+} ; 6 – Sr^{2+} ; G – величина сорбции ионов, моль/кг;
 C_{eq} – равновесная концентрация ионов, моль/кг

Лиотропный ряд катионов

Показатель	Na^+	Sr^{2+}	Hg^{2+}	Pb^{2+}	Co^{2+}	Ni^{2+}	Cu^{2+}
ΔG_{298}^0 , кДж·моль ⁻¹	–	$-1,59 \pm 0,12$	$-1,7 \pm 0,24$	$-3,7 \pm 0,26$	$-3,8 \pm 0,32$	$-5,19 \pm 0,48$	$-9,3 \pm 0,48$
G_{∞} , моль/кг	–	0,490	0,895	0,866	0,667	1,05	1,43
$(z/\Gamma_{\text{sorb}}) \cdot 10^3$, пМ ⁻¹	5,46	9,2	12,5	12,3	10,8	13,4	15,7
Γ_{sorb} , пМ	183	217	160	163	186	149	127
α	0	0,49	0,73	0,72	0,59	0,72	0,81

обменных ионов в кристаллической решетке минералов. С ростом температуры значительно возрастают скорости обмена ионов между кристаллической и жидкими фазами. Высокие скорости обмена и низкие энергии активации реакций являются одними из основных характеристик ионного обмена.

Конкреции концентрируют металлы за сравнительно короткое время и с достаточно высокими скоростями. Концентрирование металлов сопровождается вытеснением из конкреций щелочных (натрий и калий) и щелочно-земельных (кальций и магний) металлов. Наибольшей подвижностью обладают катионы натрия и кальция, которые извлекаются в раствор практически полностью.

По экспериментальным данным сорбционного поглощения катионов металлов конкрециями по времени можно констатировать, что по сорбционному поведению изученные металлы можно разделить на две

группы (см. рисунок). К первой группе относятся катионы щелочных металлов, характеризующиеся полной обратимостью и эквивалентностью обмена между собой на конкрециях. Вторую группу составляют катионы цветных металлов, для которых наблюдается отсутствие обратимости обмена и сохранение эквивалентности обмена.

На основании полученных значений энергии Гиббса ионного обмена и ионных потенциалов обменивающихся катионов металлов представлен ряд вытеснительной способности катионов (см. таблицу). В качестве основного критерия сорбционной способности катионов при составлении лиотропного ряда принято понижение энергии Гиббса ионного обмена.

Проведенные исследования ионного обмена на поверхности ЖМК позволили вычислить характеристики ионного обмена и сорбируемых ионов, на основании кото-

рых можно рассчитывать технологические показатели процесса очистки сточных вод и сделать вывод о сорбционной универсальности железомарганцевых конкреций к целому ряду тяжелых металлов. Размол и грануляция ЖМК с бентонитовыми глинами увеличивает емкость конкреций в 2-3 раза и повышает прочностные характеристики материала до требований ГОСТов. Преимуществами данного сорбента являются низкая насыпная масса, высокие пористость и удельная поверхность.

Проведены испытания неорганического материала на основе ЖМК по сорбционной очистке сточных вод от различных форм железа на опытно-промышленной сорбционной установке Киришского филиала научно-производственного предприятия ЗАО НПП «Биотехпрогресс». Проведенные испытания показали хорошую эффективность обесцвечивания, очистки воды от железа и взвешенных веществ на полученной опытной партии фильтрующего материала в диапазоне 90-95 %. Полученный сорбционный материал на основе ЖМК позволит заменить импортные сорбенты, так как по емкости превосходит мировые аналоги при меньшей стоимости. В качестве сорбционного материала целесообразно использовать мелкую фракцию конкреций с размером гранул 1-3 мм, которая представляет меньшую ценность для металлургии.

Концентрирование цветных и черных металлов (железа) путем сорбции на ЖМК предполагает последующее извлечение на стадии вскрытия конкреций или десорбции. Переработка ЖМК может быть проведена по технологии выщелачивания полезных компонентов сернистым ангидридом в водных растворах и в растворах серной кислоты или пирометаллургическим способом на металлургических предприятиях по технологии, предусматривающей извлечение цветных и черных металлов: меди, кобальта, никеля, марганца и железа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вахлер Б.Л. Водоснабжение и водоотведение на металлургических предприятиях. М., 1977. 320 с.
2. Дмитриев М.П. Санитарно-химический анализ загрязняющих веществ в окружающей среде / М.П.Дмитриев, Н.И.Казнина, И.А.Пигина. М., 1989. 368 с.
3. Милованова А.В. Очистка сточных вод предприятий цветной металлургии. М., 1971. 382 с.
4. Романчук А.И. Возможности комплексного использования железомарганцевых образований (ЖМО) Мирового океана / А.И.Романчук, В.В.Задорной, В.П.Ивановская // Руды и металлы. 1996. № 6. С.70-74.
5. Саев Ю.Е. Геохимия окружающей среды / Ю.Е.Саев, Б.А.Ревич, Е.П.Янин. М., 1990. 335 с.
6. Химия промышленных сточных вод / Под ред. А.А.Рубина. М., 1983. 360 с.
7. Чиркст Д.Э., Сорбция железа (2+) железомарганцевыми конкрециями / Д.Э.Чиркст, О.В.Черемисина, М.И.Иванов // Журнал прикладной химии. 2005. Т.78. № 4. С.599-605.
8. Чиркст Д.Э. Изотерма обмена катионов никеля и натрия на ЖМК / Д.Э.Чиркст, О.В.Черемисина, М.В.Иванов, А.А.Чистяков // Журнал прикладной химии. 2006. Т. 79. № 7. С. 1101-1105.
9. Чиркст Д.Э. Изотерма обмена катионов натрия и меди на железомарганцевых конкрециях / Д.Э.Чиркст, О.В.Черемисина, М.В.Иванов, А.А.Чистяков, И.Т.Жадковский // Журнал прикладной химии. 2009. Т.82. № 2. С.238-242.

REFERENCES

1. Vahler B.L. Water supply and water removal at the metallurgical enterprises. Moscow. 1977. 320 p.
2. Dimitriev M.P. Sanitarно the chemical analysis of polluting substances to environment / M.P.Dimitriev, N.I.Kaznina, I.A.Pigina. Moscow, 1989. 368 p.
3. Milovanova A.V. Sewage treatment of the nonferrous metallurgy enterprises. Moscow, 1971. 382 p.
4. Romanchuk A.I. Possibilit of complex use iron magnesia formations (IMF) world ocean / A.I.Romanchuk, V.V.Zadornoj, V.P.Ivanovsky//Ores and metals. 1996. N 6. P.70-74.
5. Saev J.E. Geochemistry of environment / J.E.Saev, B.A.Revich, E.P.Yanin. Moscow. 1990. 335 p.
6. Chemistry's ruby of industrial sewage / Ed. A.A.Rubin. Moscow, 1983. 360 p.
7. Chirkst D.E., Cheremisina O.V., Ivanov M.I. Sorption gland (2+) iron magnesia concretions // Journal of Applied Chemistry. 2005. Vol.78. N 4. P.599-605.
8. Chirkst D.E. Isotherm of an exchange of cations of nickel and sodium on Iron magnesia concretions / D.E.Chirkst, O.V.Cheremisina, M.V.Ivanov, A.A.Chistjakov // Journal of Applied Chemistry. 2006. Vol.79. N 7. P.1101-1105.
9. Chirkst D.E. Isotherm of an exchange of cations of sodium and copper on Iron magnesia concretions / D.E.Chirkst, O.V.Cheremisina, M.V.Ivanov, A.A.Chistjakov, I.T.Zhadovsky // Journal of Applied Chemistry. 2009. Vol.82. N 2. P.238-242.

Ю.В.ШАРИКОВ, *д-р техн. наук, профессор, yvshar@mail.ru*
Р.Д.ПАВЛОВ, *канд. техн. наук, ассистент, yvshar@mail.ru*
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

Yu.V.SHARIKOV, *Dr. in eng. sc., professor, yvshar@mail.ru*
R.D.PAVLOV, *PhD. in eng. sc., assistant lecturer, yvshar@mail.ru*
National Mineral Resources University (Mining University), Saint Petersburg

МЕТОДЫ ТОНКОЙ ОЧИСТКИ ОБОРОТНЫХ ВОД ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Рассмотрены основные особенности очистки оборотных вод промышленных предприятий, содержащих растворенные соли металлов. Показано, что применение мембранных методов очистки позволяет удалить растворенные металлы из оборотных вод, довести содержание солей до нормированных показателей. Применение этого метода не требует таких больших затрат энергии, как использование выпаривания. Проведен анализ процесса мембранной очистки, получена математическая модель процесса очистки, предложен алгоритм ее решения и приведены результаты расчета поля концентраций и давлений в мембранном элементе.

Ключевые слова: оборотные воды, мембранные методы очистки, обработка осадков, математическое моделирование.

METHODS FINE PURIFICATION OF CIRCULATING WATER FOR INDUSTRY

Main features of purification of recycled water of industrial enterprises have been considered. It has been shown that using membrane methods of purification allows to remove of dissolved metals salts from recycled water and to bring their concentration to standardized level. Using this method doesn't require such large energy consumption as evaporation method. The analyze of membrane purification methods have been fulfilled. Mathematical model of this process has been developed. The solution algorithm has been developed and some results of simulation of membrane purification have been presented.

Key words: recycled water; membrane methods purification; sedimentations treatment; mathematical modelling.

В оборотных и сточных водах промышленных предприятий часто содержатся растворенные соли металлов. Для извлечения таких солей, если они присутствуют в больших количествах, применяют обычно реагентные методы очистки, позволяющие перевести соли некоторых металлов в осадок и удалить их фильтрованием. Однако применение таких методов не всегда рационально, так как реагентные методы обладают селективным действием и в случае нали-

чия смеси многих солей, находящихся в небольших концентрациях, такой метод неэффективен. Особенно это относится к оборотным водам металлургических предприятий, которые содержат многие соли металлов в небольших концентрациях, которые могут увеличиваться при использовании их в качестве оборотных. Для этих целей в последнее время стали все чаще использовать мембранные методы очистки, позволяющие извлекать растворенные соли.

Применение полупроницаемых мембран может дать значительный эффект в сложившихся традиционных производствах и открывает широкие возможности для создания простых, малоэнергоёмких и экологически чистых технологических систем [6, 7].

С точки зрения технологических возможностей различают мембраны для микрофильтрации, ультрафильтрации, нанофильтрации и обратноосмотические мембраны (ОО). В этом ряду размер пор уменьшается, а рабочее давление растёт [15]. Микрофильтры имеют наиболее крупные поры диаметром от 10 до 100 мкм, им требуется избыточное давление до 0,1-0,5 МПа. Ультрафильтрационные мембраны имеют менее крупные поры (от 1 до 0,05 мкм) и работают обычно при разности давлений 0,1-1 МПа. Они применяются, если не требуется корректировка солевого состава воды. Нанофильтрационные мембранные элементы (МЭ) с порами 5-50 нм или 0,005-0,05 мкм используют для умягчения воды с повышенной жесткостью. Одновалентные ионы (Na, K, Cl, NO₃) задерживаются слабо, в среднем не более 10-30 %. Рабочее давление нанофильтрации обычно не превышает 0,5-1,5 МПа. ОО-мембраны имеют поры диаметром менее 0,005 мкм, работают при давлениях до 10 МПа и позволяют осуществлять глубокое обессоливание, или деминерализацию [3]. Их применяют для получения сверхчистой воды для производственных нужд, а также для осуществления кругового оборота воды внутри предприятия, причем степень обессоливания (селективность) составляет обычно не менее 92-97 % [1]. ОО нередко используют вместо дистилляции для получения высококачественной воды. Одно из главных преимуществ ОО заключается в значительной экономии энергии, поскольку дистилляция требует большого расхода тепла. Энергетические затраты в случае ОО составляют лишь 25 % тех, что идут на дистилляцию.

Задерживающая способность мембран характеризуется номинальной отсекаемой молекулярной массой (НОММ) [2]. Величина задержки, определяемая НОММ, означает, что 90 % сферических незаряженных молекул данной молекулярной массы будут задержаны.

Мембраны ОО имеют значения НОММ = 50÷500, у мембран для ультрафильтрации НОММ = 1000÷10000 [2].

Основными закономерностями процессов мембранного разделения являются следующие [1, 2, 5]:

1. Поток фильтрата прямо пропорционален площади поверхности мембраны.

2. Поток фильтрата увеличивается при возрастании давления, приложенного к входному потоку [8, 9].

3. Поток фильтрата увеличивается при росте температуры воды приблизительно в пропорции 3 %/1 °С и, наоборот, в такой же пропорции падает со снижением температуры. Это вызвано изменением вязкости воды.

4. Поток фильтрата снижается при повышении $K_{\text{вых}}$ (коэффициент выхода фильтрата). Рост $K_{\text{вых}}$ фильтрата будет приводить к увеличению концентрационной поляризации, тем самым к увеличению осмотического давления и, соответственно, к снижению потока фильтрата.

5. Селективность мембранного разделения снижается при увеличении температуры входного потока. Селективность характеризует процент содержания солей в концентрате относительно содержания солей во входной воде [12, 13].

6. Селективность мембранного разделения снижается при повышении $K_{\text{вых}}$. $K_{\text{вых}}$ характеризует процент выхода фильтрата по отношению к потреблению входной воды и в основном зависит от вида входной воды и требуемого качества фильтрата. Обычно для предварительно очищенной воды $K_{\text{вых}}$ находится в пределах от 40 до 80 %.

7. Селективность мембраны линейно возрастает с увеличением давления в области малых давлений. Под действием давления полимерная мембрана несколько уплотняется и становится менее проницаемой для примесей [4].

8. Производительность мембраны снижается при увеличении концентрации примесей.

9. Производительность мембраны увеличивается при уменьшении ее толщины (толщины самого плотного рабочего слоя) [14].

10. Осмотическое давление увеличивается с возрастанием концентрации примесей

в соотношении 0,6-0,8 бар на 1 г/л. Осмотическое давление различается в 1,5-2 раза для различных солей и зависит от радиуса, заряда и строения их ионов.

В процессе разделения через мембрану проходит преимущественно растворитель, при этом концентрация растворенного вещества в пограничном слое у поверхности мембраны повышается. Отношение концентрации растворенного вещества у поверхности мембраны к его концентрации в разделяемом растворе называют концентрационной поляризацией [10]. Она отрицательно влияет на рабочие характеристики мембран, так как вследствие увеличения осмотического давления раствора снижается движущая сила процесса, что ведет к уменьшению производительности разделения [8]. Кроме того, при этом возможны выпадение в осадок и осаждение на мембране труднорастворимых солей, гелей высокомолекулярных соединений, что вызывает необходимость чистки или замены мембран. Для уменьшения влияния концентрационной поляризации возможно использование различных методов (турбулизация разделяемого раствора, пульсация раствора, повышение температуры и т.д.) [5, 9, 10].

Перед подачей на мембрану воду, как правило, очищают от грубодисперсных примесей, а также от тех растворенных веществ, которые могут либо повредить мембрану, либо стать причиной отложений на ее поверхности (соли жесткости). Схема потоков в модуле – один из главных факторов, определяющих степень достигаемого разделения. В одностадийных или многостадийных процессах мембранного разделения используются две базовые конфигурации потоков: однопроходная система и система с рециркуляцией (рис.1 и 2) [11]. В однопроходной системе исходная вода проходит через модуль (одностадийная система) или систему модулей (многостадийная система) только один раз. В многостадийных однопроходных системах снижение потока компенсируется определенной сборкой модулей (так называемая коническая каскадная схема). В рециркуляционной системе исходная вода компримируется и прокачивается не-

сколько раз через одну и ту же ступень, состоящую из нескольких модулей. Система рециркуляции гораздо более гибкая, чем однопроходная. Ей отдается предпочтение в процессах, когда возможна сильная концентрационная поляризация и быстрое отложение осадков на мембранах. В то же время для более простых задач экономически оправдано применение однопроходной системы.

Загрязнение мембран. Срок службы мембран во многом определяется тем, насколько хорошо проведена предварительная обработка раствора перед подачей его в мембранный аппарат и тем, в какой степени его конструкция и условия его эксплуатации позволяют противостоять загрязнению мембран.

Проблема загрязнения особенно актуальна, когда обрабатывается вода низкого качества. Поэтому во всех обратноосмотических установках предусмотрена предварительная фильтрация подаваемой воды для удаления основной массы крупных частиц и различных загрязняющих материалов. На загрязнение указывают снижение выхода очищенной воды или возросшее пропускание солей, что приводит к ухудшению качества конечного продукта.

Наиболее часто загрязнение вызывается накоплением на мембране коллоидной массы. Оксиды металлов, в особенности железа, также могут вызвать загрязнение. Другой тип загрязнения, называемый накипью, вызван накоплением плохо растворимых солей, таких, как карбонат и сульфат кальция или различные силикаты. Для удаления таких загрязнений приходится прибегать к добавлению удаляющих накипь агентов, например, полифосфата.

Другим аспектом мембранного загрязнения является микробиологическая деградация мембран. Целлюлозные мембраны медленно атакуются микробами, а на мембранах менее чувствительных к атаке происходит рост бактерий, вызывающий ее забивание. Чтобы по возможности предотвратить это, следует избегать образования в установке зон, в которых может застаиваться вода, и добавлять в установку формальдегид при длительных перерывах в работе [11].

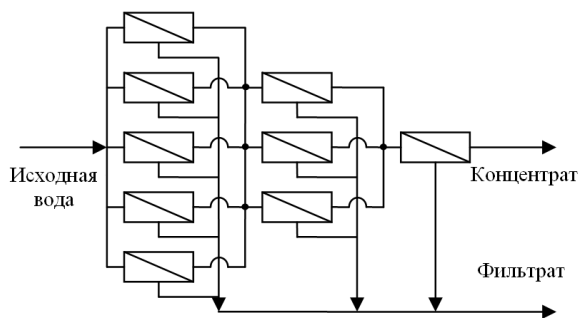


Рис.1. Классическая однопроходная схема (мембранный блок)

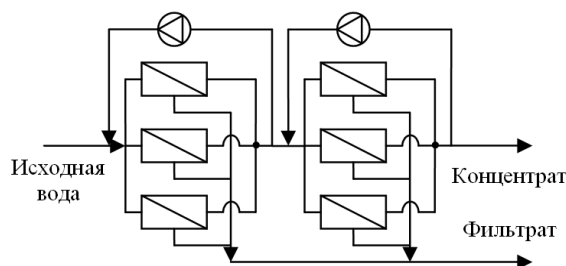


Рис.2. Классическая схема с рециклом (мембранный блок)

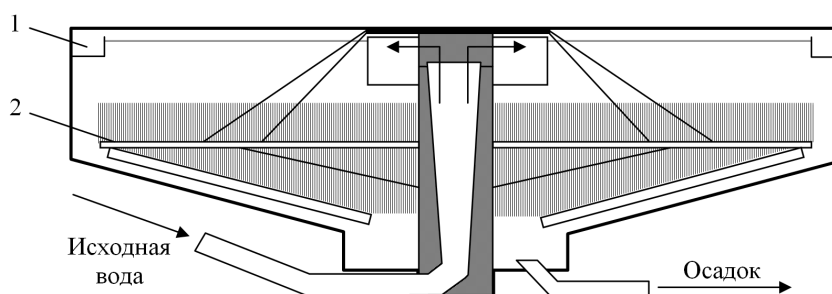


Рис.3. Схема осадкоуплотнителя

1 – лоток осветленной воды, 2 – скребок с вертикальной решеткой

Методы управления. Система управления процессами мембранной очистки должна контролировать основные параметры качества очистки мембранного блока: кислотность, удельную электропроводность и производительность мембраны, а также при необходимости проводить мероприятия по восстановлению исходных характеристик мембранного блока.

Значение кислотности и электропроводности позволяет оценить содержание ионов и солей металлов в фильтрате, т.е. качество очистки исходной воды.

При продолжительном значительном отклонении основных параметров мембраны от нормальных, требуются серьезные меры по восстановлению мембраны - химическая очистка мембранного элемента, которая представляет собой промывку рабочей поверхности различными реактивами (растворами кислот и щелочей, некоторыми дезинфектантами – растворами хлора, йода и т.д.).

Обработка осадка. При всех методах очистки образуется осадок из нерастворимых веществ. После отстаивания образуется значительное количество шлам, которые после обезвоживания и сушки можно использовать в производстве.

Основная характеристика обезвоживания осадка – его влажосодержание. При заданных условиях проведения процесса осадок может быть обезвожен только до определенного предела, называемого остаточным влажосодержанием. Величина остаточного влажосодержания осадка зависит от параметров и способа проведения процесса обезвоживания, от свойств осадка, фильтрата, фильтрующей перегородки.

Выбор способа обезвоживания осадка определяется его свойствами и требованиями, предъявляемыми к величине остаточного влажосодержания осадка. Для обезвоживания осадка применяют различные методы: уплотнение, вакуум-фильтрацию, фильтр-прессование, центрифугирование, а также термические сушку.

Уплотнение осадка. Осуществлять обработку больших количеств осадка с высокой влажностью (99,2-99,6 %) нерентабельно, поэтому его предварительно уплотняют. Гравитационное уплотнение – наиболее распространенный метод уменьшения объема осадка. Существуют вертикальные и радиальные (рис.3) осадкоуплотнители. Сопоставление работы вертикальных осадкоуплотнителей с радиальными, показало, что

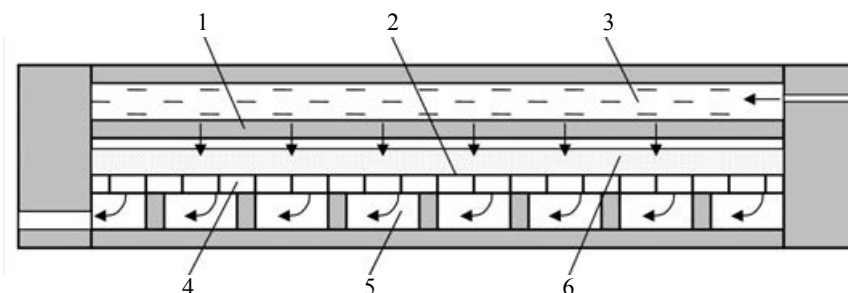


Рис.4. Схема фильтр-пресса

1 – эластичная водонепроницаемая диафрагма; 2 – фильтровальная ткань; 3 – полость для воды; 4 – перфорированный лист; 5 – камера для фильтрата; 6 – камера для осадка

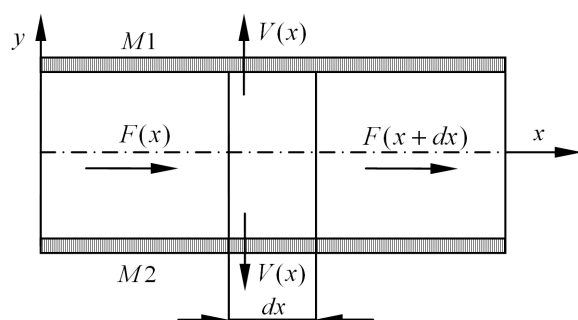


Рис.5. Схема измерения расхода в межмембранном канале

наибольшей эффективностью отличаются радиальные осадкоуплотнители [9]. Это объясняется медленным перемешиванием осадка в процессе уплотнения, а также меньшей высотой радиальных осадкоуплотнителей по сравнению с вертикальными. При перемешивании снижаются вязкость активного ила и его электрокинетический потенциал, что способствует лучшему хлопьеобразованию и осаждению.

Обезвоживание осадка. Фильтр-прессы позволяют в условиях повышенного давления относительно быстро проводить процесс разделения труднофильтрующихся суспензий с получением фильтрата, промытого и отжатого от маточника или промывной жидкости осадка [10].

Фильтр-прессы применяют в тех случаях, когда осадок направляется на сушку, сжигание или когда для дальнейшей утилизации необходимо получить осадки с минимальной влажностью [1].

Различают рамные, камерные, мембранно-камерные, ленточные, барабанные и шнековые фильтр-прессы [9].

Фильтр (рис.4) состоит из нескольких фильтровальных плит и фильтрующей ткани, протянутой между ними с помощью направляющих роликов [9]. Поддерживающие плиты связаны между собой вертикальными опорами, воспринимающими нагрузку от давления внутри фильтровальных плит. В натянутом состоянии ткань поддерживается с помощью гидравлических устройств.

Каждая фильтровальная плита состоит из верхней и нижней частей. Нижняя часть перекрыта перфорированным листом, под которым находится камера приема фильтрата. На перфорированном листе находится фильтровальная ткань. Верхняя часть представляет собой раму, которая при сжатии плит образует камеру, куда подается осадок. В верхней части расположена эластичная водонепроницаемая диафрагма.

В камеру по коллектору подаются осадок и воздух. По каналам фильтрат и воздух отводятся в коллектор. Затем осадок отжимается диафрагмой, для чего в полость нагнетается вода под давлением. После этого плиты раздвигаются, передвигается фильтровальная ткань и снимается с нее ножами, ткань промывается и очищается в камере регенерации.

В среднем при использовании фильтр-пресса устойчиво достигается влажность осадке не более 70 % [9].

Удельный поток растворителя через мембрану за счет перепада давления $V(x) = V_p$ (рис.5), где

$$V_p = k(P - \pi) = k \cdot \left(P - iz \sum_{n=1}^n C_n R_{ГП} T \right), \quad (1)$$

где P – рабочее давление в межмембранном канале; π – осмотическое давление раствора; iz – изотонический коэффициент; T – текущая температура; $R_{\Gamma\Pi}$ – универсальная газовая постоянная.

Тогда дифференциальное уравнение для изменения расхода в межмембранном канале имеет вид

$$\partial F / \partial x = -b2V(x). \quad (2)$$

Для изменения давления дифференциальное уравнение запишется в виде [11]

$$\partial^2 P / \partial x^2 + aP = 0. \quad (3)$$

Его решение при граничных условиях $P(0) = P_n$ и $P(L) = P_k$ где $3\mu/R^3 = a$, имеет вид

$$P(x) = \frac{-P_n \operatorname{sh}(\sqrt{a}(x-L)) + P_k \operatorname{sh}(\sqrt{a}x)}{\operatorname{sh}(\sqrt{a}L)}. \quad (4)$$

Подставив найденные значения в уравнения для определения продольной и поперечной скоростей (рис.5) и обозначив

$$f_2(x, y) = (2\mu)^{-1}(\partial P / \partial x)(R^2 - y^2);$$

$$f_1(x) = k \left(P(x) - i \sum_{n=1}^n C_n R_{\Gamma\Pi} T \right),$$

получим математическую модель мембранной фильтрации многокомпонентного раствора, решением которой является распределение полей концентраций веществ в межмембранном канале и определение концентраций фильтрата и концентрата на выходе мембранного элемента

$$f_2(x, y)(\partial C_n / \partial x) + f_1(x)(\partial C_n / \partial y) = D_n(\partial^2 C_n / \partial y^2); \quad (5)$$

$$P(x) = -(P_n \operatorname{sh}(\sqrt{a}(x-L)) - P_k \operatorname{sh}(\sqrt{a}x)) / \operatorname{sh}(\sqrt{a}L); \quad (6)$$

$$K_{n_1} C_n(x, +R) f_1(x) = D_n(\partial C_n(x, +R) / \partial y); \quad (7)$$

$$K_{n_2} C_n(x, -R) f_1(x) = D_n(\partial C_n(x, -R) / \partial y). \quad (8)$$

Для решения системы (5)-(8) применим конечно-разностный метод. Уравнение (5) имеет в своей основе полное нелинейное параболическое уравнение Бюргера для вязкого течения в частных производных и может быть решено явным методом Рунге. Тогда

$$C_{(n)i+1,j} = C_{(n)i,j} + \frac{(\Delta x)^2 2\mu D_{(n)}(C_{(n)i,j+1} - 2C_{(n)i,j} + C_{(n)i,j-1})}{(P_{i+1} - P_i)(R^2 - y^2)(\Delta y)^2} - \frac{(\Delta x)^2 2\mu k(P_{i+1} - iz \sum_{n=1}^n C_n R_{\Gamma\Pi} T)(C_{(n)i,j-1} - C_{(n)i,j})}{(P_{i+1} - P_i)(R^2 - y^2)2\Delta y}$$

при $y \in (-R; 0]$; (9)

$$C_{(n)i+1,j} = C_{(n)i,j} + \frac{(\Delta x)^2 2\mu D_{(n)}(C_{(n)i,j+1} - 2C_{(n)i,j} + C_{(n)i,j-1})}{(P_{i+1} - P_i)(R^2 - y^2)(\Delta y)^2} - \frac{(\Delta x)^2 2\mu k(P_{i+1} - iz \sum_{n=1}^n C_n R_{\Gamma\Pi} T)(C_{(n)i,j-1} - C_{(n)i,j})}{(P_{i+1} - P_i)(R^2 - y^2)2\Delta y}$$

при $y \in (0; +R]$; (10)

$$P_{i+1} = -(P_n \operatorname{sh}(\sqrt{a}(x_{i+1} - L)) - P_k \operatorname{sh}(\sqrt{a}x_{i+1})) / \operatorname{sh}(\sqrt{a}L);$$

$$C_{(n)i+1,j-1(-R)} = \frac{C_{(n)i+1,j}}{1 - (\Delta y / D_{(n)}) K_{n_1} k(P_{i+1} - iz \sum_{n=1}^n C_n R_{\Gamma\Pi} T)}$$

при $y = -R$; (11)

$$C_{(n)i+1,j-1(-R)} = \frac{C_{(n)i+1,j}}{1 - (\Delta y / D_{(n)}) K_{n_1} k(P_{i+1} - iz \sum_{n=1}^n C_n R_{\Gamma\Pi} T)}$$

при $y = +R$; (12)

$$C_{(n)}(0, y) = C_{(n)0},$$

где i и j – индексы разностной сетки по первой пространственной переменной.

Промоделируем систему уравнений (9)-(12) в Matlab. Результаты моделирования полученной системы в Matlab [15] для ионов Na^+ для мембранного элемента (Filmtec LFC3-LD) первой группы первой ступени мембранной приведены на рис.6-8.

Выводы

1. Для очистки оборотных вод промышленных предприятий от растворенных солей и доведения их качества до заданного уровня целесообразно применять мембранные методы очистки.

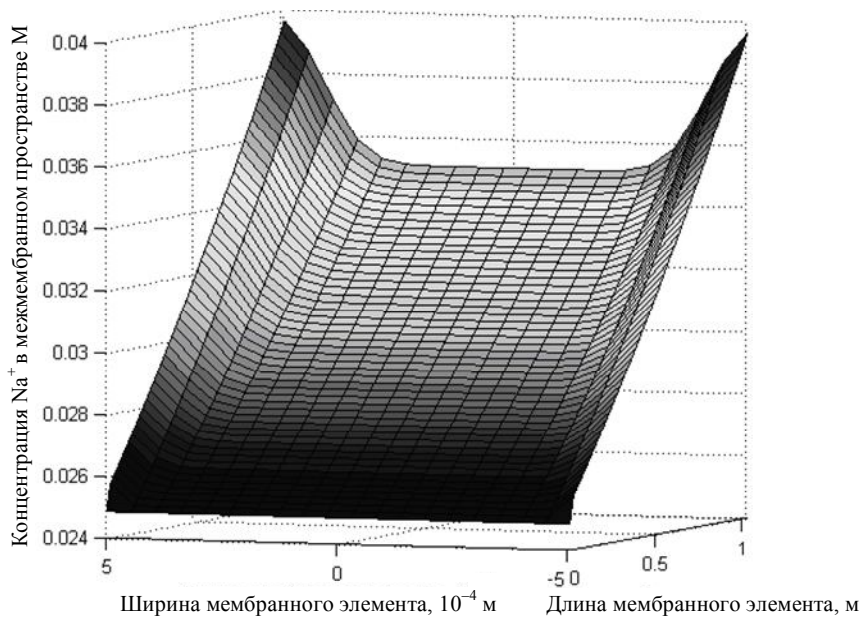


Рис.6. Распределение фронта концентрации Na^+ в межмембранном пространстве в элементе рулонного типа

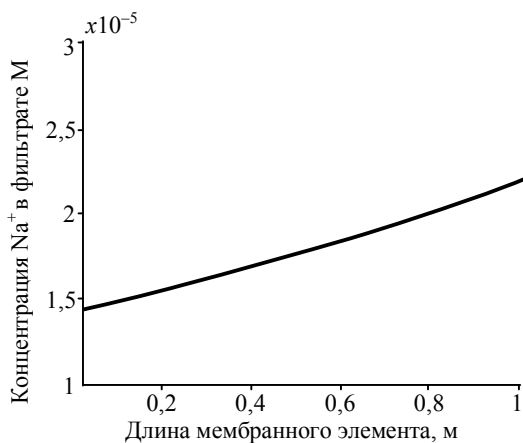


Рис.7. Концентрация Na^+ в фильтрате в зависимости от длины элемента

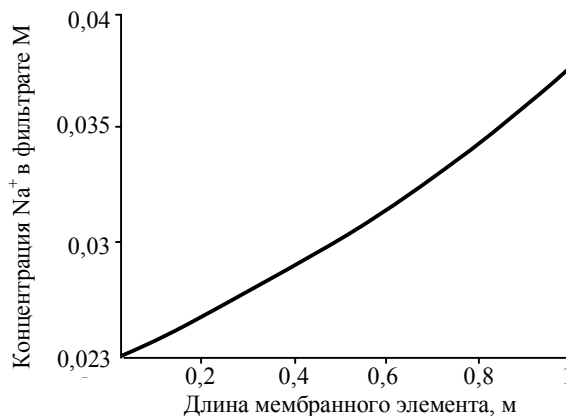


Рис.8. Концентрация Na^+ в концентрате в зависимости от длины элемента

2. Для обработки и удаления полученных осадков после регенерации мембран следует применять сгустители осадков и фильтр-прессы.

3. Для расчета производительности мембранных установок и создания системы управления необходимо использовать математическую модель, основанную на уравнении материального баланса и баланса переноса импульсов, позволяющую рассчитывать поле концентраций извлекаемого компонента, а также изменение концентрации мембранного элемента для фильтрата и концентрата.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бредихин М.Н. Мембранные методы очистки воды // Инновации. Технологии. Решения. 2007. № 7. С.20-23.
2. Брок Т. Мембранная фильтрация: Пер. с англ. М., 1987. 464 с.
3. Дубяга В.П. Полимерные мембраны / В.П.Дубяга, Л.П.Перелечкин, Е.Е.Каталевский. М., 1981. 232 с.
4. Духин С.С. Электрохимия мембран и обратный осмос / С.С.Духин, М.П.Сидорова, А.Э.Ярошук. Л., 1991. 192 с.
5. Дытнерский Ю.И. Баромембранные процессы. Теория и расчет. М., 1986. 272 с.
6. Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии: Учебник для вузов. М., 1995. Ч.2. 368 с.

7. *Зубков Б.В.* Энциклопедический словарь юного техника / Б.В.Зубков, С.В.Чумаков. М., 1988. 464 с.

8. *Лазарев С.И.* Методы электробаромембранного разделения растворов: Учеб. пособие. Тамбов, 2007. 83 с.

9. *Лазарев С.И.* Расчет электробаромембранных аппаратов. Тамбов, 2007. 80 с.

10. *Мулдер М.* Введение в мембранную технологию: Пер. с англ. М., 1999. 513 с.

11. *Павлов Р.Д.* Система управления процессом мембранной очистки оборотных промышленных вод металлургических предприятий (на примере ЗАО «МЕТАХИМ»): Автореф. дис. ... канд. техн. наук. СПб, 2010. 22 с.

12. Применение низконапорных мембран для обратноосмотического опреснения воды Каспийского моря – температурный фактор / А.В.Десятов, А.В.Асеев, А.Е.Баранов, Н.Н.Казанцева, О.А.Подымова, И.А.Прохоров // Водочистка, водоподготовка, водоснабжение. 2008. № 1. С.17-28.

13. *Тимашев С.Ф.* Физикохимия мембранных процессов. М., 1988. 240 с.

14. *Черкасов С.* Обратный осмос // Журнал С.О.К. 2005. № 11. С.18-24.

15. *Шапошник В.А.* Мембранные методы разделения смесей // Соросовский образовательный журнал. 1999. № 9. С.27-32.

REFERENCES

1. *Bredikhin M.N.* Membrane water treatment methods // Innovation. Technology. 2007. №7. P.20-23.

2. *Brock T.* Membrane filtration: Trans. from English. Moscow, 1987. 464 p.

3. *Dubyago V.P., Perepechkin L.P., Katalovsky E.E.* Polymeric membranes. Moscow, 1981. 232 p.

4. *Duhin S.S., Sidorova M.P., Yaroshchuk A.E.* Electrochemistry and reverse osmosis membranes. Leningrad, 1991. 192 p.

5. *Dytnerky Yu.I.* Baromembranes processes. Theory and Design. Moscow, 1986. 272 p.

6. *Dytnerky Yu.I.* Processes and apparatuses of chemical technology: Textbook for high schools. Moscow, 1995. Part 2. 368 p.

7. *Zubkov B.V., Chumakov S.V.* Encyclopedic dictionary of young technology. Moscow, 1988. 464 p.

8. *Lazarev S.I.* Methods electrical barometric membrane separation solutions. Tambov, 2007. 83 p.

9. *Lazarev S.I.* Calculated electrical barometric membrane devices. Tambov, 2007. 80 p.

10. *Mulder M.* Introduction to membrane technology: Trans. from English. Moscow, 1999. 513 p.

11. *Pavlov R.D.* Process control system membrane treatment of industrial water circulating metallurgical enterprises (for example, «Metakhim»): Dissertation for the degree of candidate of technical sciences. Saint Petersburg, 2010. 22 p.

12. Application of low pressure reverse osmosis membranes for desalination of Caspian Sea – the temperature factor / A.V.Desyatov, A.V.Aseev, A.E.Baranov, N.N.Kazantseva, O.A.Podymova, I.A.Prokhorov // Water treatment, water conditioning, water supply. 2008. N 1. P.17-28.

13. *Timasheff S.F.* Physical chemistry of membrane processes. Moscow, 1988. 240 p.

14. *Cherkasov S.* Reverse Osmosis // Journal S.O.K. 2005. N 11. P.18-24.

15. *Shaposhnik V.A.* Membrane separation techniques of mixtures // Soros educational Journal. 1999. N 9. P. 27-32.

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ТЕРРИТОРИЙ

MODERN METHODS AND TECHNOLOGIES REMEDIAION AREAS

УДК 504.55 054 622.276 (470.53)

С.А.БУЗМАКОВ, д-р. геогр. наук, профессор, lep@psu.ru
Пермский государственный университет

S.A.BUZMAKOV, Dr. in geog., professor, lep@psu.ru
Perm State University

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ЗЕМЕЛЬ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ УРОВНЯХ ЗАГРЯЗНЕНИЯ НЕФТЬЮ

Выделено несколько уровней загрязнения земель нефтепродуктами. В соответствии с этими уровнями предлагаются мероприятия по рекультивации. Определены основные параметры практических работ по оценке экологического состояния территории, рекультивации земель, утилизации нефтесодержащих отходов.

Ключевые слова: экосистема, нефтепродукты, уровень, загрязнение, восстановление, рекультивация.

SOIL RESTORATION UNDER OIL POLLUTION OF DIFFERENT LEVELS

There are some levels of soil pollution under oil products. The author introduces reclamation things according to this levels. There are main parameters of practical works of territory environmental assessment, soil restoration, utilization of wastes with oil products.

Key words: ecosystem, oil products, level, pollution, restoration, reclamation.

Восстановление экосистем при загрязнении – процесс очень длительный в любых природных зонах. В наиболее хрупких ландшафтах (Западная Сибирь) после разливов нефти их полное восстановление растягивается на многие десятилетия [2,7], но и в более благоприятных условиях (южная тайга Пермского края) для восстановления растительного покрова на загрязненных землях также требуются десятилетия [6].

Необходимость выполнения работ с нефтесодержащими грунтами и почвами

возникает при рекультивации земель, санации грунтов, утилизации отходов. Ликвидация нефтяных загрязнений ранее обычно осуществлялась засыпкой почвы песком, грунтом, выжиганием, вывозом почвы. Сейчас в России активно создаются специализированные организации для проведения работ по ликвидации аварийных сбросов, рекультивации и санации земель, утилизации отходов.

Процесс естественного восстановления загрязненных нефтью почв длителен и ста-

вит вопрос о создании и внедрении современных технологий рекультивации нарушенных территорий. Главными критериями эффективности подобных мероприятий принято считать скорость разложения загрязняющих веществ и экономические затраты. Основные разработки основаны на применении физических, механических и биохимических методов удаления и ликвидации нефтяных субстратов. Наиболее перспективным способом очистки почвы от нефтепродуктов различного характера, состава и состояния является рекультивация земель, в основе которой способность микробиологического самоочищения грунтов. Ускорение процесса биодegradации углеводородов нефти происходит за счет увеличения доступа воздуха внесением минеральных и органических удобрений, посева специально подобранных смесей злаковых и бобовых культур в сочетании с необходимыми агротехническими приемами обработки почв [4,5].

Разработанные нами представления о направлениях и фазах трансформации наземных экосистем позволяют определить оптимальные варианты к рекультивации земель и утилизации нефтесодержащих отходов[1].

Механические и физические методы не могут обеспечить полного удаления нефти из загрязненного грунта, а процесс естественного разложения чрезвычайно длителен. Разложение нефти в почве – процесс биогеохимический, в котором основную роль играет функциональная активность комплекса почвенных микроорганизмов.

Ускорить очистку почв с помощью нефтеокисляющих микроорганизмов возможно несколькими способами:

- активизацией метаболической активности естественного микробоценоза путем изменения водно-воздушных условий биотопа (агротехнические приемы);
- подготовкой и внесением активных автохтонных нефтеокисляющих микроорганизмов в загрязненные грунты;
- внесением специально подобранных активных аллохтонных нефтеокисляющих микроорганизмов в загрязненные грунты.

Способность использовать нефть в качестве источника энергии присуща не единственным специализированным формам, а многим грибам и бактериям. Согласно полученным нами данным [1], а также материалам других работ [3,4,5] такие микроорганизмы распространены очень широко и могут быть выделены практически из любой почвы.

С природоохранных позиций необходимо выделять несколько уровней загрязнения земель остаточными нефтепродуктами и различных подходов к их восстановлению с учетом характера использования[3]. На сельскохозяйственных угодьях, которые являются существенно деградированными и активно управляемыми экосистемами, восстановление проводится, как правило, рекультивацией, на лесных за счет более «мягкого» регулирования разрушения поллютанта. Результаты расчетов интерполируются из экспериментальных данных на основе ранее выделенных основных геоэкологических уровней загрязнения нефтью[1].

Уровень 1. Концентрация остаточных нефтепродуктов от 0,2 до 0,4 г/кг почвы. Оптимальная автотрофная экосистема. Необходимо установить источники поступления органики. Рекультивация не требуется. В случае рекультивации аварийного сброса нефтесодержащей жидкости необходимо контролировать восстановление земель до восстановления указанного содержания остаточных нефтепродуктов.

Уровень 2. Концентрация остаточных нефтепродуктов от 0,4 до 8 г/кг почвы. Песчаные условия для растений. Численность сапротрофов и нефтеокисляющих микроорганизмов повышается. Неравновесный оптимум для микроорганизмов. На сельскохозяйственных землях проводятся агротехнические мероприятия для улучшения водно-воздушных свойств почв, контролируется содержание остаточных нефтепродуктов, продуктивность угодий. На лесных землях контролируется содержание остаточных нефтепродуктов, санитарное состояние древостоя.

Уровень 3. Концентрация остаточных нефтепродуктов от 8 до 14 г/кг почвы. Не-

равновесный минимальный оптимум для микроорганизмов. На сельскохозяйственных землях проводятся агротехнические мероприятия для улучшения водно-воздушных свойств почв, контролируется содержание остаточных нефтепродуктов, активность микроорганизмов, продуктивность угодий. На лесных землях контролируется содержание остаточных нефтепродуктов, санитарное состояние древостоя. На всех землях контролируется содержание бенз(а)пирена.

Уровень 4. Концентрация остаточных нефтепродуктов от 14 г до 22 г/кг почвы. Очень опасен уровень образования бенз(а)пирена. Субстрат приобретает свойства токсичности. Резко отрицательные условия для развития зональных растений. Оптимум для нефтеокисляющих микроорганизмов. Равновесный оптимум для сообщества микроорганизмов. Вероятно формирование азональной экосистемы вследствие существенного изменения водно-воздушного режима почв. На сельскохозяйственных землях необходимы полномасштабные рекультивационные действия, на лесных – ограниченная рекультивация для нормализации водно-воздушного режима, активизации автохтонного сообщества микроорганизмов, деградации нефтепродуктов. Контролируется содержание бенз(а)пирена.

Уровень 5. Концентрация остаточных нефтепродуктов от 22 г до 7 г/кг почвы. Опасный уровень образования бенз(а)пирена. Весьма отрицательные условия для развития растений. Неравновесный максимальный оптимум для сообщества микроорганизмов. Весьма вероятно формирование азональной экосистемы вследствие существенного изменения водно-воздушного режима почв. Природоохранные действия сходны с предыдущими, но необходимо добавить контроль за миграцией нефтепродуктов и бенз(а)пирена.

Уровень 6. Концентрация остаточных нефтепродуктов от 72 г до 132 г/кг почвы. Субстрат становится токсичным. Угнетенная сапротрофная экосистема (пессимум). Необходимы полномасштабные санационные и рекультивационные действия для нормализации (аэрации, влажности) водно-

воздушного режима, активизации автохтонного сообщества микроорганизмов, деградации нефтепродуктов. Санация территории и контроль поллютантов.

Уровень 7. Концентрация остаточных нефтепродуктов выше 132 г/кг почвы. Активность микроорганизмов практически не наблюдается. Растения не могут развиваться. Токсичный субстрат. Обычно низкий уровень бензпирена. Абиогенный субстрат (экосистема). Ускорение деградации нефтепродуктов, восстановление экосистемы возможно только с применением методов санации территории, специализированных групп микроорганизмов и нормализации (аэрации, влажности) водно-воздушного режима.

Конечным этапом рекультивации загрязненных земель после аварийных разливов является посев многолетних трав. Виды трав, используемых для рекультивации, должны быть местными и толерантными к воздействию нефти.

Утилизация грунтов с углеводородным загрязнением может проводиться непосредственно на месте без выемки грунта или после выемки и перемещения грунта на специальную площадку для его обработки. Преимуществом последней технологии является интенсификация процессов деградации нефтяных загрязнений, существенным недостатком – расширение площади промышленных земель.

Утилизации подлежат все нефтеотходы, хранящиеся в местах складирования, а также вновь образовавшиеся нефтезагрязненные грунты, собранные с мест аварийных разливов нефти. Загрязненный субстрат содержит различное количество нефтепродуктов в зависимости от морфологических, структурных, физико-химических и генетических особенностей конкретного почвенного покрова. Загрязнения могут быть представлены нефтяными углеводородами как свежими, так и давними с повышенным содержанием парафинов, смол, асфальтенов.

Контролируемым показателем в загрязненном грунте должно быть не только содержание нефтепродуктов, но и бенз(а)пирена, количество нефтеокисляющих и сапрофитных микроорганизмов.

Работы по утилизации нефтесодержащих отходов проводятся на заранее подготовленных технологических площадках. Площадки размещаются вне зоны затопления, на них возможно осуществление мероприятий, исключающих загрязнение окружающей среды.

Утилизация нефтешламов проводится в соответствии с планом работ, который составляется с учетом содержания в грунтах нефтепродуктов, бенз(а)пирена, количества нефтеокисляющих и сапрофитных микроорганизмов, физико-химических свойств компостированного грунта и климатических условий местности.

Для оптимизации процесса утилизации отходов необходимо создать оптимальную концентрацию нефтепродуктов; обеспечить необходимый уровень аэрации, влажности, кислотности; определить необходимость азота, фосфора, калия, магния.

Аэрация достигается вспашкой грунта (со снижением его плотности на 10-30 %). При содержании в грунте большого количества глины, которая приводит к набуханию субстрата и резко уменьшает проницаемость для воды и воздуха, необходимо добавить разрыхлители.

Микробиологическая утилизация нефтепродуктов наиболее эффективна и управляема при их концентрации в 14-22 г/кг грунта. Если поверхностная концентрация нефти превышает оптимальную, то производится удаление избытка нефти. Оптимальными условиями деструкции нефтяных углеводородов являются температура 25-28 °С и влажность 60-70 %.

Содержание остаточных нефтепродуктов определяется для оценки степени очистки грунта и проводится в сравнении с оптимальными (автотрофный зональный оптимум) значениями содержания нефтепродуктов. Содержание бенз(а)пирена определяется для оценки степени опасности грунта по санитарно-гигиеническим критериям. Фитотоксичность очищенного грунта может оцениваться по всхожести семян растений.

Для исключения возможного загрязнения подземных вод производится ежемесячный отбор проб воды из наблюдательной скважины и дренажной канавы для оп-

ределения содержания нефтепродуктов, бенз(а)пирена и фенолов.

Для определения мер по оптимизации скорости утилизации отходов и контроля за концентрацией углеводородов необходимы регулярные наблюдения. Отбор проб проводится несколько раз за вегетационный сезон во время проведения технических мероприятий. Контролируется бенз(а)пирен и остаточные нефтепродукты, количество сапрофитных и нефтеокисляющих микроорганизмов.

Представления о трансформации наземных экосистем и уровнях загрязнения позволяют определить основные параметры практических работ по оценке экологического состояния территории, ликвидации аварийных сбросов нефти, рекультивации земель, утилизации нефтесодержащих отходов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бузмаков С.А. Предельно допустимое содержание нефтепродуктов в почвенных экосистемах Пермской области / С.А.Бузмаков, Г.П.Башин // Изв. вузов. Нефть и газ. 2004. № 2. С.91-96.
2. Глазовская М.А. Комплексное районирование территории СССР по типам возможных изменений природной среды при нефтедобыче / М.А.Глазовская, Ю.И.Пиковский, Т.И.Коронцевич // Ландшафтно-геохимическое районирование и охрана окружающей среды. М., 1983. Вып.120. С.84-108.
3. Звягинцев Д.Г. Диагностические признаки различных уровней загрязнения почв нефтью / Д.Г.Звягинцев, В.С.Гузев, С.В.Левин, А.А.Оборин // Почвоведение. 1989. № 1. С.72-78.
4. Назаров А.В. Влияние нефтяного загрязнения почвы на растения // Вестник Пермского государственного университета. Биология. Вып.5 (10). 2007. С.134-141.
5. Оборин А.А. Самоочищение и рекультивация нефтезагрязненных почв Предуралья и Западной Сибири / А.А.Оборин, И.Г.Калачникова, Т.А.Масливец // Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем. М., 1988. С.140-158.
6. Солнцева Н.П. Добыча нефти и геохимия природных ландшафтов. М., 1998. 376 с.
7. Чижов Б.Е. Деграционно-восстановительная динамика лесных фитоценозов после нефтяного загрязнения / Б.Е.Чижов, А.И.Захаров, Г.А.Гаркунов // Леса и лесное хозяйство Западной Сибири. Тюмень. 1998. Вып.6. С.160-172.

REFERENCES

1. Buzmakov S.A. Maximum allowable oil content of the soil ecosystems of the Perm region / S.A.Buzmakov, G.P.Bashin // Proceedings of Institute of Higher education. Oil and gas. 2004. N 2. P.91-96.

2. *Glazovskaya M.A.* Complex zoning of the USSR according to the types of possible changes in the environment during oil production / V.F.Glazovskaya, Yu.I.Pikovskiy, T.I.Korontsevich // Landscape-geochemical zoning and environmental protection. Moscow, 1983. P.84-108.

3. *Zvyagintsev D.G., Guzev V.S., Levin S.V., Oborin A.A.* Diagnostic features of the different levels of soil contamination with oil // Soil science. 1989. N 1. P.72-78.

4. *Nazarov A.V.* Effect of oil contamination of the soil to plants // Bulletin of the Perm State University. Biology. 2007. Issue 5 (10). P.134-141.

5. *Oborin A.A., Kalachnikova I.G., Maslivets T.A.* Self-cleaning and remediation of contaminated soils Urals and Western Siberia // Restoration of contaminated soil ecosystems. Moscow, 1988. P.140-158.

6. *Solntseva N.P.* Oil and geochemistry of natural landscapes. Moscow, 1998. 376 p.

7. *Chizhov B.Ye., Zakharov A.I., Garkunov G.A.* Of degradation and restoration of forest plant communities after the dynamics of oil pollution // Forests and forestry in Western Siberia. Tyumen, 1998. Iss.6. P.160-172.

УДК 556.16

В.П.КОВШОВ, канд. геогр. наук, профессор, kovshovs@front.ru

Мордовский государственный университет им. Н.П.Огарева, Саранск

М.М.ЯКУБОВСКИЙ, аспирант, matvey-85@mail.ru

С.В.КОВШОВ, канд. техн. наук, ассистент, kovshovsv@mail.ru

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

V.P.KOVSHOV, PhD in geog, professor, kovshovs@front.ru

Mordova state university by them. N.P.Ogarev, Saransk

M.M.YAKUBOVSKIY, postgraduate student, matvey-85@mail.ru

S.V.KOVSHOV, PhD in eng. sc., assitant lecturer, kovshovsv@mail.ru

National Mineral Resources University

ВОДОХОЗЯЙСТВЕННАЯ РЕКУЛЬТИВАЦИЯ ПЕСЧАНЫХ КАРЬЕРОВ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ КАК КОМПЛЕКСНЫЙ СПОСОБ РЕШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ РЕГИОНА

Одним из наиболее перспективных направлений рекультивации отработанных песчаных карьеров является водохозяйственное, вследствие чего требуется разработка новых более простых и экономичных проектов водохозяйственной рекультивации, в то же время способных комплексно решать геоэкологические проблемы. Дан краткий обзор основных существующих направлений рекультивации отработанных песчаных карьеров. Более подробно анализируется водохозяйственное направление, в котором особый акцент делается на проектирование пожарных водоемов.

Ключевые слова: техногенный объект, водохозяйственная рекультивация, противопожарный водоем.

WATER ECONOMIC RECULTIVATION OF SANDY OPENCASTS IN LENINGRAD REGION AS THE COMPLEX WAY OF DECISION OF REGION'S ENVIRONMENTAL PROBLEMS

One of the most perspective recultivation directions of the fulfilled sandy open-cast mines is water economic. Thereof working out of new more simple and economic projects water economic recultivation is required, thus capable in a complex to solve various geoenvironmental problems. The short review of the basic existing recultivation directions the fulfilled sandy open-cast mines is given. The water economic direction in which the special accent becomes on designing of fire reservoirs is in more details analyzed.

Key words: technogenic formation, water economic recultivation, fire extinction basin.

Горные работы, учитывая их масштабность, повсеместное развитие и особенности воздействия на природную среду, являются одним из важных элементов многих территориальных социально-экономических систем, во многом определяющих региональные особенности их функционирования и

развития. Полный замкнутый цикл горных работ должен включать в себя не только добычу полезных ископаемых, но и восстановление нарушенных земель.

Согласно п.4 Единых правил безопасности при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом

ПБ 03-498-02, ликвидация объекта открытых горных работ должна сопровождаться приведением участков земли, нарушенных при пользовании недрами, в состояние, пригодное для дальнейшего использования (рекультивацией). Порядок и сроки проведения восстановительных работ, согласно Правилам охраны недр ПБ-07-601-03, должен быть прописан в проектной документации на разработку месторождений полезных ископаемых.

Как показывает опыт разработки большинства песчаных карьеров, проведение полного комплекса рекультивационных мероприятий в период эксплуатации месторождения невозможно. Окончательная рекультивация выработанного пространства производится после отработки месторождения. В то же время целесообразно проведение рекультивационных работ непосредственно на этапе освоения месторождения на нарушенных и уже неиспользуемых землях.

В табл.1 представлены направления рекультивации в зависимости от последующего целевого использования нарушенных земель. Выбор направления определяется физико- и экономико-географическими, экологическими, социальными, экономическими, архитектурно-планировочными, эстетическими, правовыми и технологическими факторами.

Выбор критериев, определяющих направление рекультивации, связан с региональными условиями*. Рекультивация как процесс оптимизации техногенных комплексов должна производиться с учетом зональных особенностей и в целом соответствовать региональному характеру мероприятий по оптимизации окружающей среды. При этом необходимо учитывать специфические для каждой природной зоны негативные изменения, имеющие место в при-

* Шувалов Ю.В. Биогенные методы повышения плодородия почв рекультивируемых земель / Ю.В.Шувалов, А.П.Бульбашев, Ю.Д.Смирнов, С.В.Ковшов // Горный инф.-аналит. бюл. 2010. Т.6. С.293-298.

Shuvalov U.V. Biogene methods of increase of soils' fertility on recultivated earths / U.V.Shuvalov, A.A.Bulbashev, U.D.Smirnov, S.V.Kovshov // Mining research and information bulletin. 2010. Vol. 6.P.293-298.

родных системах, вследствие их взаимодействия с производственными системами.

Негативное отношение к карьерам как к техногенным объектам формируют следующие факторы: заброшенность карьерных разработок, отсутствие качественно выполненной рекультивации и, соответственно, низкий эффект от ее проведения, использование карьеров в качестве стихийных свалок, что в значительной степени нарушает ландшафт и его эстетическое восприятие. Таким образом, зачастую в местах забора грунта отдельные участки местности приобретают малоприспособленный техногенный характер. Особенно актуальна эта проблема для небольших песчаных карьеров.

Эксплуатируемые и заброшенные карьеры способствуют возникновению следующих вредных процессов:

- увлажнению и разрушению земляного полотна дорог, заилению кюветов, подтоплению близлежащих зданий и сооружений;

- развитию оползней, осыпей и других необратимых нарушений в плодородном слое почвы, приводящих к ее деградации и гибели растительности, что, свою очередь, вызывает миграцию животного мира в другие места обитания;

- изменению гидрологического и гидрогеологического режимов прилегающей территории, приводящему к существенным изменениям уровней грунтовых и поверхностных вод вплоть до истощения водоносного горизонта.

В районах с затрудненной разгрузкой водоносных горизонтов и избытком атмосферных осадков, наоборот, возникает локальное дополнительное заболачивание. Подобные изменения могут охватывать территории, в 10-25 раз превышающие площадь карьера. Такие ситуации возникают, как правило, на тех объектах, в заданиях на проектирование которых не предусматриваются природоохранные мероприятия и не осуществляется контроль над их проведением. В связи с этим возникает необходимость тщательного инженерно-экологического изучения прикарьерных территорий и пространств с целью наиболее эффективной защиты и ландшафтного обустройства эле-

Основные направления рекультивации песчаных карьеров

Направления рекультивации	Цель рекультивации
Сельскохозяйственные	Восстановление нарушенных земель для использования под пашню, кормовые угодья, многолетние насаждения
Лесохозяйственное	Создание лесных насаждений различного целевого назначения (противоэрозионных, водоохранных, лесопарковых, производственных)
Рыбохозяйственное	Создание в выработках водоемов для рыборазведения
Водохозяйственное	Создание водоемов различного назначения (противопожарных, для орошения, водопоя скота)
Рекреационное	Создание и благоустройство мест отдыха
Санитарно-гигиеническое	Ликвидация и предотвращение отрицательного воздействия нарушенных земель на окружающую среду
Строительство	Приведение нарушенных земель в состояние, пригодное для промышленного и гражданского строительства

ментов рельефа и гидрографической сети (логов, оврагов, водотоков), а также борьбы с эрозией и другими процессами инженерно-геологического и гидрометеорологического происхождения*.

Пожарная обстановка летнего периода 2010 г. выявила проблему недостаточного количества пожарных водоемов. Вследствие этого правительство Ленинградской области разработало программу по рекультивации заброшенных карьеров. В течение этого года была проведена инвентаризация заброшенных карьеров. В частности, во Всеволожском районе обнаружены 215 «бесхозных» песчаных карьеров. Из некоторых отработанных карьеров планируется создать пожарные водоемы, другие будут засыпаться инертными материалами, затем здесь будут высажены лесные культуры поскольку в основном, карьеры расположены на землях лесного фонда. Предполагается, что засыпать в карьеры можно строительный мусор, а также грунт, который остается в результате строительства фундамента для домов. Поэтому в качестве инвесторов предполагается привлечь городские строительные фирмы, которые ищут площадки для скла-

* Ковшов С.В. Биогенные способы снижения пылевой нагрузки на карьерах строительных материалов / С.В.Ковшов, А.А.Бульбашев // Записки Горного института. СПб, 2010. Т.186. С.54-58.

Kovshov S.V. Biogene ways of dust burden decrease at nonmetallics open-casts / S.V.Kovshov, A.A.Bulbashev // Proceedings of the Mining Institute. SPb, 2010. Vol.186. P.54-58.

дирования отходов. Главное требование к складуемым отходам – их экологическая безопасность. Подобные направления рекультивации карьеров интересны, поскольку они создают возможность комплексного решения целого ряда экологических проблем.

При восстановлении земель, нарушенных карьерами строительных материалов, отсутствуют единые требования к технологии ведения работ, связанных с водохозяйственным направлением рекультивации. В связи с чем возникает необходимость разработки требований и рекомендаций к рекультивации карьеров, учитывающих уклон берегов водоема, гранулометрию и состав пород дна водоема, площадь зеркала водоема, глубину водоема, ширину пляжной зоны, состояние прилегающей территории и виды растительности на ней.

При проведении водохозяйственной рекультивации с целью формирования пожарных водоемов рекомендуется соблюдение следующих параметров:

- выколачивание бортов противопожарного водоема в сухой части до 30° (частично, в ходе добычных работ, полностью по окончании эксплуатации карьера), в подводной части до 25° (в ходе добычных работ);
- оставление транспортной бермы по периметру (борту) водоема (в ходе добычных работ);
- устройство площадки с организованным безопасным подъездом со стороны автодороги для забора воды (по окончании эксплуатации карьера).

Капитальные затраты на обустройство водозаборного пирса противопожарного водоема

Основные материальные средства	Стоимость единицы	Потребное количество	Общая стоимость, руб
Плиты ПАГ-14	13500 руб	14 шт	189 000
Щебень фракции 40-70 мм, м ³	800 руб	45 м ³	36 000
Сваи 10 м	8600 руб	3 шт	25800
Аренда автокрана	1000 руб/ч.	16 ч	16 000
Аренда дорожно-строительной техники	2000 руб/ч.	16 ч	32 000
Итого			298 800

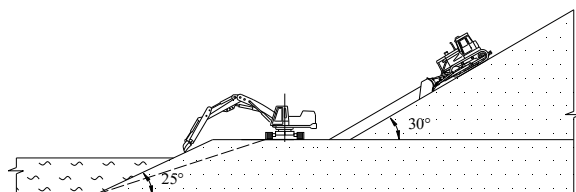


Схема производства работ по выполаживанию бортов противопожарного водоема

Окончательное выполаживание бортов производится с помощью бульдозера и экскаватора. С целью уменьшения риска падения в водоем, бульдозер выполаживает склон от границы карьера на поверхности до транспортной бермы, а экскаватор – склон от транспортной бермы до поверхности воды (см. рисунок). Одновременно с выполаживанием производится подсыпка по склону почвенно-растительного грунта мощностью 0,2-0,3 м.

Пожарный водоем в обязательном порядке оснащается устройством для забора воды, представляющим собой площадку-пирс размером 12×12 м, построенную на берегу водоема. Для строительства площадки-пирса требуется 14 плит типа ПАГ-14 размером 6×2×0,14 м, 45 м³ щебня фракции 40-70 мм и три 10-метровые сваи. Двенадцать плит ПАГ-14 укладываются на отсыпанную щебнем утрамбованную площадку. Из двух плит со стороны водоема монтируется под-

порная стенка, укрепленная сваями. Подпорная стенка при монтаже устанавливается на 0,5 м выше уровня площадки. С подъездной дорогой площадка соединяется улучшенной грунтовой дорогой шириной не менее 8 м.

Технико-экономический расчет затрат на создание пирса для забора воды представлен в табл.2. В стоимость не включены затраты на выполаживание бортов карьера, поскольку, данные работы являются обязательной частью технологического этапа рекультивации.

Таким образом, создание пожарного водоема на месте отработанного карьера является экономически и экологически выгодным направлением рекультивации. Дополнительные затраты на обустройство участка безопасного водозабора составляют порядка 300 тыс.руб. При этом улучшается ландшафтная характеристика района расположения и создается дополнительный противопожарный запас воды. При этом важно помнить, что выполнение рекультивации после длительного периода от окончания эксплуатации карьера сопряжено со значительно большими затратами, чем своевременно принимаемые и реализуемые меры в процессе добычи полезного ископаемого и сразу после окончания отработки карьера.

В.С.КУЗНЕЦОВ, канд. техн. наук, доцент, *vvvink2005@mail.ru*.

О.Ю.КОЛОСОВ, студент, *polikarp-plotva@yandex.ru*

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

V.S.KUZNETSOV, PhD in eng. sc., associate professor, *vvvink2005@mail.ru*

O.Y.KOLOSOV, student, *polikarp-plotva@yandex.ru*

National Mineral Resources University (Mining University), Saint Petersburg

СНИЖЕНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ РАБОТ ПО РЕКУЛЬТИВАЦИИ ОТВАЛОВ ПУСТОЙ ПОРОДЫ

В статье рассматриваются вопросы рекультивации отвалов пустых пород, являющихся источником негативного воздействия на окружающую среду. Анализируется целесообразность проведения горно-технического этапа рекультивации без операции выполаживания, а также освещается зарубежный и отечественный опыт реализации данного метода на практике.

Ключевые слова: отвал пустой породы, карьер, влияние на окружающую среду, рассеивание пыли.

DECREASE IN ENVIRONMENTAL POLLUTION AT WORK ACCORDING TO REGENERATION OF DUMPS OF DEAD ROCK

The questions of reclamation of debris dumps, which are the source of the negative impact on the environment, are considered in this article. The expediency of mine technical reclamation stage without drop off operation is analyzed and also foreign and Russian experience of this method practical realization is reviewed.

Key words: dead rock sailing, open-cast mine, influence on environment, dust dispersion.

Отвалы пустой породы представляют собой опасный источник негативного воздействия на окружающую среду (ОС) и рабочее пространство горно-добывающего предприятия. Основной составляющей негативного воздействия отвалов на ОС, безусловно, является пыление при неблагоприятных метеорологических условиях. В силу огромных площадей, занимаемых отвалами, мероприятия, направленные на снижение масштабов пыления и придание данным техногенным образованиям эстетичного вида, выполняются предприятиями не всегда.

Предпочтительным направлением рекультивации нарушенных земель, в частности рекультивации отвалов пустой породы,

является сельскохозяйственная рекультивация, позволяющая наиболее эффективно использовать земельные ресурсы. Однако в том случае, когда проведение сельско- и лесохозяйственной рекультивации невозможно в силу тех или иных причин (климатические особенности региона, непригодность отвальной породы в связи с ее токсичностью, отсутствие достаточного количества плодородного и потенциально-плодородного слоя, расположение отвала непосредственно у границ земельного отвода предприятия или сформировавшейся за время его функционирования инфраструктуры, отсутствие финансовых возможностей у предприятия), приходится проводить при-

родоохранные мероприятия, окупаемость которых в будущем находится под сомнением. К таким мероприятиям относится прежде всего санитарно-гигиеническая рекультивация нарушенных земель. Санитарно-гигиеническое направление рекультивации выбирается при необходимости консервации нарушенных земель (техногенных образований – отвалов пустых пород, отходов обогащения и переработки, временных складов сырья и т.д.), оказывающих отрицательное воздействие на окружающую среду, в случае, если использование земель в народном хозяйстве экономически неэффективно или направление данного использования временно не установлено. В этом случае предприятие заинтересовано в минимальных затратах на природоохранные мероприятия.

Наиболее затратным, как во временном, так и в финансовом отношении, этапом рекультивации нарушенных земель является ее

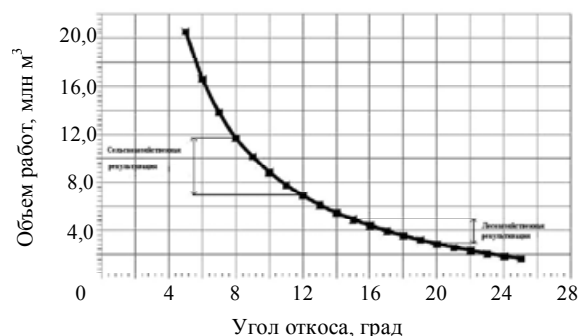


Рис. 1. Зависимость объема земельных работ от требуемого угла откоса

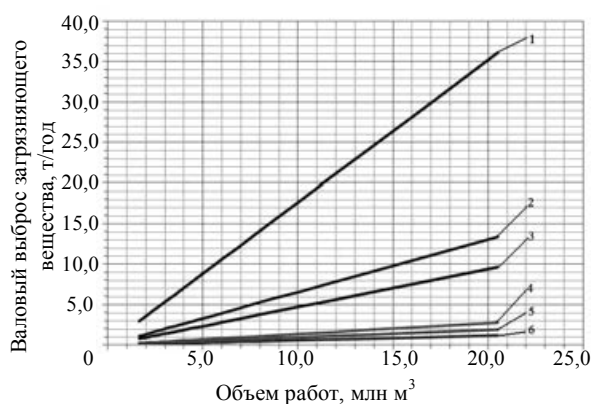


Рис. 2. Зависимость валового выброса загрязняющих веществ от объема работ при выполаживании отвалов
1 – пыль; 2 – NO_x; 3 – CO; 4 – керосин; 5 – сажа; 6 – SO₂

горно-технический этап, включающий в себя выполаживание откосов до соответствующего выбранному направлению угла. В связи с этим встает вопрос, возможно ли проведение рекультивации отвалов пустой породы без выполаживания откосов, т.е. основной операции горно-технического этапа. Наблюдения за процессами самозарастания отвалов пустой породы показывают, что пионерная растительность, несмотря на критические условия среды, способна постепенно осваивать техногенный субстрат. Следовательно, при проведении определенных мероприятий, данный процесс можно интенсифицировать и укрепить откос в относительно короткие сроки.

Зачастую также не учитывается тот факт, что исключение из процесса рекультивации нарушенных земель операции выполаживания позволяет значительно снизить количество выброшенных в атмосферу загрязняющих веществ (керосин, CO, SO₂, NO_x, сажа), образующихся, главным образом, при работе дизельного двигателя бульдозера, осуществляющего выполаживание, и пылении поверхности, за счет снижения объемов земельных работ. Зависимость объемов земельных работ при выполаживании отвалов железорудного производства (стандартный угол откоса отвала 37°, высота 50 м, периметр 6500 м) от требуемого угла откоса, соответствующего выбранному направлению рекультивации, представлена на рис. 1.

Как видно из графика, объем земельных работ при проведении лесохозяйственной рекультивации отвалов пустых пород может достигать 5 млн м³, при сельскохозяйственной 12 млн м³. Объемом земельных работ определяется общее время работы техники на отвале и объем сжигаемого этой техникой топлива. Зависимость валового выброса токсичных газов при сжигании топлива при выполаживании откосов распространенным на карьерах бульдозером ДЭТ-250 при расходе топлива 230 г/(кВт ч), при условии выполнения данной операции за один год, от объемов работ представлена на рис. 2.

Следовательно, при проведении операции выполаживания за 1 год (сжатые сроки)

валовый выброс загрязняющих веществ за данный временной промежуток может быть весьма значительным. Так, при проведении выполаживания откосов до углов, соответствующих сельскохозяйственной рекультивации 8-12° (объем работ до 12 млн м³), в атмосферу будет выброшено до 7,5 т оксидов азота, до 5,5 т угарного газа, до 1,5 т керосина, до 1 т сажи и до 20 т неорганической пыли. Таким образом, исключение из процесса рекультивации данной операции позволит избежать нанесения значительного ущерба атмосфере.

Рассмотрим разработанные в теории, а также и применяемые на практике способы рекультивации отвалов без выполаживания их откосов.

Одним из наиболее целесообразных методов санитарно-гигиенической рекультивации, решающих и проблему устойчивости откосов отвалов в отношении водной и ветровой эрозии, и в эстетическом плане, что особенно важно, если отвал расположен вблизи населенного пункта, является метод гидропосева. Суть метода заключается в нанесении на поверхность откоса смеси, состоящей из семян трав, почвы, торфа, различных удобрений с помощью средств малой механизации. Необходимость подбора состава смеси для конкретных пород и климатических особенностей региона дает исследователям простор для творчества в выборе ее компонентов. За годы использования данного метода накоплен значительный опыт, зарубежный и отечественный. Так, в Великобритании на поверхность отвалов скальной породы при помощи гидромониторов подавалась смесь минеральных удобрений, торфа, семян и воды. В Германии в состав смеси добавляют специальный питательный компонент Perlhumus, получаемый при химической переработке коксовых углей. В Эстонии нашел применение состав, включающий в себя фрезерный торф [1].

Отечественный опыт применения гидропосева берет свое начало с 1970-1972 гг., когда были проведены испытания вентиляционно-оросительной установки УМП-1 на базе автомобиля БелАЗ-548А. Установка оборудована баком вместимостью 30 м³,

гидромонитором (расход воды 1,8 м³/мин, дальность струи 70 м). Наряду с признанием перспективности данного метода, в процессе эксперимента были выявлены основные его недостатки. В частности, при отсутствии интенсивного перемешивания смеси в процессе подачи, семена бобовых растений (люцерны, клевера, донника) оседают на дно и не поступают на поверхность откоса, тогда как семена злаковых трав (пырея, коостра) подаются в составе гидросмеси и равномерно распределяются по площади отвала.

В 1984-1985 г. был проведен эксперимент по озеленению отвалов Новобакальского карьера [4]. Процесс гидропосева состоял из следующих операций. Бак установки УМП-1 на 2/3 наполнялся водой, в него загружались семена трав с учетом возможности их оседания на дно бака (количество семян было доведено до 40 кг/га) и удобрения в соотношении 1:1,5:3 (соответственно, калий, азот и фосфор). В процессе полива смеси на откос отвала были предприняты меры по более равномерному распределению ее по поверхности за счет возвратно-поступательных движений установки.

Широко известен тот факт, что преобладание в породе мелкой фракции соответствует более благоприятным условиям для развития растений, в связи с чем некоторые исследователи считают целесообразным подачу гидросмеси снизу вверх, что обеспечит большую концентрацию семян, удобрений и почвы в верхней части отвала, где, главным образом, и агрегирована мелкая фракция. Данный способ также удобен, так как не требует высокого напора при подаче смеси. Однако многолетние наблюдения за процессами самозарастания на отвалах железорудных предприятий Севера свидетельствуют о более интенсивном развитии растительности именно на границе раздела мелкой и крупной фракции, где создаются условия для лучшего снего- и влагоудержания, что особенно важно в вегетационный период развития растения, а также снижения ветровой эрозии. Подача гидросмеси сверху вниз осложнена труднодоступностью подъезда к бровке отвала.

Для лучшей фиксации наносимой смеси возможно применение связующих компонентов. Так, польские исследователи предлагают 25-процентный раствор битумной эмульсии наносить на откосы отвалов непосредственно после посева семян. В отечественной практике можно отметить использование вяжущих компонентов на ОАО «Апатиты», где используется состав «Биорекулат» [2], позволяющий не только прекратить пыление поверхности, но и не препятствовать развитию почвенно-растительного слоя. «Биорекулат» используется преимущественно для предотвращения пыления пляжей хвостохранилищ ОАО «Апатиты» [2]. Интересен тот факт, что в процессе отбора видового состава растений, входящих в смесь, лучшим образом зарекомендовали себя представители местной флоры, в особенности волоснец песчаный (*Leymus arenarius*), растение из семейства злаковых, благодаря длинным корням хорошо укрепляющее песчаные поверхности. Применение «Биорекулата» позволяет примерно в 10 раз сократить затраты на предотвращение пыления в сравнении с созданием рекультивационного слоя из органических материалов.

Необходимо отметить тот факт, что применение битумной эмульсии приводит к загрязнению окружающей среды, а использование такого связующего компонента как латекс исключает возможность внесения в породу столь необходимых для развития растительности фосфорно-калийных удобрений – латекс в их присутствии коагулирует.

Интересен опыт лесобиологической рекультивации отвалов фосфогипса в г. Воскресенске [3]. Отвалы фосфогипса практически непригодны для самозарастания по агрохимическим и физическим свойствам породы, слагающей их: субстрат имеет крайне кислую реакцию в пределах $pH = 1,5 \div 3,0$, а также фактически не содержит органического углерода. В качестве искусственной почвы на отвалах ОАО «Воскресенские минеральные удобрения» использовался осадок сточных вод (ОСВ), наносимый непосредственно на поверхность отвала. Несмотря на значительные экологические «пробелы» осадка (высокое содержание тяжелых металлов, несоответствие

санитарно-гигиеническим требованиям по индексу колифага, коли-титру), высокий потенциальный уровень плодородия делает данный отход очистки сточных вод весьма привлекательным для использования при рекультивации нарушенных земель, особенно в виду отсутствия альтернативного плодородного субстрата. По агрохимическим показателям ОСВ не уступает, а зачастую и превосходит показатели химического состава торфа (зольность, содержание общего азота, фосфора, извести). Метод нанесения осадка на склоны отвалов заключался в транспортировке его на горизонтальную поверхность автосамосвалами с последующим распределением по откосу бульдозерами. В силу сложного рельефа откоса осадок распределялся неравномерно: в понижениях происходила его концентрация, на части откоса осадок практически не фиксировался, что относится главным образом к верхней части отвала.

Фосфогипс с нанесенным на него ОСВ имел достаточную несущую способность, что позволило осуществить посадку саженцев древесных пород, а также разброс семян травянистых растений. Достаточно высокая приживаемость саженцев осины (*Populus tremula* L.), ивы козьей (*Salix caprea* L.), березы бородавчатой (*Betula Verrucosa* Ehrh.), облепихи крушиновидной (*Hippophae rhamnoides* L.), а также интенсивное развитие травянистой растительности: полыни обыкновенной (*Artemisia Vulgaris*) и горькой (*Artemisia absinthium*), крапивы жгучей (*Urtica urens*) и кипрея волосистого (*Epilobium hirsutum*), проективное покрытие которой ко второму году исследований достигло уже 80 %, позволяют считать эксперимент по проведению рекультивации отвалов с использованием осадка сточных вод удачным.

Анализ рассмотренных методов позволяет сделать выводы о целесообразности рекультивации отвалов пустой породы без традиционного для горно-технического этапа операции – выколаживания. Отсутствие данного этапа, продиктованное различными причинами, не является критическим для формирования почвенно-растительного покрова на нарушенных землях.

В силу недостатка влаги, повышенной подверженности эрозии, недостаточности питательных элементов в породе, успешное развитие растительности на откосах возможно только при проведении дополнительных мероприятий по регулярному поливу плодородного субстрата, внесению удобрений, стабилизации откоса с нанесенной на него почвой, что требует дальнейших разработок в данном направлении. Перспективным видится применение в горной промышленности опыта строительства железных дорог и автомагистралей, где устойчивости дорожного полотна и стабилизация откосов, а также приданию им эстетичного вида методами биологической рекультивации уделяется большое внимание. Возможно, учет опыта столь интенсивно развивающихся отраслей позволит более эффективно проводить природоохранные мероприятия и на отвалах пустой породы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дороненко Е.П. Опыт рекультивации земель, нарушенных горными работами, на горнорудных предприятиях черной металлургии / Е.П.Дороненко, Г.М.Пика-

лова, Н.Г.Почтенных, Ю.М.Мотов и др. // Обзор по системе Информсталь. М., 1985. Вып.22 (237). С.11-16.

2. Любимова А.А. Опыт закрепления растительностью пылящих хвостовых отвалов АНОФ-1 комбината «Апатит» / А.А.Любимова, П.М.Медведев // Растительность и промышленные загрязнения. Охрана природы на Урале. 1970. Вып.7, С.104-111.

3. Мартынюк А.А. Лесобиологическая рекультивация полигонов складирования фосфогипса / А.А.Мартынюк, В.Н.Кураев, В.Е.Миронов и др. М., 2006. 120 с.

4. Пикалова Г.М. Закрепление откосов отвалов Бакальского рудоуправления способом гидропосева / Г.М.Пикалова, В.А.Объедкова, В.Г.Шевчук и др. // Черная металлургия. 1986. № 14. С.34-35.

REFERENCES

1. Doronenko E.P., Pikalova G.M., Pochtennyh N.G., Motov Y.M. a.o. Experience of a rekultivatsiya of the lands broken by mountain works, at black Metallurgy // Review on system of Informstal. 1985. Issue 22 (237). P.11-16.

2. Lyubimov A.A., Medvedev P.M. Experience of fixing by vegetation of raising dust tail dumps ANOF-1 of combine of «Apatite» // Vegetation and industrial pollution. Conservation in the Urals. 1970. N 7. P.104-111.

3. Martynyuk A.A., Kuraev V.N., Mironov V.E. a.o. Lesobiologicheskoy rekultivatsiya of ranges of warehousing fosfogipsa. Moscow, 2006. 120 p.

4. Pikalova G.M., Objedkova V.A., Shevchuk V.G. a.o. Fixing of slopes of dumps of Bakalsky mine administration by way gidroposeva // Ferrous metallurgy, 1986. N 14. P.34-35.

Д.С.ОПРЫШКО, канд. техн. наук, доцент, *opryshkod@spmi.ru*

А.Ю.ОБЛИЦОВ, аспирант, *antonoblitzov@yandex.ru*

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

D.S.OPRYSHKO, *PhD in eng. sc., associate professor, opryshkod@spmi.ru*

A.Yu.OBLITSOV, *post-graduate student, antonoblitzov@yandex.ru*

National Mineral Resources University (Mining University), Saint Petersburg

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ГОРНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ

Рассмотрены современные технологии и материалы, используемые для решения задач горно-технической рекультивации. Использование новых технических решений позволяет существенно снизить затраты на горно-планировочные работы, выполняемые в рамках соответствующего этапа рекультивации.

Ключевые слова: рекультивация, горно-технический этап, нарушение земель, геосинтетика.

MODERN APPROACHES TO THE LANDSCAPING RECULTIVATION

In given article modern technologies and materials, used for completion the tasks of landscaping recultivation, are considered. Using new technical solutions, it is possible to decrease significantly the expenses on mining operations within the framework of recultivation.

Key words: reclamation, mining recultivation, damaged landscape, geosynthetic.

При добыче полезных ископаемых открытым способом работы по рекультивации нарушенных земель играют исключительно важную роль: от качества и своевременности их проведения зависит не только сохранение флоры и фауны на обширной территории, но и размер материальных затрат, направленных на предотвращение последствий геомеханических нарушений и загрязнений почвенно-растительного слоя.

Среди последствий техногенного воздействия на окружающую среду при ведении открытых работ особо следует выделить нарушения земной поверхности, и, как следствие, сокращение площадей продуктивных земель. Например, при добыче нерудных полезных ископаемых площадь изымаемых из агро- и лесооборота территорий может достигать 0,5-0,8 га на 1 тыс.т извлекаемого из недр сырья [3]. Существующими на сего-

дняшний день нормативными документами в сфере недр- и землепользования регламентируется порядок восстановления нарушенных земель, а также система их возврата для использования в народном хозяйстве.

Как правило, в рекультивации различают два этапа: горно-технический и биологический, на первый приходится до 80 % общих затрат на восстановление нарушенных земель. Основные технологические процессы на стадии горно-технического этапа: снятие и сохранение почвенно-растительного слоя (ПРС), выполаживание откосов овалов и бортов карьеров, планировочные работы, создание подъездных дорог и мероприятия по изоляции фитотоксичных, и склонных к самовозгоранию подстилающих пород.

Величина расходов на горно-технический этап рекультивации земель зависит

от принятого направления восстановления нарушенных земель. Однако в структуре затрат на рекультивацию, основная их доля приходится на работы по снятию и сохранению ПРС, а также приведение откосов открытых горных выработок в безопасное и пригодное для целевого использования положение, консервация прудковых зон шламохранилищ и поверхностей полигонов отходов.

Для открытых горных работ нормативные документы, регламентирующие порядок и условия проведения горно-технического этапа рекультивации, рекомендуется выполаживать откосы отвалов и борта карьеров до углов, не превышающих $6-8^\circ$ при сельскохозяйственном, $10-12^\circ$ – лесохозяйственном и $15-20^\circ$ – санитарно-гигиеническом (природоохранном) направлениях восстановления нарушенных земель (см. рисунок) [4].

Зачастую технология работ при горно-технической рекультивации реализуется без учета принятой системы разработки месторождения, отвалообразования, рельефа местности и ценности отчуждаемых земель. Для оптимизации работ по рассматриваемому этапу уже на стадии проектирования отвалообразования необходимо учитывать состав вскрышных пород и их пригодность для рекультивации, а при формировании внешних отвалов – не только требования рационального земледелия, но и затраты на будущие горно-планировочные работы, выполняемые в рамках соответствующего этапа рекультивации.

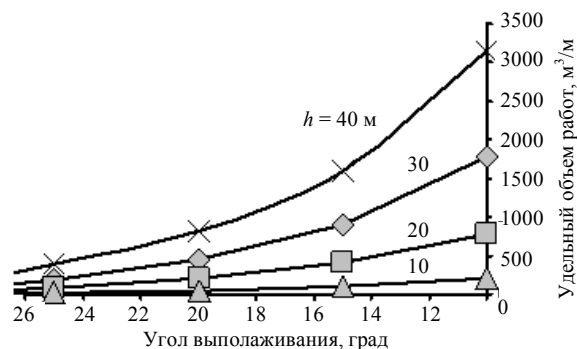
Среди организационно-технологических решений, призванных сократить затраты на горно-техническую рекультивацию, стоит отметить селективное отвалообразование потенциально-плодородных и фитотоксичных пород таким образом, чтобы была обеспечена возможность нанесения плодородно-растительного слоя непосредственно на спланированную поверхность без использования дополнительного слоя перекрывающих инертных пород. К перспективным технологическим решениям также можно отнести совмещение работ по горно-технической рекультивации с основными технологическими процессами добычи по-

лезного ископаемого, в первую очередь, с отвалообразованием, что позволяет добиться снижения затрат на рассматриваемый этап рекультивации более чем в 2 раза.

Уменьшение углов откосов отвалов и бортов горных выработок на $1-2^\circ$ с целью предотвращения размыва, оползневых явлений, водной и ветровой эрозии может привести к увеличению объемов работ на $50-100$ тыс.м³ по каждому рекультивируемому участку в целом. Безусловно, увеличение расходов на рекультивацию отразится на себестоимости добываемого полезного ископаемого и приведет к увеличению стоимости конечного продукта.

На сегодняшний день существует целый ряд технических решений, призванных сократить затраты и время проведения работ по горно-техническому этапу рекультивации, при обеспечении должного уровня устойчивости наклонных рекультивируемых поверхностей, качественного закрепления почвенно-растительного слоя, а также изоляции фитотоксичных оснований за счет использованием специальных технических средств.

В настоящее время широкое применение в работах по рекультивации нарушенных земель получил целый класс различных материалов, собирательно именуемых геосинтетическими материалами. Геосинтетические материалы состоят из искусственного синтетического сырья, используются в строительстве, в том числе и экологическом, для создания дополнительных слоев, крепления откосов, изоляции шламохранилищ и полигонов твердых бытовых отходов.



Удельный объем работ по выполаживанию отвалов различной высоты, отсыпанных под углом 30° (h – высота отвала)

Геосинтетические материалы могут быть выполнены в форме геотекстиля, георешеток, геокомпозитов (глиноматы и т.п.), геоболочек, геомембран, геоплит, в виде жидких полимерных растворов, застывающих на воздухе. Различают тканые и нетканые синтетические материалы. Тканые имеют повышенную прочность, параллельную ориентацию волокон, высокий модуль упругости, но не обладают достаточной водонепроницаемостью. Нетканые представляют собой свободное переплетение синтетических волокон разной длины и упрочняются механическими и термическими способами [1].

При изготовлении геосинтетических материалов могут использоваться полиэтилен, поливинилхлорид, различные полимеры, стекловолокно с полимерной обработкой, битум, также как составная часть геокомпозитов используется глина, лен, джут, кокос.

Хотя данные материалы и известны с 80-90-х гг. прошлого века, их практическое применение в целях рекультивации в нашей стране остается достаточно низким. Давно известна технология укрепления откосов с использованием анкеров, свай и специальной крепи. В наши дни геотекстиль, геосети и другие современные материалы пришли им на смену.

Наиболее распространенным материалом при укреплении склонов и грунтов является применение геотекстиля типа дорнит. Дорнит представляет собой иглопробивное (механически упрочненное иглами) полотно, которое хорошо пропускает и фильтрует воду, и препятствует смешиванию слоев грунта при устройстве дорожного полотна или фундаментов. Применение геотекстильного полотна как материала для защиты и укрепления грунтов дало возможность строить дороги, выдерживающие довольно высокие нагрузки, даже на слабом основании. Геоткань дорнит может применяться как самостоятельно, так и совместно с георешетками, которые являются не менее эффективным способом укрепления грунта.

Георешетка представляет собой гибкую ячеистую конструкцию из пластиковых

лент, скрепленных между собой сварными швами. Георешетка применяется при организации противэрозионной защиты насыпей и откосов повышенной крутизны не только в горном деле, но и при строительстве железнодорожных путей, автодорог, мостов, тоннелей, пешеходных переходов через магистрали. Этот материал эффективен и для укрепления прудковых зон шламохранилищ, в которых порода особенно сильно подвержена водной эрозии. Основными достоинствами при укреплении откосов георешеткой является его высокая устойчивость к пресной и соленой воде, особенностям породы, ультрафиолетовому излучению, что позволяет продлить срок службы конструкции.

Геосетка – геосинтетический материал, широко применяемый для армирования и упрочнения пород. Эффективность применения материала геосетки обеспечивается водостойкостью и долговечностью геосинтетика. Этот материал устойчив к воздействию химических соединений и ультрафиолета, не подвержен гниению и экологически безопасен.

Геомембрана – гидроизоляционный материал, изготавливаемый из пленочных, либо обрабатываемых вяжущими, геосинтетиков. Используется в основном для создания гидроизолирующих прослоек, укрепления сооружений водоотвода. Геомембраны могут выпускаться с наполнителем в виде бентонитовой глины.

В целях рекультивации шламохранилищ в настоящее время наиболее перспективными средствами являются глиноматы и жидкие полимерные растворы, образующие герметичную пленку. Глиноматы – это материалы заводского изготовления, состоящие из природных глин, обладающих низким коэффициентом фильтрации, геотекстиля и(или) геомембран. Глиноматы могут быть различных видов в зависимости от составляющих их материалов и способа производства (например, прошивные, клееные и др.). Бентонитовая глина наиболее широко используется для производства глиноматов, поэтому их часто называют бентонитовые маты.

Жидкие полимерные растворы при нанесении образуют пленку, склеивающую породу. Они могут быть как герметичными, так и пропускающими воздух и воду. Однако успешно их можно использовать для укрепления откосов горных выработок и для консервации шламохранилищ. Использование глиноматов, полимерных растворов повышает эффективность экранирования шламохранилища по сравнению с применением обычных глинистых экранов.

Как уже было сказано, жидкие полимерные растворы, используемые для укрепления откосов, могут пропускать воздух и воду и применяться в комплексе с высеванием травянистого покрова. Травянистый покров, высаженный до нанесения раствора, легко пробивается сквозь полимерную пленку, укрепляя всю конструкцию в целом, и препятствует выветриванию пород откоса. Данная схема предусматривает использование синтетических материалов (горно-технический этап) с одновременной биологической рекультивацией. Таким образом, создается эффективный биогеобарьер. В классическом же случае засевание семенами растений происходит уже после горно-технического этапа (выполаживание откосов бульдозерами, установка георешеток, геотекстиля) [2].

Использование геосинтетических материалов в сфере дорожного, гражданского и промышленного строительства в России значительно выше применения в горном деле, в том числе для решения задач рекультивации. Вместе с тем, ежегодно увеличивающиеся площади земель, нарушенных горными работами, а также возрастающие затраты на освоение новых и эксплуатацию

действующих месторождений должны стать предпосылкой более активного использования современных геотехнологий.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ахмадиев М.В.* Основные функциональные направления и свойства геосинтетических материалов, применяемых при строительстве и рекультивации полигонов ТБО / М.В.Ахмадиев, Н.Н.Слюсарь. Пермь, 2010.
2. *Месяц С.П.* Закрепление уступов, поставленных в конечное положение, для повышения промышленной и экологической безопасности при ведении открытых горных работ // Неделя горняка-2011: Тр. междунар. науч. симпозиума. М., 2011.
3. *Опрышко Д.С.* Перспективы создания рекреационных зон на базе отработанных песчано-гравийных месторождений Ленинградской области / Д.С.Опрышко, В.С.Кузнецов, Р.Л.Ялышко // Труды 14-го междунар. симпозиума им. академика М.А.Усова. Томск, 2010. Том.2.
4. Технологические решения по рекультивации нарушенных земель при ликвидации шахт и разрезов: отраслевой нормативно-методический документ / Сост. В.М.Игошин, А.П.Красавин, А.М.Навитный, А.А.Харионовский и др. Пермь, 2002.

REFERENCES

1. *Ahmadiev M.V., Slusar N.T.* The main functional areas and properties of geosynthetic materials used in the construction and rehabilitation of landfills. Perm, 2010.
2. *Mesyats S.P.* Securing the benches set in the final position, to enhance industrial and environmental safety in the conduct of surface mining // Week of the miner-2011: Proceedings of the International Scientific Symposium. Moscow, 2011.
3. *Opryshko D.S., Kuznetsov V.S., Yalynko R.L.* Prospects for the creation of recreational areas at the base of the sandy gravel deposits of the Leningrad Region // Proceedings of the 14-th International Symposium of Academician M.A.Usova. Tomsk. 2010. Vol.2
4. Technological solutions for land reclamation in the elimination of mines and cuts: industry regulatory guidance document / Comp. V.M.Igoshin, A.P.Krasavin, A.M.Navitny, A.A.Harionovsky etc. Perm, 2002.

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ И СИСТЕМЫ ИНДИКАЦИИ И МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ КОМПОНЕНТОВ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

MODERN METHODS AND SYSTEMS FOR INDICATION AND MONITORING OF ENVIRONMENTAL COMPONENTS

УДК 628.511.12

В.П.БАТМАНОВ, *д-р мед. наук, профессор, vbatmanov@mail.ru*
О.К.БАРСУКОВ, *ассистент, codename1182@yandex.ru*
Волгоградский архитектурно-строительный университет

V.P.BATMANOV, *Dr. in medical sc., professor, vbatmanov@mail.ru*
O.K.BARSUKOV, *assistant lecturer, codename1182@yandex.ru*
Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering

ЛАЗЕРНО-ОПТИЧЕСКИЙ ПРИБОР ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ И ДИСПЕРСНОГО СОСТАВА ПЫЛИ В ВОЗДУХЕ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ

Создан прибор, использующий метод дистанционного лазерного зондирования для определения дисперсного состава пыли в воздухе рабочей зоны на предприятиях стройиндустрии, в режиме реального времени, с возможностью автоматического регулирования технологического процесса для обеспечения безопасных условий труда. Обосновано применение лазерного зондирования как высокоточного метода измерений для контроля качества воздуха рабочей зоны.

Ключевые слова: пыль, дисперсный анализ, лазерное зондирование.

LASER AND OPTICAL DEVICE FOR THE CONCENTRATION INDETIFICATION OF THE DUST POWDER IN THE AIR OF THE WORKING AREA

The article analyzes the process of the creation of the device based on the method of the distant laser probing for the identification of the dust power in the air of the working area at the enterprises of construction industry in the real time operation mode with the option of the automatic regulation of the technical process for the provision of the safe labour conditions. The application of the laser probing is based as a high-precision method for the quality control of the working area air.

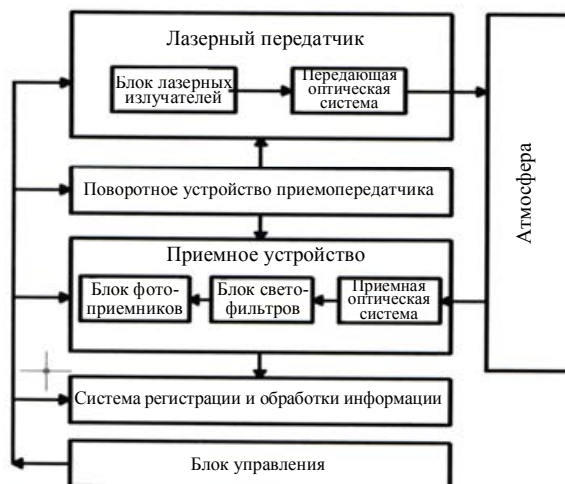
Key words: dust, dispersion analysis, laser probing.

В связи с интенсивным развитием минаерально-сырьевого комплекса, ростом объемов переработки, особенно в строительной | отрасли, все большее значение приобретает задача контроля аэрозольных и газовых выбросов, представляющих собой источник

повышенной опасности для здоровья рабочих. Существует проблема разработки методов исследования аэрозольного состава воздуха рабочей зоны [1], обеспечивающих получение данных с высокой оперативностью и в значительных пространственных масштабах, а также разработки комплексных систем автоматизированного контроля и регулирования качества воздуха.

Одним из основных загрязнителей воздуха рабочей зоны является пыль, которая составляет значительную часть промышленных выбросов и образуется в результате деятельности различных предприятий. Большое значение имеет контроль дисперсного состава пыли, так как степень наносимого вреда здоровью зависит от размеров частиц которые попадают в организм человека. Наиболее опасными для здоровья человека являются частицы размером менее 5 мкм. На законодательном уровне введено нормирование содержания частиц размером менее 10 мкм и менее 2,5 мкм в воздухе рабочей зоны. Приборы, предназначенные для решения поставленной задачи, имеют высокую стоимость, громоздки, требуют смены расходных материалов и постоянного обслуживания. Для решения задачи контроля дисперсного состава пыли перспективным является применение прибора дистанционного зондирования с использованием лазера в качестве источника излучения.

Для контроля запыленности и измерения концентрации взвешенных частиц (пыли) в атмосферном воздухе, воздухе рабочей зоны, производственных помещений и контроля содержания пыли в отходящих газах используются специальные приборы, называемые пылемерами. В качестве пылемера может выступать лазерно-оптический прибор (см. рисунок), который состоит из лазерного излучателя с оптической системой и приемного устройства, в состав которого входит фотоэлектрический усилитель цифровой видеоматрица ФЭУ. Принцип работы прибора основан на свойстве частиц отражать световой поток [2, 6]. Часть зондирующего лазерного излучения отражается на аэрозольных частицах в сторону фотоприемника. Это излучение с помощью при-



Структурная схема лазерно-оптического прибора

емной оптики собирается и направляется на ФЭУ, который преобразует его в электрический сигнал, пропорциональный интенсивности принятого излучения. Электрический сигнал, снимаемый с фотодетектора, содержит информацию о присутствии в атмосфере аэрозолей, и их концентрации. Однако, чтобы извлечь эту информацию, необходимы специальные методы измерения и алгоритмы обработки.

Теоретическая основа метода дистанционного зондирования широко описана в работах российских ученых [3-7]. Метод нашел практическое применение в таких отраслях, как авиация, космонавтика и др.

Задача определения оптических характеристик реального аэрозоля в общем случае невыполнима, если не внести упрощающие предположения. Заменяя совокупность аэрозольных частиц ансамблем однородных сферических частиц с одинаковыми химическими свойствами [5], распределение которых по размерам описывается функцией $f(a)$, а концентрация равна N_a , показатели ослабления, рассеяния и поглощения можно записать соответственно в виде

$$\varepsilon = N_a \int_0^{\infty} (\pi a^2) Q(\rho, m) f(a) da;$$

$$\sigma = N_a \int_0^{\infty} (\pi a^2) Q_p(\rho, m) f(a) da;$$

$$\kappa = N_a \int_0^{\infty} (\pi a^2) Q_n(\rho, m) f(a) da,$$

где Q , Q_p , Q_n – факторы эффективности ослабления, рассеяния и поглощения отдельной частицы.

Функция $f(a)$ нормирована условием $\int_0^{\infty} f(a) da = 1$ и представляет собой плотность вероятности обнаружения частицы размером между a и $a + da$ в единице объема:

$$f(a) = \frac{1dN_a}{N_a da}.$$

Аналитически функция распределения $f(a)$ обычно является аппроксимацией сглаженной гистограммы, где по оси абсцисс откладывается значение размера частиц, а по оси ординат – относительная доля частиц в интервале $(a, a + \Delta a)$ от общего числа измеренных частиц. Наиболее распространено логарифмически нормальное распределение.

Функции Q , Q_p , Q_n – безразмерные и численно равны отношению энергии, соответственно ослабленной, рассеянной и поглощенной частицей к энергии падающей на ее геометрическое сечение (πa^2). Общие формулы для Q , Q_p , Q_n дает теория Ми. В качестве безразмерных характеристик частицы в теории Ми [7] используется параметр дифракции $\rho = 2\pi a / \lambda$, где a – радиус частицы; λ – длина волны излучения.

Самым важным фактором в теории Ми является не размер частиц и не длина волны лазерного излучения, а именно их отношение. Это означает, что частицы радиусом до 1 мкм могут выступать как «большие», если они облучаются светом с длиной волны 0,55 мкм, но становятся «малыми» для ИК-излучения с длиной волны 10 мкм. Таким образом, даже очень маленькие частицы могут быть обнаружены при правильном выборе длины волны источника излучения.

На основании вышеизложенной теоретической модели сконструирован прибор для определения дисперсного анализа пыли, содержащейся в воздухе рабочей зоны. Проведена работа по подбору лазерных излучателей и оснащению экспериментального стенда для определения оптических свойств пылей. На основании обработки полученных экспериментальных данных выведены

коэффициенты для программной корректировки значений, полученных лазерно-оптическим пылемером в зависимости от вида и химического состава аэрозоля. Получены значения коэффициентов для ряда минеральных веществ, наиболее часто присутствующих в воздухе рабочей зоны на предприятиях минерально-сырьевого комплекса и предприятиях строительной индустрии (цемент, гипс, мел, песок, известь, кварц, корунд, глина и др.).

Применение дистанционного метода имеет ряд преимуществ по сравнению с другими методами определения дисперсного состава пыли. Система не требует постоянного присутствия человека и не зависит от человеческого фактора. В данной технологии не используются расходные материалы. Измерения и контроль, в отличие от других методов, ведутся непрерывно в режиме реального времени. Прибор не требует обслуживания во время работы, кроме как при вводе в эксплуатацию, не содержит частей и механизмов, подверженных износу, забиванию или нуждающихся в постоянной регулировке.

В качестве модуля регистрации и обработки информации, получаемой с фотодетектора, используется персональный компьютер, что позволяет уменьшить стоимость готового прибора. Данный прибор позволяет сократить время измерений концентрации и дисперсного состава пыли в воздухе рабочей зоны и является основой следящей системы в режиме реального времени. При включении прибора в состав автоматической системы управления технологическим процессом на производстве и задании алгоритмов реакции системы на превышение контролируемых параметров можно снизить негативное влияние загрязненного воздуха на рабочего. При допустимой пылевой обстановке на производстве может быть достигнут значительный экономический эффект от снижения энергозатрат на работу вентиляционного, очистного, транспортного и другого оборудования, которое под управлением автоматизированной системы будет включаться на полную мощность только в случае превышения контролируемых параметров воздуха рабочей зоны.

Выводы

Данная технология позволила получить прибор для дистанционного мониторинга качества воздуха рабочей зоны с техническими характеристиками, сопоставимыми с импортными аналогами. Прибор доступен для широкого применения на небольших предприятиях, прост в обслуживании и достаточно точен для решения инженерных задач, обеспечивает получение данных с высокой оперативностью.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Азаров В.Н.* О концентрации и дисперсном составе пыли в воздухе рабочих и обслуживаемых зон предприятий стройиндустрии // Качество внутреннего воздуха и окружающей среды: Мат. Межд. конф. Волгоград, 2003.
2. *Аш Ж.* Датчики измерительных систем: Пер. с франц / Под ред. А. С.Обухова. М., 1992. Т.2.
3. *Зуев В.Е.* Оптика атмосферного аэрозоля / В.Е.Зуев, М.В.Кабанов. Л., 1987.
4. *Зуев В.Е.* Обратные задачи лазерного зондирования атмосферы / В.Е.Зуев, И.Э.Наац. Новосибирск, 1982.
5. Лазерное зондирование промышленных аэрозолей / В.Е.Зуев, Б.В.Кауль, И.В.Самохвалов, К.И.Кирков, В.И.Цанев. Новосибирск, 1986.

6. *Назаров И.М.* Основы дистанционных методов мониторинга загрязнений природной среды / И.М.Назаров, А.Н.Николаев, Ш.Д.Фридман. Л., 1983.

7. Ослабление интенсивности многочастотного лазерного излучения на протяженных атмосферных трассах / А.А.Землянов, Ю.В.Кистенев, В.В.Колосов, Ю.Н.Пономарев, К.М.Фирсов. Томск, 1999.

REFERENCE

1. *Azarov V.N.* About the Concentration and Dust Powder in the Air of the Working and Service Zones of the Construction Industry Enterprises // Inside Air and Environmental Quality: Proceedings Intern. Conf. Volgograd, 2003.
2. *Ash J.* Measuring Systems Sensors / Translation from the French edited by A.S.Obukhov. Moscow, 1992.
3. *Zuev V.E., Kabanov M.V.* Optics of the Atmospheric Aerosol. Leningrad, 1987.
4. *Zuev V.E., Naaz I.E.* Inverse Problems of the Atmospheric Laser Probing. Novosibirsk, 1982.
5. Laser Probing of the Industrial Aerosols / V.E.Zuev, B.V.Kaul, I.V.Samokhvalov, K.I.Kirkov, V.I.Zanev. Novosibirsk, 1986.
6. *Nazarov I.M., Nikolaev A.N., Fridman Sh.D.* Fundamentals of the Distant Methods Monitorign of the Natural Environments Pollutions. Leningrad, 1983
7. Intensity Weakening of the Multifrequency Laser Radiation on the Extensive Atmospheric Lines / A.A.Zemlianov, Y.V.Kistenev, V.V.Kolosov, Y.N.Ponomarev, K.M.Virsov. Tomsk, 1999.

И.М.ГЕМБИЦКАЯ, канд. геол.-минерал. наук, ведущий научный сотрудник, marblsya@bk.ru

В.И.АЛЕКСЕЕВ, канд. геол.-минерал. наук, доцент, wia59@mail.ru

В.В.ГЕМБИЦКИЙ, канд. геол.-минерал. наук, начальник отдела, gembitskiy@spmi.ru

М.В.ГВОЗДЕЦКАЯ, канд. техн. наук, научный сотрудник, marblsya@bk.ru

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

I.M.GEMBITSKAYA, PhD in geol. & min. sc., leading research assistant, marblsya@bk.ru

V.I.ALEKSEEV, PhD geol. & min. sc., associate professor, wia59@mail.ru

V.V.GEMBITSKIY, PhD geol. & min. sc., team leader, gembitskiy@spmi.ru

M.V.GVOZDETSKAYA, PhD in eng sc., researcher assistant, marblsya@bk.ru

National Mineral Resources University (Mining University), Saint Petersburg

АКЦЕССОРНЫЕ МИНЕРАЛЫ В ГРАНИТОИДАХ КАК ИСТОЧНИК ТОКСИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

При помощи комплекса электронной микроскопии различного разрешения и систем микроанализа при контроле общего химического состава образца исследованы формы нахождения токсичных элементов в гранитоидах одного из регионов России. В результате установлены устойчивые и неустойчивые формы нахождения токсичных элементов.

Показано, что вторичные гидротермальные формы концентрации токсичных элементов могут представлять собой экологическую опасность. Предложена двухцикловая схема геоэкологического мониторинга, предусматривающая отбор проб в донных отложениях и текущих водах речных бассейнов.

Ключевые слова: токсичные элементы, акцессорные минералы, гранитоиды.

MINERAL FORMS OF THE FINDING OF TOXIC ELEMENTS IN GRANITOIDS

Having used electron microscopy permits and microanalysis systems for monitoring the general chemical composition of the sample researched forms of occurrence of toxic elements in the granitoids one of regions. As a result, studies have established stable and unstable forms of occurrence of toxic elements.

Concluded that secondary hydrothermal forms of concentration of toxic elements may constitute an environmental hazard. Two cycle scheme proposed geoecological monitoring, providing samples of sediment and flowing waters of the river basins.

Key words: toxic elements, accessory minerals, granite.

Исследован один из перспективных в промышленном отношении и динамично развивающихся регионов России, характеризующийся специфическими геоэкологическими условиями и разнообразными водоносными системами. Они формировались в разнообразных палеогеографических обстановках в условиях неотектонических процессов, высокой сейсмичности, криогене-

неза и характеризуются неоднородностью водовмещающей среды, локальным распространением подземных вод и сложными связями с поверхностными водами [6].

Реки общей протяженностью более 500 000 км и общим стоком более 350 км³ в год являются важнейшим агентом, определяющим геохимическое состояние природной среды региона. Гидрогеологические и

гидрологические условия сочетаются с богатейшими биоресурсами, создавая сложные и слабоизученные биокосные системы. Почти вся исследуемая территория занята землями, дающими биологическую продукцию: разнообразные леса, лекарственные, пищевые и медоносные растения. К охотничьим угодьям отнесены более 90 % территории. В реках и озерах обитает свыше 100 видов рыб, в том числе осетровые и лососевые. Биокосные системы региона тесно связаны с акваторией и животным миром прилегающих морей.

Влияние геологической среды на сложный растительный и животный мир – главная геозекологическая проблема региона. Важнейшие аспекты этой проблемы следующие:

- формирование поверхностных и подземных вод в крайне неоднородных горно-породных телах, локально обогащенных токсичными элементами (ТЭ);
- объединение различных гидрогеологических систем поверхностными водными потоками и разрывными нарушениями, влекущее изменчивость ореолов природного загрязнения вод;
- техногенное загрязнение подземных и наземных вод, в том числе со стороны пограничных государств [6].

Дисбаланс в содержании микроэлементов у детей и другие экологически обусловленные заболевания в регионе связываются с загрязнением вод и донных отложений речных бассейнов токсичными элементами [5].

В связи с этим, весьма актуальным является углубленное изучение закономерностей формирования природных и антропогенных ореолов распространения ТЭ на основе определения минеральных форм их нахождения в горных породах.

Гидрогеохимическая ситуация. Важнейшими факторами антропогенного влияния на элементный состав поверхностных вод и донных отложений являются: эрозия почв и кор выветривания в водосборных бассейнах (породообразующие элементы Na, Al, Si; индикаторы типов пород и почв Mn, Fe, Sc, Th, U и др.), биопродуктивность водной экосистемы региона и биогенная се-

диментация (С, N, P, S) и техногенное загрязнение природных сред за счет местных источников (As, Bi, U, Th, F, Hg, Pb, Ag, Cd и др.). За последнее десятилетие зафиксировано ухудшение качества воды в реках и озерах региона [8, 9].

Исследованный регион является крупнейшим минерально-сырьевым регионом Российской Федерации. Ресурсы полезных ископаемых оцениваются в 700 млрд долларов. Здесь сосредоточены многочисленные, в том числе крупные и уникальные месторождения полезных ископаемых [7]. Интересы добычи полезных ископаемых входят в противоречие с экологической безопасностью. Так, на территории региона расположена особо охраняемая природная территория – национальный парк площадью более 500 тыс. га. В 2011 г. горно-рудная компания «Полиметалл» приобрела лицензию на разведку и добычу сырья на месторождении в этом районе [1]. Оруденение сосредоточено вблизи дневной поверхности и запланированная разработка окисленной минерализованной горной массы неминуемо изменит гидрогеохимическую ситуацию в районе заповедника. В изучаемом регионе известны урановые месторождения в гранитоидах и вмещающих толщах кристаллических массивов [3, 7]. В связи с этим необходима оценка естественного загрязнения вод и изоляция от биосферы техногенных продуктов добычи радиоактивного сырья.

Вместе с тем, месторождения, как правило, представляют собой достаточно локальные объекты: гораздо шире распространены рудоносные породы – гранитоиды различных интрузивных комплексов. Причиной появления в геохимических экосистемах таких химических элементов, как мышьяк, висмут, уран, торий, сурьма и т.д., может стать выветривание и техногенное разрушение рудоносных гранитов и сопряженных с ними кор выветривания (табл.1) [2, 4]. Имеющиеся данные позволяют выделить группу редких элементов, содержащихся в гранитах в количестве выше кларкового (табл.2). Большинство из них: мышьяк, висмут, сурьма, фтор, медь, цезий, свинец, торий, уран – являются токсичными. Повыше-

ны также концентрации сидерофильных элементов: ванадия, хрома, кобальта, никеля.

Таблица 1

Содержание примесных элементов в гранитоидах региона, ppm

Компонент	1	2	3	4
Li	80	227,5	170,0	40,0
Be	1	0,4	2,5	0,9
P	440	60,0	73,3	353,3
V	9	0,2	0,2	8,3
Cr	80	38,8	63,3	76,7
Co	0,3	0,1	0,1	0,2
Ni	9	5,8	7,0	20,7
Cu	7	0,1	0,1	53,7
Zn	40	5,0	35,0	113,3
As	10	9,3	13,3	35,0
Sr	42	5,0	5,0	62,0
Y	9,6	2,5	4,5	10,8
Zr	25	7,6	25,3	25,3
Nb	2,7	0,7	2,3	2,7
Sb	1,2	2,1	0,9	1,8
ΣREE	48,2	12,2	15,5	65,4
Ta	0,2	0,1	0,1	0,2
Pb	10	5,0	5,0	8,3
Bi	2	6,5	18,3	2,7
Th	0,5	0,0	0,0	0,6
U	0,3	0,1	0,1	0,3

Примечание. 1 – крупнозернистый биотитовый гранит; 2 – редкометальный циннвальдитовый гранит, 3 – онгонит; 3 – субвулканический гранит-порфир.

Минералы-концентраторы ТЭ. Как правило, носителями токсичных элементов являются акцессорные минералы. Фактические формы нахождения токсичных элементов до настоящего времени не установлены. Для решения проблемы были исследованы формы нахождения токсичных элементов в гранитоидах региона на примере гранитов одного из крупнейших рудных районов.

Минералогическое изучение акцессорных минералов проводилось на растровом электронном микроскопе JSM-6460 (Jeol, Япония) с полупроводниковым детектором INCA Energy (Oxford, Англия) в отделе аналитических исследований ЦКП университета. Источником повышенных концентраций Th, U, REE являются циркон, алланит, монацит, ксенотим. Содержание вышеперечисленных ТЭ в цирконах меняется в различных видах гранитов: в биотитовых до 1,3 % UO₂, в редкометальных циннвальдитовых до 4,5 % HfO₂, до 1,9 % UO₂, до 1,1 % ThO₂. В алланитах содержание Y₂O₃ достигает 15,6 %, ΣREE – 11,1 %, Th до 7,02 %, причем в биотитовых гранитах наблюдается снижение содержания Th и повышение содержания Ce, La от центра к краю зерен; в циннвальдитовых гранитах алланит содержит тяжелые редкие земли.

Таблица 2

Отношение концентрации к кларкам редких элементов в гранитоидах региона

Компонент	По данным табл. 1				По данным [2, 4]									
	1	2	3	4	1а	2а	3а	4а	5а	6а	7а	8а	9а	10а
F					0,88	2,50	1,50							
V	0,01	0,01	0,21	0,23	0,20	2,13	1,90	0,95	0,05	0,48	0,68	0,55	0,35	0,25
Cr	1,55	2,53	3,07	3,20		3,24	1,44	0,96	2,00	1,44	2,44	1,44	2,08	0,80
Co	0,01	0,01	0,04	0,06	0,40	1,40	2,40							
Ni	0,72	0,88	2,58	1,13		2,25	2,38	1,25	1,88	1,38	2,13	1,00	1,38	0,75
Cu	0,00	0,00	2,68	0,35										
Zn	0,08	0,58	1,89	0,67										
As	6,17	8,89	23,33	6,67										
Cs					2,18	1,90	2,52							
Sb	7,88	3,33	6,79	4,62										
Pb	0,25	0,25	0,42	0,50	1,62	0,69	1,38							
Bi	650,00	1833,33	266,67	200,00										
Th	0,00	0,00	0,03	0,03	1,17	1,23	1,32	0,78	0,61	1,17	1,11	0,78	0,72	2,00
U	0,01	0,02	0,09	0,09	1,01	1,93	0,74							

Примечание. 1 – крупнозернистый биотитовый гранит; 2 – редкометальный циннвальдитовый гранит; 3 – онгонит; 4 – субвулканический гранит-порфир; 1а и 4а – граниты Урмийского массива; 2а и 8а – граниты Силинского и Анаджаканского массивов; 3а и 9а – гранит Чалбинского массива; 5а и 6а – лейкограниты Дуссе-Алинского и Урмийского массива; 7а – гранодиорит Маглойского массива; 10а – турмалиновый лейкогранит Чалбинского массива.

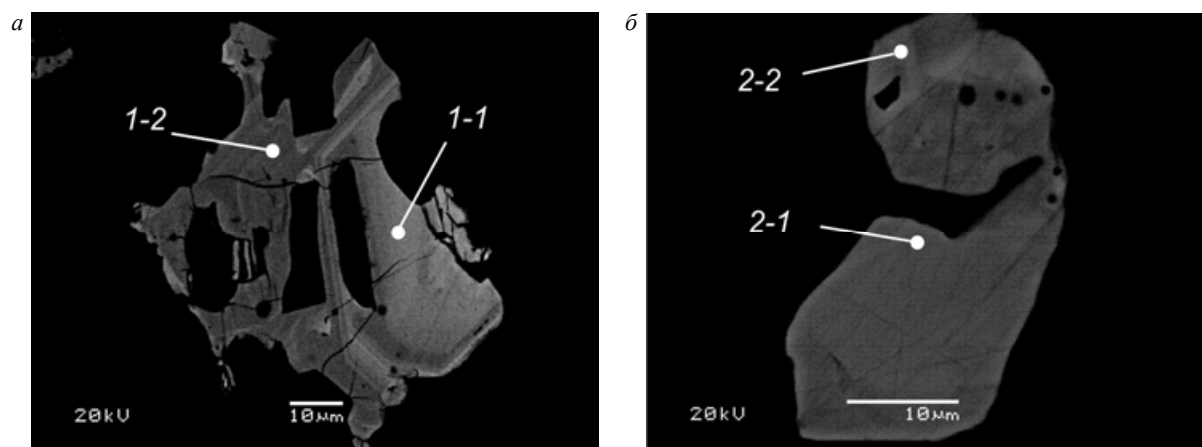


Рис. 1. Монацит (а) и ксенотим (б) в биотитовом граните. BSE-изображения, РЭМ JSM-6460LV

Таблица 3

Состав монацита и ксенотима в биотитовом граните, ppm

Точка зондирования	SiO ₂	P ₂ O ₅	Y ₂ O ₃	La ₂ O ₃	Ce ₂ O ₃	Nd ₂ O ₃	Gd ₂ O ₃	Dy ₂ O ₃	Er ₂ O ₄	Yb ₂ O ₅	ThO ₂	U ₃ O ₈	Сумма
1-1	3,9	26,1	–	17,5	28,6	7,9	–	–	–	–	16,0	–	100,0
1-2	–	32,9	–	19,6	34,4	7,8	–	–	–	–	5,3	–	100,0
2-1	–	36,2	42,6	–	–	–	4,4	4,8	4,6	4,1	1,9	1,4	100,0
2-2	–	35,0	42,7	–	–	–	4,6	4,8	4,4	3,9	2,5	2,1	100,0

Примечание. Прочерк соответствует содержанию ниже предела чувствительности.

Таблица 4

Состав минералов-носителей ТЭ в цинвальдитовых гранитах, мас. %

Точка зондирования	SiO ₂	As ₂ O ₃	Y ₂ O ₃	Ce ₂ O ₃	Nd ₂ O ₃	Gd ₂ O ₃	Dy ₂ O ₃	Yb ₂ O ₃	Bi ₂ O ₃	ThO ₂	U ₃ O ₈
1-1	19,4	–	–	–	–	–	–	–	–	65,5	14,9
1-2	14,5	3,8	8,0	–	–	–	–	2,4	–	65,1	5,8
2-1	–	30,8	49,1	1,7	1,8	1,8	5,2	7,9	–	0,7	1,1
2-2	–	30,8	47,1	2,3	1,3	1,5	4,9	8,9	–	2,8	0,3
3-1	8,3	–	–	–	–	–	–	–	89,9	1,4	–

Примечание. Прочерк соответствует содержанию ниже чувствительности; кислород по стехиометрии (нормализован).

В гранитах региона нередко встречаются монацит и ксенотим. При этом монацит содержит до 16,0 % ThO₂, ксенотим до 2,6 % ThO₂ и до 2,1 % U₃O₈ (рис. 1, табл. 3).

Исследование шлифов в композиционном контрасте позволило обнаружить гетерогенные зерна и мелкодисперсные минеральные агрегаты, содержащие высокие концентрации мышьяка, висмута, свинца, урана, тория, иттрия с примесью редкоземельных элементов (табл. 4). Морфологической особенностью этих образований является замещение вторичными минералами: краевые части зерна торита замещаются

Y-As-минералами (рис. 2, а), вдоль трещин развивается черновит (рис. 2, б). Среди висмутовых фаз обнаружен бисмит (рис. 2, в). Следует отметить, что из-за гетерогенности и малого размера (менее 3 мкм) области анализа результаты состава участков представляют собой совокупный анализ выбранного участка и вмещающей матрицы.

Выводы

Проведенные исследования позволяют сделать главный вывод о том, что часть токсичных компонентов – As, Bi, Th, U, F, Pb –

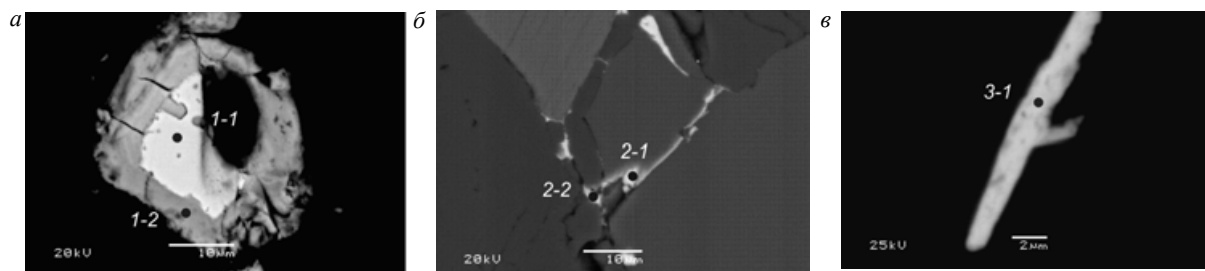


Рис.2. Торит (а), черновит (б), бисмит (в) в циннвальдитовых гранитах (композиционный контраст)

содержится в гранитах в форме устойчивых к выветриванию минералов: алланита, монацита, циркона, ксенотима, торита, бисмита. Вместе с тем установлены формы концентрации указанных элементов гидротермального происхождения в виде черновита, червандонита, висмутопирохлора, способные представлять собой источники аллювиально-делювиального загрязнения.

Дальнейшие исследования эколого-геохимической ситуации в регионе должны включать следующие виды работ:

- изучение взаимосвязи минералов-концентраторов ТЭ с химическим составом горной породы;
- выявление форм экстракции, миграции и отложения ТЭ в региональных гидрогеологических системах.

Проведение геологоразведочных и добычных работ следует сопровождать специализированным раздельным исследованием руд, околорудных гидротермальных пород и рудоносных гранитоидов с оценкой факторов геоэкологического риска. В связи с этим необходимо проведение многолетнего эколого-геохимического мониторинга речных и озерных систем региона по двухцикловой схеме с многолетним отбором донных отложений и ежегодным изучением воды и взвешенного осадка. Среди ТЭ данного региона наиболее распространенными являются As, Bi, Th, U, F, Pb, Y, REE.

Исследования выполнены при финансовой поддержке Минобрнауки РФ, госконтракт № 14.740.11.0192.

ЛИТЕРАТУРА

1. Асанкин Р. «Полиметаллы» раскопает Кутын // Коммерсантъ. 2011, 25 февраля.

2. Геодинамика, магматизм и металлогения Востока России / Под ред. А.И.Ханчука. Владивосток, 2006. Кн.1, 2.

3. Горошко М.В. Металлогения урана Дальнего Востока России / М.В.Горошко, Ю.Ф.Малышев, В.Е.Кириллов; Отв. ред. Н.П.Романовский. М., 2006.

4. Григорьев С.И. Особенности вещественного состава позднемезозойских гранитоидов Баджальского и Комсомольского рудных районов, их петрогенезис и связь с орудением // Региональная геология и металлогения. 1997. № 6.

5. Евсеева Г.П. Микроэлементный статус у детей Приамурья / Г.П.Евсеева, С.В.Супрун, В.К.Козлов // Микроэлементы в медицине. 2006. Т.7. № 4.

6. Караванов К.П. Гидрогеологические области и основные водоносные горизонты Приамурья. Хабаровск, 1996.

7. Сорокина А.Т. Закономерности формирования подземных вод в горно-складчатых и платформенных областях Верхнего Приамурья: Автореф. дис. ... д-ра геол.-минерал. наук. Иркутск, 2008.

8. Сорокина А.Т. Гидрогеологические системы Верхнего Приамурья / Отв. ред. Ю.В.Забродин, В.В.Кулаков. Владивосток, 2005.

REFERENCES

1. Asankin R. Polymetal dig Kutyn // Kommersan. 2011, 25 In February.

2. Geodynamics, magmatism and metallogeny of the Russian East / Ed. by A.I.Khanchuk. Vladivostok, 2006. Book 1, 2.

3. Goroschko M.V., Malyshev Yu.Ph., Kirillov V.E. Uranium Metallogeny of the Russian East / Ed. by N.P.Romanovsky. Moscow, 2006.

4. Grigor'ev S.I. Material composition of Late Mesozoic granitoids Badzhalskogo and Komsomolsk ore regions, their petrogenesis and relationship with mineralization / Regional geology and metallogeny. 1997, N 6.

5. Yevseyeva G.P., Suprun S.V., Kozlov V.K. Trace element status in children Amur // Trace Elements in Medicine 2006. Vol.7. N 7.

6. Karavanov K.P. Hydrogeologic areas and major aquifers of the Amur Region. Khabarovsk, 1996.

7. Sorokina A.T. Regularities in the formation of groundwater in the mining and folded and platform regions of the Upper Amur Region: Research Paper ... geol.-mineral. Sci. Irkutsk, 2008.

8. Sorokina A.T. Hydrogeological system of the Upper Amur Region / Ed. by Yu.V.Zabrodin, V.V.Kulakov. Vladivostok, 2005.

А.И.ГУСЕВ, *д-р геол.-минерал. наук, профессор, anzerg@mail.ru*
Алтайская государственная академия образования им. В.М.Шукишина, Бийск

A.I.GUSEV, *Dr. in geol. & min. sc., professor, anzerg@mail.ru*
The Shukshin Altai State Academy of Education, Bijk

БИОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ИНДИКАТОРЫ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ЭКОСИСТЕМ ГОРНО-РУДНЫМИ ПРЕДПРИЯТИЯМИ РУДНОГО И ГОРНОГО АЛТАЯ

Техногенное загрязнение экосистем, вызванное деятельностью горно-рудных предприятий Рудного и Горного Алтая, оценено на основе биогеохимических индикаторов загрязнения. Содержания тяжелых металлов проанализировано в различных растениях вблизи горных предприятий, которые поглощаются селективно из почв и воздушной среды. Состав тяжелых металлов в растениях определяется составом руд на месторождениях. Аномальные содержания ртути в растениях Синюхинского рудного поля связаны с процессами цианирования золота на золото-извлекающей фабрике.

Ключевые слова: тяжелые металлы, биогеохимические индикаторы, экосистемы, загрязнение.

BIOGEOCHEMICAL INDICATORS OF THE TECHNOGENIC POLLUTION ECOSYSTEMS BY MINING ENTERPRISES OF RUDNY AND MOUNTAIN ALTAI

Technogenic pollution of ecosystems causing by activity mining enterprises of Rudny and Mountain Altai revealed on basis biogeochemical indicators. Content of hard metals analyzed in different plants in mining enterprises that it absorb selectively from soil and air environment. Composition of hard metals in plants determine by composition of ores on the deposits. Anomalous content of Hg in the plant of Sinukhinskoe ore district link with process of cyanidation for selection of gold on the gold-extraction factory.

Key words: hard metals, biogeochemical indicators, ecosystems, pollution.

На Алтае известны различные горно-рудные предприятия, оказывающие значительное техногенное влияние на природные экосистемы: Золотушинское, Змеингорское и другие золото-колчеданные барит-полиметаллические, Синюхинское золото-медно-скарновое, Калгутинское молибден-вольфрамовое кварцево-грейзеновое, Акташское, Чаган-Узунское ртутно-рудные и другие. Некоторые из них существуют и действуют еще с XVIII в. (Золотушинское, Змеиногорское). Вокруг них были созданы поселки, и техногенное воздействие на экосистемы в процес-

се отработки и обогащения руд создало весьма напряженную обстановку со значительным загрязнением почв, донных отложений малых рек. Загрязнение тяжелыми металлами природных систем привело к тому, что опасные концентрации металлов вошли в цепь питания: растения – животные – человек [3].

На Синюхинском золото-медно-скарновом месторождении в процессе проведения биогеохимических поисков рудных тел с участием автора (1992-1993 гг.) проведены исследования по выявлению масштабов за-

хвата и биологического накопления тяжелых металлов различными видами растений над участками рудных тел. Поиски рудных тел проводились по диффузионным геохимическим ореолам восходящей миграции. Известно, что в потоке диффундирующего вещества присутствуют все те элементы первичного ионного геохимического поля, для которых отмечается разность концентраций в рудных телах и перекрывающих их породах. Движение ионов в пристеночном слое жидких пленок способствует сохранению элементарных парагенезисов, которые существуют в материнских первичных рудах.

Ранее биогеохимические поиски осуществлялись на основе анализа золы растений после их сжигания. Такая методика определения концентраций элементов в растениях приводила к искажению истинных содержаний элементов в растениях, так как при озолении проб происходит потеря некоторой части летучих элементов (Mo, V, U, Zn, B, Au, As, Sb, Bi, Se, Te, Pb, Cd, Tl, Hg), которая имеет наибольшую величину (от 50 до 90 %) в не измельченных пробах ветвей, корней, коры и древесины для Cd, Pb, Tl, Zn, B, As, Bi, а для ртути она составляет даже 90-97 % [4].

На Синюхинском месторождении апробирована методика определения химических элементов в растениях без озоления материала, а выявление и интерпретация ореолов диффузионной природы, пригодных для биогеохимических целей, выполнены с использованием высокочувствительной съемки с рентген-радиометрическим анализом (РРА) на аппаратуре типа NOKKIA. Вторичные ореолы диффузионной природы представляют собой вертикальную проекцию погребенных рудных тел и фиксируются при мощности перекрывающих отложений до 600 м. При РРА анализируемый слой в листьях, ветвях, коре растений составляет первые микроны поверхности, где концентрируется большая часть тяжелых металлов, накопленных растениями за их жизнь.

Интерпретация выделенных при таких съемках аномалий проводится с позиций парагенетического анализа. Сонахождение элементов в объекте исследований не явля-

ется критерием их парагенетичности. Для выделения природных парагенетических ассоциаций элементов, обусловленных тем или иным компонентом ландшафта, применяют методы многомерной статистики. Наиболее эффективен для этих целей метод главных компонентов (МГК) факторного анализа, позволяющий выявлять взаимосвязи элементов в отдельных процессах [1].

Перед проведением биогеохимической съемки были выполнены опытно-методические работы по выявлению элементов-индикаторов руд Синюхинского месторождения на той же самой аппаратуре РРА. Изучены рентгеновские спектры руд месторождения с анализом проб (более 120) на широкий круг элементов: Fe, Cu, Zn, Pb, As, Zr, Nb, Y, Sr, Rb, Ba, Se, Tl, Ag, Bi, Sb, Co. К числу элементов-индикаторов отнесены Fe, Cu, Zn, Pb, As, Zr, Sr, Ag, Bi, Sb, Co.

При биогеохимической съемке было отобрано 4000 биогеохимических проб по профилям (расстояние между профилями 200 м, шаг опробования по профилю 10 м) из наиболее распространенных растений в рудном поле (мхов, папоротников, осоки, мать-и-мачехи). В дальнейшем анализ проводился по всем предварительно высушенным растениям только на элементы-индикаторы. Следует отметить, что концентрации таких элементов, как медь, серебро, висмут, сурьма, в некоторых растениях в районе рудных тел на порядок и более превышали таковые на участках безрудного пространства. Другим важным свидетельством аномально высоких концентраций тяжелых металлов в надрудном пространстве является отсутствие лишайников, которые чутко реагируют на повышенные концентрации металлов и в почве, и в диффузионных геохимических ореолах.

Результаты анализа проб, отобранных в районе медно-золоторудных тел, сведены в табл.1.

Анализ закономерностей концентраций элементов в растениях показывает, что наибольшие концентрации тяжелых металлов обнаруживаются во мхах, а наименьшие – в мать-и-мачехе. Обращает на себя внимание очень высокий коэффициент концентрации

Содержания элементов-индикаторов С (%) и значения коэффициентов концентрации в растениях Синохинского рудного поля в районе рудных тел

Элемент	Мох, n = 155		Папоротник, n = 163		Осока, n = 95		Мать-и-мачеха, n = 44		Средний состав золы наземных растений
	С	К _к	С	К _к	С	К _к	С	К _к	
Fe	3,3	4,1	2,1	2,6	2,0	2,5	2,2	2,75	0,8
Cu	0,015	7,5	0,013	6,5	0,013	6,5	0,014	7,0	0,002
Zn	0,009	3,0	0,0005	1,67	0,004	1,33	0,006	2,0	0,003
Pb	0,0011	2,75	0,009	2,2	0,008	2,0	0,001	2,5	0,0004
As	0,0007	2,33	0,0005	1,67	0,0005	1,67	0,0006	2,0	0,0003
Zr	0,0006	1,5	0,0005	1,25	0,0005	1,25	0,0004	1,0	0,0004
Sr	0,05	1,67	0,04	1,33	0,03	1,0	0,03	1,0	0,03
Ag	0,0002	10,0	0,00007	3,5	0,00007	3,5	0,00008	4,0	0,00002
Bi	0,0007	17,5	0,0005	12,5	0,0004	10,0	0,00032	8,0	0,00004
Sb	0,0012	3,0	0,001	2,5	0,0011	2,75	0,0011	2,75	0,0004
Cd	0,00014	2,8	0,0001	2,0	0,00011	2,2	0,0001	2,0	0,00005
Co	0,0019	4,75	0,0014	3,5	0,0012	3,0	0,0013	3,25	0,0004

Примечание. Коэффициент концентрации К_к – отношение содержания элемента в пробах растений Синохинского рудного поля к среднему содержанию в золе наземных растений по А.И.Перельман [5]; n – количество проанализированных проб по каждому виду растений.

висмута почти во всех растениях Синохинского рудного поля, что намного превышает приводимые оценки по литературным данным [5]. Вероятно, это объясняется тем, что в анализируемом районе наряду с высокими концентрациями висмута в рудах имеют место и благоприятные факторы гипергенного перевода этого металла в легкорастворимые формы, что способствует его повышенной миграционной способности в диффузионных ореолах с последующей фиксацией в растениях в аномально высоких концентрациях.

Преимущество использования МГК при выявлении парагенетических ассоциаций элементов в природных объектах заключается в том, что выявляется структурное единство модели, описывающей поведение химических элементов системы при изменении внешних условий, и модели метода главных компонент [1].

Расчет факторных нагрузок (здесь и далее нагрузок первого порядка) для наших данных по выборкам анализов для наиболее представительных по объему выборок мха (n = 155) и папоротника (n = 163) выглядит следующим образом, соответственно

$$D = 61 \%, \text{Bi}_{0,96}\text{Ag}_{0,88}\text{Cu}_{0,61}\text{Co}_{0,53}\text{Fe}_{0,42};$$

$$D = 49,8 \%, \text{Bi}_{0,78}\text{Cu}_{0,63}\text{Ag}_{0,51}\text{Co}_{0,51}\text{Fe}_{0,34},$$

где D – вклад факторных нагрузок в процентах. Значения факторных нагрузок конкрет-

ных элементов даны рядом с элементом при значениях вероятности 0,95 %.

Полученные результаты в сопоставлении с данными табл.1 показывают, что выявленные парагенетические ассоциации отражают комплексы химических элементов, имеющих природную дисперсию содержания тяжелых металлов в диффузионных геохимических ореолах, а конкретные значения факторов ранжированы по степени увеличения коэффициентов концентрации или биологического накопления (или аномальности в опробованных растениях). Парагенетические ассоциации химических элементов во мхе и папоротнике имеют черты сходства и различий. У них имеются общие ассоциации элементов (висмут, серебро, медь, кобальт, железо), однако вклад факторных нагрузок и величина их различны. Особенно контрастное различие в фиксации тяжелых металлов намечается для мха и папоротника по таким элементам, как медь и серебро. Если в папоротнике больше концентрируется меди, то во мхе – серебра, что подтверждается их различным положением в иерархическом ряду факторных нагрузок.

Вблизи карьеров участков «Рудная Сопка», «Западный», «Файфановский» Синохинского рудного поля у хвоя сосны часто наблюдается ауксобилия, проявляющаяся в резко укороченной длине хвоинок

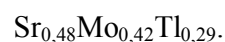
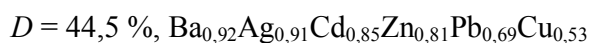
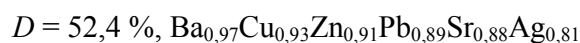
Содержания элементов-индикаторов (%) и значения коэффициентов концентрации в хвое фонового участка и хвое, пораженной ауксобилией

Элемент	Хвоя, пораженная ауксобилией, $n = 15$		Хвоя фонового участка (район селения Чоя), $n = 11$		Средний состав золы наземных растений
	C	K_k	C	K_k	
Fe	3,8	4,75	1,3	1,6	0,8
Cu	0,03	15,0	0,001	0,5	0,002
Zn	0,011	3,7	0,004	1,3	0,003
Pb	0,0018	4,5	0,0003	0,75	0,0004
As	0,0011	3,7	0,0002	0,67	0,0003
Zr	0,0009	2,2	0,0003	0,75	0,0004
Sr	0,08	2,7	0,01	0,33	0,03
Ag	0,0009	50,0	0,00002	1,0	0,00002
Bi	0,0010	25,0	0,00002	0,5	0,00004
Sb	0,0019	4,75	0,00003	0,075	0,0004
Cd	0,00017	3,4	0,00003	0,6	0,00005
Co	0,0020	5,0	0,0003	0,75	0,0004
Hg	0,00003	15,0	0,00002	1,0	0,00002

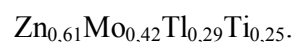
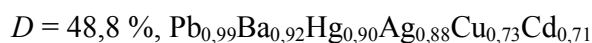
и укороченных веточках. Проведено сравнение состава тяжелых металлов в пораженной болезнью хвое и хвое сосны за пределами Синюхинского рудного поля в районе селения Чоя (табл.2).

Полученные данные указывают на то, что в сравнении с концентрациями тяжелых металлов с фонового участка в хвое, пораженной ауксобилией, наблюдается значительное накопление таких элементов, как Fe, Cu, Zn, Pb, As, Zr, Sr, Ag, Bi, Sb, Cd, Co, Hg. При этом повышенные концентрации элементов в хвое, пораженной ауксобилией, в основном, отражают повышенные концентрации их в рудах. Аномально высокое накопление ртути в пораженной хвое, вероятно, связано с рассеянием ртути в результате процессов цианирования при извлечении золота.

Аналогичные исследования проведены нами и в районе месторождений золото-колчеданной барит-полиметаллической формации в 2005-2009 гг. [2]. Для этого типа экосистем (Змеиногорск) парагенные ассоциации выявлены для листьев тополя и полыни (наиболее распространенных растений в городе) целиком определяются составом добываемых полиметаллических руд из золото-колчеданных барит-полиметаллических месторождений, расположенных вблизи города (Змеиногорское, Корбалихинское, Среднее, Зареченское, Петровское и др.), соответственно:



Значительную роль в парагенетических ассоциациях тяжелых металлов в обоих растениях получили барий, медь, серебро, кадмий, таллий. Последние два элемента являются примесями в рудах, тем не менее, они оказались важными поллютантами, поглощаемыми растениями. Для г. Горняк (известное Золотушинское барит-полиметаллическое месторождение и рядом расположенное на территории Казахстана аналогичное по составу месторождение Джискен), где отмечено рождение «желтых детей», факторные нагрузки и парагенные ассоциации тяжелых металлов следующие (листья тополя и полыни соответственно):



Степное барит-полиметаллическое золото-колчеданное месторождение, расположенное в Рубцовском рудном районе, в настоящее время разведывается. Оно расположено в 4 км от пос. Таловка (в Таловке находится одноименное месторождение, но

оно расположено на глубине и ранее разведывалось скважинами колонкового бурения). На Степном месторождении пройден карьер с отвалами, занимающими значительную площадь. Месторождение находится в степи, и в его районе деревья отсутствуют. Нами опробованы полынь и пырей ползучий (по 15 проб каждая из трав). Для указанных растений факторные нагрузки следующие, соответственно:

$$D = 43,4 \%, \text{Ba}_{0,90}\text{Ag}_{0,87}\text{Cd}_{0,81}\text{Zn}_{0,81}\text{Pb}_{0,69}\text{Cu}_{0,53} \\ \text{Sr}_{0,41}\text{Pb}_{0,21};$$

$$D = 41,5 \%, \text{Ba}_{0,92}\text{Ag}_{0,90}\text{Cd}_{0,82}\text{Zn}_{0,80}\text{Pb}_{0,69}\text{Cu}_{0,56} \\ \text{Sr}_{0,48}\text{Pb}_{0,25}.$$

Характерной особенностью факторных нагрузок на Степном месторождении являются значительно меньшие их значения, чем на Змеиногорском и Золотушинском месторождениях. Кроме того, в обоих видах растений отсутствует молибден, что также отличает это месторождение от ранее рассмотренных колчеданных объектов Рудного Алтая.

Таким образом, на основе полученных результатов установлены биогеохимические индикаторы биологического накопления тяжелых металлов во мхе, папоротнике, осоке и мать-и-мачехе при диффузионном процессе восходящей миграции пленочных вод над рудными залежами Синюхинского месторождения. Из большого числа проанализированных элементов к числу индикаторов биологического накопления можно отнести висмут, медь, серебро, кобальт, железо. Обращает на себя внимание резко аномальные концентрации всех элементов в хвое сосен, пораженных ауksобилией.

На колчеданных барит-полиметаллических месторождениях Рудного Алтая поллютанты в листьях тополя и полыни также отражают состав основных рудных компонентов и некоторых примесных металлов (таллий, кадмий).

ЛИТЕРАТУРА

1. Бугаец А.Н. Математические методы при прогнозировании месторождений полезных ископаемых / А.Н.Бугаец, Л.Н.Дуденко. Л., 1976. 270 с.
2. Гусев А.И. Биогеохимическая индикация антропогенного загрязнения растительности Алтайских городов / А.И.Гусев, О.И.Гусева // Международный журнал экспериментального образования, 2010. № 7. С.17-19.
3. Гусев А.И. Биогеохимические индикаторы биологического накопления растениями тяжелых металлов на некоторых месторождениях Алтая / А.И.Гусев, О.И.Гусева // Природные ресурсы Горного Алтая. 2010. № 1. С.114-118.
4. Григорян С.В. Инструкция по геохимическим методам поисков рудных месторождений / С.В.Григорян, А.П.Соловов, М.Ф.Кузин. М., 1983. 191 с.
5. Перельман А.И. Геохимия ландшафта. М., 1975. 234 с.

REFERENCES

1. Bugaets A.N., Dudenko L.N. Mathematic methods for prognosis deposits ore materials. Leningrad, 1976. 270 p.
2. Gusev A.I., Guseva O.I. Biogeochemical indication of antropogenic pollution of pants of Altay cities // International magazine of experimental education, 2010. N 7. P.17-19.
3. Gusev A.I., Guseva O.I. Biogeochemical indicators of biologic pollution of plants hard metals on some deposits of Altay // Nature resources of Mountain Altay., 2010. N 1. P.114-118.
4. Grigorjan S.V., Solovov A.P., Kuzin M.F. Instruction on geochemic methods of searching ore deposits. Moscow, 1983. 191 p.
5. Perelman A.I. Geochemistry of landscape. Moscow, 1975. 234 p.

Р.Э.ДАШКО, *д-р. геол.-мин. наук, профессор, regda2002@mail.ru*

Н.А.ПЕРЕВОЩИКОВА, *аспирант, perevoshikova-n@mail.ru*

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

Д.Ю.ВЛАСОВ, *д-р. биол. наук, доцент, Dmitry.Vlasov@mail.ru*

Санкт-Петербургский государственный университет

R.E.DASHKO, *Dr. in geol. & min. sc., professor, regda2002@mail.ru*

N.A.PEREVOSSHKOVA, *post-graduate student, perevoshikova-n@mail.ru*

National Mineral Resources University (Mining University), Saint Petersburg

D.Yu.VLASOV, *Dr. in biol. sc., associate professor, Dmitry.Vlasov@mail.ru*

Saint Petersburg State University

ВЛИЯНИЕ НЕКОТОРЫХ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА РАЗРУШЕНИЕ БЕТОННЫХ СООРУЖЕНИЙ ЧЕБОКСАРСКОЙ ГЭС

Дана краткая характеристика инженерно-геологических и гидрологических условий основания бетонных сооружений. Проанализированы факторы формирования экологической обстановки в придонной зоне водохранилища Чебоксарской ГЭС. Рассмотрена динамика изменения активности и численности микроорганизмов в воде и донных отложениях водохранилища. Изложены результаты специализированной съемки в сухой потерне о состоянии бетонов здания ГЭС и водосливной плотины в 2010-2011 гг., проведена сравнительная оценка микробиологической деятельности, которая способствует развитию активной деятельности биокоррозии бетонов и металлов. Показана высокая биеустойчивость материалов, применяемых для ремонтных работ (заделки различных дефектов в бетонных конструкциях).

Ключевые слова: Чебоксарская ГЭС, бетонные сооружения, водохранилище, донные отложения, микромицеты, бактерии, сухая потерна, фильтрация, подземные воды, формы разрушения бетонов, биокоррозия.

INFLUENCE OF SOME GEOECOLOGICAL FACTORS ON DESTRUCTION OF CONCRETE CONSTRUCTIONS OF CHEBOKSARY HYDROELECTRIC POWER PLANT

The short characteristic of engineering-geological and hydrological conditions of the grounds of concrete constructions is given. Factors of formation of ecological conditions in a benthonic zone of a water basin of Cheboksary hydroelectric power plant are analyzed. Dynamics of change of activity and number of microorganisms in water and bed deposits of a water basin is considered. Results of specialized shooting in dry footway about a condition of concrete of a hydroelectric power plant building of and an overflow dam in 2010-2011 are stated, the comparative estimation of microbiological activity which promotes development of the vigorous activity of biocorrosion of concrete and metals is spent. It is shown high microbes prevalence the materials applied to repair work (seals of various defects in concrete designs).

Key words: Cheboksary hydroelectric power plant, concrete constructions, a water basin, bed deposits, microfungus, bacteria, dry footway, a filtration, underground waters, forms of destruction of concrete, biocorrosion.

Чебоксарская ГЭС, расположенная на р. Волге в Республике Чувашия в 15 км ниже г. Чебоксары, представляет собой низконапорную гидроэлектростанцию руслового типа и является пятой ступенью каскада волжских гидроэлектростанций (расположена между Горьковской и Волжской ГЭС). К основным сооружениям ГЭС относятся глухая земляная плотина (левобережное примыкание к низкому берегу р. Волги), бетонная водосливная плотина (две секции), здание машинного зала (девять секций) и примыкающий к правому крутому берегу Волги шлюз. В статье особое внимание уделяется оценке состояния основных бетонных сооружений: водосливной плотине и зданию ГЭС, в связи с тем, что уровень водохранилища не достигает проектной отметки +68,0 м. В настоящее время уровень верхнего бьефа (НПУ) варьирует в пределах 61,0-63,0 м. Подъем уровня в водохранилище сдерживается неготовностью комплекса инженерной защиты от затопления и подтопления отдельных районов, а также разногласиями между регионами по поводу уровня водохранилища. Подъем уровня будет сопровождаться повышением гидростатического и гидродинамического давления на подпорные сооружения и породы основания, а также активизацией процесса фильтрации через плотину здания ГЭС и под подпорными сооружениями, что, несомненно, будет влиять на эксплуатационную надежность рассматриваемого объекта.

Здание ГЭС, протяженностью 547,5 м, является наиболее заглубленным бетонным сооружением, в основании здания которого прослеживаются отложения сарминской свиты татарского яруса верхнего отдела пермской системы, представленные толщей переслаивания известняков с мергелями и маломощными прослоями глин (0,03-0,30 м). К отложениям трещиноватых известняков и мергелей приурочен напорный водоносный горизонт, содержащий минерализованные воды, которые при восходящей фильтрации оказывают влияние на подземные бетонные конструкции здания ГЭС.

Подшова водосливной бетонной плотины (ВСП) расположена на более высоких

отметках по сравнению с машинным залом (понур 35,4 м и водослив 33,8 м). Основанием ВСП служат полиминеральные глинистые отложения сарминской свиты татарского яруса верхнего отдела перми с включениями карбонатов, с линзами и прослоями алевролита, которые подстилаются терригенно-карбонатной водонасыщенной толщей (см. рисунок).

Присутствие в составе глинистой фракции монтмориллонита способствует высокой физико-химической активности глин, прежде всего интенсивности катионного обмена, что приводит к изменению состояния и свойств этих отложений. Пермские глины следует рассматривать как трещиновато-блочную среду. Трещиноватость этих глин имеет тектонический и нетектонический генезис и была зафиксирована еще в период инженерно-геологических изысканий в створе Чебоксарской ГЭС. В структурно-тектоническом отношении зона основания ГЭС и водосливной плотины находится между крупными тектоническими разломами и нарушениями, по которым происходит разгрузка минерализованных сульфатных и сульфатно-хлоридных натриевых вод, содержащих азот, диоксид углерода, метан, водород, радон, гелий и аргон. Подземные воды, поступающие по разломам, обладают коррозионной агрессивностью по отношению к металлам и бетону [1].

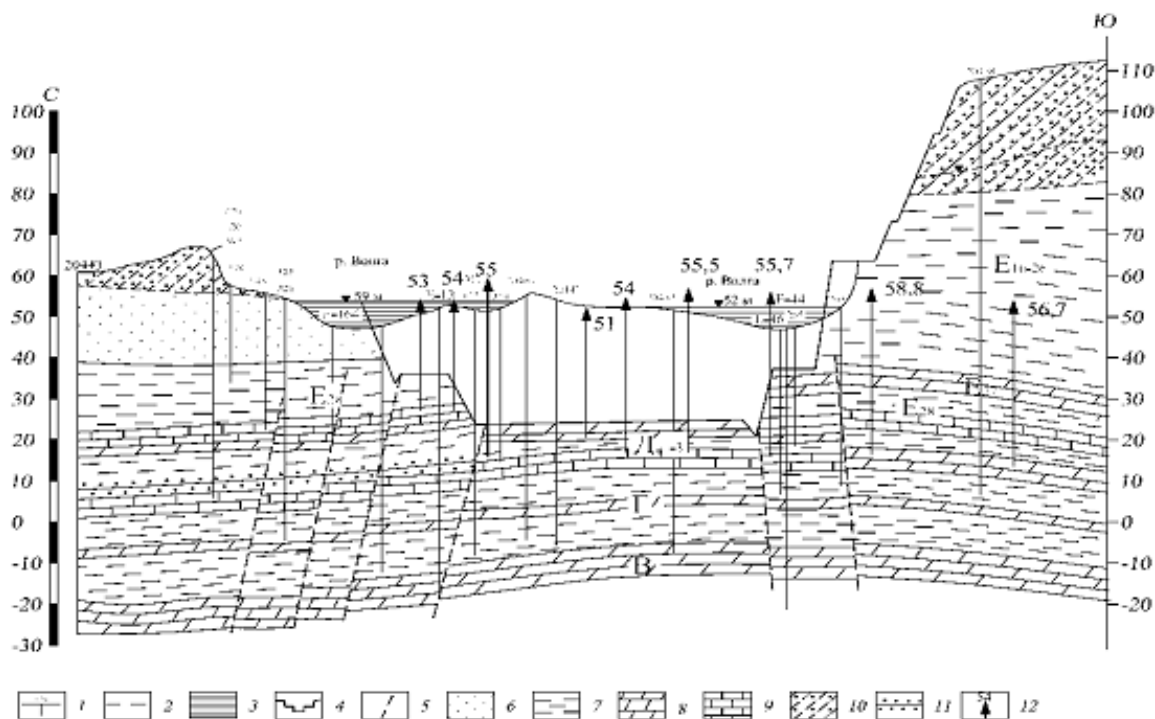
В 2010-2011 гг. сотрудниками кафедры гидрогеологии и инженерной геологии Горного университета проводились специализированные исследования на Чебоксарской ГЭС со следующими задачами:

- определение специфики взаимодействия вод водохранилища и подземных вод с бетонными и металлическими конструкциями ГЭС для установления их коррозионной активности;

- анализ и оценка причин разрушения бетонных сооружений, в том числе и за счет геоэкологических факторов;

- особенности динамики разрушения бетонов за годовой цикл наблюдений.

В процессе проведения специализированной съемки здания ГЭС и водосливной плотины осуществлялась фотофиксация



Схематический геолого-стратиграфический разрез основания водосливной плотины и здания Чебоксарской ГЭС
 1 – скважина; 2 – уровень подземных вод; 3 – речная вода; 4 – контур основания ГЭС; 5 – тектоническое нарушение;
 6 – пески; 7 – аргиллиты; 8 – мергели; 9 – известняки; 10 – суглинки; 11 – алевролиты; 12 – пьезометрический уровень
 (до начала строительства)

дезинтегрированных зон в стенках сухой потерны, отбор проб разрушенных конструктивных материалов, а также различных натечных форм с последующим микробиологическим анализом видового состава и численности колониеобразующих единиц (КОЕ). Для проведения микробиологического исследования в донных отложениях Чебоксарского водохранилища были отобраны пробы взеси и илов со стороны верхнего и нижнего бьефов с помощью батометра.

Сравнительный анализ результатов исследований в 2010-2011 гг. показал, что в пределах верхнего бьефа наблюдается увеличение численности и изменение видового состава микроорганизмов по сравнению с исследованиями 2010 г., что свидетельствует об активизации микробной деятельности в донных отложениях Чебоксарского водохранилища. В 2010 г. в придонном слое воды верхнего бьефа была установлена высокая численность микроорганизмов – $1,6 \cdot 10^5$. Все выявленные формы находятся в жизнеспособном состоянии. Увеличение численности микромицетов в верхнем бьефе, по

результатам исследований 2011 г., сопровождается также изменениями в их видовом составе. При этом общее количество бактерий в донных отложениях по сравнению с исследованиями в 2010 г. снизилось на порядок, но остается довольно высоким. В пределах нижнего бьефа прослеживается некоторое снижение численности и видового состава микромицетов, но увеличение общего числа бактерий почти на два порядка (табл.1). В донных отложениях водохранилища наблюдается благоприятная обстановка для развития микробной деятельности.

Большая площадь мелководий (31,5 % от общей площади водохранилища), затопленные пашни, усадьбы на площади 7,7 тыс.га, сенокосы и выгоны скота на 46,5 тыс.га, бывшие лесные угодья (97,8 тыс.га), незавершенное строительство систем инженерной защиты, а также отсутствие водоохраных зон, создают благоприятные условия для активизации и увеличения численности и видового разнообразия микроорганизмов. Обогащение микроорганизмами также происходит за счет затопленных

Результаты микробиологического анализа донных отложений, отобранных со стороны
верхнего и нижнего бьефа

Бьеф	Дата отбора пробы	Микромицеты	Численность микромицетов (КОЕ в 1 г материала)	Общее число бактерий (КОЕ в 1 г материала)
Верхний	Июль 2010 г.	Gliocladium catenulatum Mucor hiemalis Penicillium citreo-nigrum Trichoderma viride	1400	$3,8 \cdot 10^8$
	Июль 2011 г.	Humicola grisea Scytalidium lignicola Mucor racemosus Trichoderma viride Fusarium chlamydosporum Бактериальные колонии обильны	6000	$3,0 \cdot 10^7$
Нижний	Июль 2010 г.	Fusarium sporotrichioides Mucor hiemalis Myceliophthora sp. Penicillium brevicompactum Rhizopus stolonifer Trichoderma viride	1200	$3,6 \cdot 10^6$
	Июль 2011 г.	Trichoderma aurantiogriseum Mucor racemosus Trichoderma koningii Бактериальные колонии обильны	1000	$1,4 \cdot 10^8$

болот (в пределах поймы р. Волги с поверхности залегают болотные и озерно-болотные отложения мощностью 3,0-4,0 м, а в пониженных участках надпойменных террас развиты торфа и заторфованные слабые грунты мощностью до 5,0 м), свалок и захороненных кладбищ, что способствует увеличению численности анаэробных, факультативных и гетеротрофных микроорганизмов.

Дополнительное привнесение микроорганизмов обеспечивается за счет разгрузки подземных вод водоносных горизонтов в процессе их восходящей фильтрации из пермских пород татарского яруса. Поступление минерализованных вод в зону основания бетонных сооружений также рассматривается как благоприятный фактор развития микробиоты за счет увеличения питательных субстратов в водной среде. В результате исследований 2010 г. по гидрохимическим створам в пределах верхнего бьефа водохранилища было определено содержание органики в воде по величине ХПК 23,1-28,4 мгО₂/дм³ и перманганатной окисляемости 9,9-10,8 мгО₂/дм³. Замеры величины окислительно-восстановительного потенциала Eh (in situ) зафиксировали ана-

эробные условия в придонной части (Eh от -8 до -35 мВ).

За состоянием бетонных сооружений Чебоксарской ГЭС ведется постоянное наблюдение диагностической службой Чебоксарской ГЭС, однако анализ причин разрушения бетонных сооружений ею не проводится. Наибольшая степень трещиноватости отмечается в бетонах водосливной плотины. В 1-й секции водосливной плотины общая протяженность всех трещин составила 125 м, а во 2-й – почти 143 м. В ходе обследования состояния бетонных сооружений Чебоксарской ГЭС, выполненного сотрудниками университета, в выявленных дезинтегрированных зонах было зафиксировано выщелачивание бетона, вынос компонента материала, используемого при ремонтных работах, формирование натечных форм (сталактитов и высолов), образование течей и капежа воды на стенах и потолочине потерны.

В пределах сухой потерны были отобраны пробы разрушенных конструктивных материалов и натечных форм для последующего микробиологического анализа и выявления степени воздействия биокоррозии на

Сводная таблица сопоставления трещиноватости здания ГЭС и водосливной плотины и численности микроорганизмов в отобранных пробах (по данным отдела диагностики ГЭС и результатам исследований лаборатории микологии биолого-почвенного факультета СПГУ)

Секция	Общее количество трещин в секции	Общая протяженность трещин в секции, м	Описание пробы	Общее число бактерий (КОЕ в 1 г материала)	Численность микромицетов (КОЕ в 1 г материала)	Год исследований
Здание ГЭС						
1	38	57,9	Высолы	2,1·10 ⁵	2250	2010
			Сталактиты	2,8·10 ⁶	12500	2011
2	27	34,7	Разрушенное железо (окантовка блоков)	2,5·10 ⁶	5000	2010
3	34	53,4	Высолы	8,5·10 ⁵	15000	2011
4	30	49,8	Сталактиты	2,9·10 ⁷	11000	2011
5	42	71,2	Высолы	2,4·10 ⁷	нет роста грибов	
6	54	114,1	Сталактиты	6,3·10 ⁷	4500	2011
7	55	104,2	Высолы	8,8·10 ⁶	500	2011
8	48	99,1	Высолы	–	5000	2011
9	39	79,6	Сталактиты	5,6·10 ⁷	10000	2011
Водосливная плотина						
1	56	125,3	Материал, применяемый при ремонтных работах	1,4·10 ⁶	15000	2011
2	60	142,8	То же	1,0·10 ⁴	12000	2011

бетонные и металлические конструкции Чебоксарской ГЭС (табл.2). Численность колониеобразующих единиц микромицетов в некоторых пробах достигало 15 000 КОЕ/г. (высолы, отобранные в 3-й секции здания ГЭС), что указывает на непосредственное участие грибов в деструктивных процессах, а также в накоплении общей микробной биомассы в зоне протекания коррозионных процессов и формирования различных натечных образований. Высокий уровень микологического поражения зафиксирован в пробах материала, используемого для заливки трещин, стыков и других дефектов, в 1-й и во 2-й секции водосливной плотины. Численность микроорганизмов в них достигала 15000 и 12000 КОЕ/г соответственно. Стоит также отметить, что высокая численность микромицетов и бактерий была обнаружена в пробах, отобранных в секциях 2, 3, 4 и 9 здания ГЭС, что свидетельствует об активных процессах биокоррозии в данных секциях. Преобладание в видовом отношении плесневых грибов из рода *Penicillium* (*Penicillium brevicompactum*, *Penicillium citrinum*, *Penicillium decumbens*), известных как активных агентов биологической коррозии бетонных и металлических конструк-

ций, зафиксировано в местах повышенной влажности материалов, хотя данные микромицеты способны развиваться внутри помещений даже при невысокой влажности.

Выполненные работы позволяют оценить роль биокоррозионных процессов в разрушении бетонов водосливной плотины и здания. Принимая во внимание, что скорость и активность разрушения материалов в результате деятельности микроорганизмов превышает скорость физико-химических и химических процессов коррозии, необходимо разработать комплекс мероприятий по обеспечению ликвидации и (или) снижению разрушительной деятельности микроорганизмов в бетонных сооружениях. Данные табл.2 свидетельствуют, что в материалах, используемых для ремонтных работ на основе органических соединений (сольвент – смесь ароматических углеводородов с невысоким содержанием нафтенных, парафиновых и циклических непредельных углеводородов) активно развивается микрофлора, причем заметна активная динамика развития за короткий промежуток времени. Такой материал должен рассматриваться как катализатор микробной деятельности.

По результатам микробиологических исследований, выполненных в 2011 г., вы-

явлено 22 вида микромицетов, обладающих различной степенью агрессивности по отношению к строительным материалам, в данном случае к бетонам. Весьма высокой коррозионной способностью обладают только шесть видов микромицетов, однако, их содержание в исследованных пробах достигает высоких значений. Так, например, вид *Cladosporium sphaerospermum* встречен в 59 % пробах, *Penicillium citrinum* – в 22,7 %. В 18,2 % пробах был обнаружен вид *Penicillium brevicompactum*. Реже (13,6 % проб) был встречен *Cladosporium cladosporioides* и *Trichoderma viride* (табл.3).

Таблица 3

Видовой состав и характеристики грибов, выявленных в ходе микологического анализа образцов поврежденных материалов с Чебоксарской ГЭС в 2011 г.

Вид микромицетов	Встречаемость в пробах, %	Степень агрессивности
<i>Acremonium roseo-griseum</i>	4,5	+
<i>Alternaria alternata</i>	4,5	++
<i>Chrysosporium pannorum</i>	9	+
<i>Cladosporium cladosporioides</i>	13,6	++
<i>Cladosporium sphaerospermum</i>	59	++
<i>Fusarium solani</i>	4,5	+
<i>Fusarium chlamydosporum</i>	9	+
<i>Fusarium semitectum</i>	4,5	+
<i>Humicola grisea</i>	4,5	+
<i>Mucor hiemalis</i>	4,5	+
<i>Mucor racemosus</i>	9	+
<i>Penicillium brevicompactum</i>	18,2	++
<i>Penicillium citrinum</i>	22,7	++
<i>Penicillium decumbens</i>	36,4	+
<i>Penicillium frequentans</i>	4,5	+
<i>Penicillium roqueforti</i>	4,5	+
<i>Phialophora sp.</i>	4,5	+
<i>Scytalidium lignicola</i>	4,5	+
<i>Trichoderma aurantiogriseum</i>	4,5	+
<i>Trichoderma koningii</i>	4,5	+
<i>Trichoderma viride</i>	13,6	++
Неспороносящий светлокрасный гриб	9	+–

Примечание. Степень агрессивности по отношению к строительным материалам: (++) – активные биодеструкторы материалов и изделий; (+) – деструкторы материалов и изделий; (+–) – деструктивные свойства мало изучены.

По результатам проведенных исследований следует вывод о том, что на Чебоксарской ГЭС необходимо организовать специализированный мониторинг за состоянием основных бетонных сооружений (здание машинного зала и водосливная плотина), который будет включать наблюдения за изменением численности микроорганизмов и их агрессивности по отношению к конструкционным материалам.

Авторы статьи благодарят за помощь руководителя отдела диагностики Чебоксарской ГЭС Н.А.Шабалина при проведении съемки в сухой потерне и исследовательских работ на водохранилище, а также за предоставление материалов по состоянию бетонных сооружений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ларионов А.Д. Чебоксарская плотина на р. Волге / А.Д.Ларионов, С.П.Егоров, Н.П.Ларионова // Геология и плотины. М., 1962.
2. Макаров В.Б. Чебоксарская гидроэлектростанция / В.Б.Макаров, Л.Т.Фридлянов // Труды Гидропроекта. 2002. № 7.
3. Пронин А.П. Активные глубинные разломы центральной части Русской платформы и их геоэкологическое значение // Геоэкологические исследования и охрана недр. 1994. Вып.3.

REFERENCES

1. Larionov A.D., Egorov S.P., Larionova N.P. A Cheboksary dam on the river to Volga // Geology and dams. Moscow, 1962.
2. Makarov V.B., Fridljanov L.T. Cheboksary hydroelectric power station // Works of the Hydroproject. 2002. N 7.
3. Pronin A.P. Active deep breaks of the central part of Russian platform and their geoeological value // Geoeological researches and protection of bowels. 1994. Vol.3.

Е.А.ЕРОФЕЕВА, канд. биол. наук, доцент, el77785674@yandex.ru
Нижегородский государственный университет им. Н.И.Лобачевского

E.A.EROFEEVA, PhD in biol. sc, associate professor, el77785674@yandex.ru
Nizhniy Novgorod State University of N.I.Lobachevsky

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ УРБАНИЗИРОВАННОЙ ТЕРРИТОРИИ ПО ИНТЕНСИВНОСТИ ЛИПОПЕРОКСИДАЦИИ И ВЕЛИЧИНЕ ФЛУКТУИРУЮЩЕЙ АСИММЕТРИИ ЛИСТА *BETULA PENDULA* ROTH.

Установлено, что оценка качества окружающей среды урбанизированной территории по интенсивности липопероксидации и величине флуктуирующей асимметрии листа березы повислой дает сходный результат. В то же время интенсивность липопероксидации является более чувствительным показателем уровня промышленного загрязнения.

Ключевые слова: *Betula pendula* Roth., лист, липопероксидация, флуктуирующая асимметрия, промышленное загрязнение.

ESTIMATION OF ENVIRONMENTAL QUALITY OF URBAN TERRITORY ON THE LIPID PEROXIDATION INTENSITY AND FLUCTUATION ASYMMETRY OF *BETULA PENDULA* ROTH. LEAF

It was revealed that lipid peroxidation intensity and fluctuating asymmetry value of *Betula pendula* Roth. leaf gives the similar estimation of environmental quality on urbanized territory. At the same time the lipid peroxidation is more sensitive indicator of the level of industrial pollution.

Key words: *Betula pendula* Roth., leaf, lipid peroxidation, fluctuating asymmetry, industrial pollution.

В настоящее время величина флуктуирующей асимметрии билатеральных морфологических структур листа березы повислой широко используется для оценки уровня загрязнения окружающей среды, в том числе и предприятиями минерально-сырьевого комплекса [1]. Флуктуирующая асимметрия представляет собой случайные незначительные отклонения от симметричного состояния билатеральных морфологических структур, обусловленные стохастичностью молекулярных процессов, лежащих в основе экспрессии генов (онтогенетическим шумом). Величина флуктуирующей асимметрии возрастает при действии любых стрессовых факторов

среды, которые приводят к усилению онтогенетического шума, нарушению стабильности морфогенеза листа, и как следствие, увеличению его асимметрии [1, 2].

В то же время известно, что при стрессе любой природы происходит изменение не только морфогенетических показателей, но и физиолого-биохимических, особенно тех, которые непосредственно связаны с процессом фенотипической адаптации. К таким показателям относится интенсивность перекисного окисления липидов (липопероксидации) – свободнорадикального окисления полиненасыщенных жирных кислот липидов (преимущественно липидов биомембран).

К настоящему времени накоплен огромный фактический материал, позволяющий заключить, что усиление липопероксидации является универсальной клеточной реакцией на воздействие различных по своей природе стрессовых факторов, как у животных, так и у растений [3]. При этом повышенный уровень липопероксидации наблюдается и при хроническом действии антропогенных стресс-факторов на растительные объекты [4]. Показано, что увеличение интенсивности данного процесса при стрессе является не только следствием нарушения перекисного гомеостаза, а представляет собой важный компонент адаптации. В частности известно, что такой продукт липопероксидации, как малоновый диальдегид, обладает биологической активностью и может влиять на экспрессию генов, функции белков [3, 5]. Все это объясняет интерес исследователей к липопероксидации в плане использования показателей интенсивности этого процесса в фитоиндикации. В то же время вопрос о том, как соотносится изменение перекисного гомеостаза растений с оценкой состояния ценопопуляций, полученной с помощью характеристик стабильности развития (флуктуирующей асимметрии), до сих пор остается открытым.

Целью исследования было проведение сравнительного анализа оценки качества окружающей среды в различных орографических частях Нижнего Новгорода, характеризующихся разным уровнем промышленного загрязнения, в том числе и предприятиями минерально-сырьевого комплекса, по интенсивности липопероксидации и величине флуктуирующей асимметрии листа березы повислой.

Объектом исследования являлась береза повислая (*Betula pendula* Roth.), произрастающая на территории десяти рекреационных зон г. Нижнего Новгорода, из которых четыре располагались в нагорной, а шесть в заречной части города. В нагорных районах города отсутствуют крупные стационарные источники загрязнения, и выбросы автотранспорта вносят основной вклад в ухудшение состояния окружающей среды. В заречной части сконцентрированы промыш-

ленные предприятия, в том числе и минерально-сырьевого комплекса, которые наряду с автотранспортом обуславливают уровень загрязнения [6].

Сбор материала и определение исследованных показателей проводили в третьей декаде июля (2004-2006 гг.), когда большинство листьев достигает зрелого состояния. Листовые пластинки березы собирали на высоте 2-4 м с укороченных побегов не затененных участков нижней части кроны деревьев генеративного возраста.

Для оценки величины флуктуирующей асимметрии листа в каждой рекреационной зоне собирали по 10 листьев с каждого из 10 деревьев ($n = 100$). Измеряли стандартный набор из пяти морфологических признаков листовой пластинки. Расчет интегрального показателя флуктуирующей асимметрии комплекса морфологических признаков листовой пластинки проводили с использованием алгоритма нормированной разности [1]:

$$\bar{A} = \frac{1}{mn} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \frac{|L_{ij} - R_{ij}|}{(L_{ij} + R_{ij})},$$

где L_{ij} и R_{ij} – значение j -го признака у i -го листа соответственно слева и справа от плоскости симметрии; m – количество анализируемых признаков; n – объем выборки листьев. По бальной шкале для интегрального показателя величины флуктуирующей асимметрии листа березы определяли уровень загрязнения окружающей среды [1].

Для изучения интенсивности липопероксидации в листе березы в объединенной выборке из 30-35 листовых пластинок для каждого из 10 деревьев рекреационной зоны определяли содержание ТБК-реагирующих продуктов, из которых наиболее массовым является малоновый диальдегид ($n = 10$). Использовали стандартную методику, основанную на образовании окрашенного триметинового комплекса с максимумом поглощения 532 нм при взаимодействии данных соединений с тиобарбитуровой кислотой (ТБК) [7].

Статистическую обработку данных проводили с помощью программ БИО-СТАТИСТИКА 4.03 и STADIA 6.2., используя t -критерий Стьюдента.

Качество окружающей среды в заречной и нагорной частях Нижнего Новгорода, оцениваемое по интенсивности липопероксидации и величине флуктуирующей асимметрии листа березы повислой

Год	Нагорная часть			Заречная часть		
	Интегральный показатель флуктуирующей асимметрии	Балл	ТБК-регирующие продукты липопероксидации, отн. ед.	Интегральный показатель флуктуирующей асимметрии	Балл	ТБК-регирующие продукты липопероксидации, отн. ед.
2004	0,054±0,003	5	0,524±0,036	0,057±0,002	5	0,656±0,022
2005	0,058±0,003	5	0,772±0,037	0,057±0,003	5	0,790±0,027
2006	0,048±0,002	4	0,606±0,030	0,056±0,003*	5	0,709±0,025*

* По данному показателю выявлены статистически значимые различия ($p < 0,05$) между заречной и нагорной частями города.

В 2004 и 2006 гг. интенсивность липопероксидации была статистически значимо выше в листе березы, произрастающей в заречных районах города по сравнению с аналогичным показателем деревьев нагорной части (см. таблицу). Данный факт свидетельствовал о более значительном нарушении перекисного гомеостаза древесных растений в заречных районах, обусловленном промышленным загрязнением окружающей среды. В то же время более значительное нарушение стабильности развития березы в рекреационных зонах заречной части Нижнего Новгорода, выразившееся в увеличении флуктуирующей асимметрии листа, было выявлено лишь в 2006 г. При этом качество окружающей среды в заречной части города оценивалось пятым баллом (критическое состояние), а в нагорной – соответствовало четвертому баллу (существенное отклонение качества среды от нормы).

Величина флуктуирующей асимметрии листа, как правило, имеет достаточно большой разброс значений, что связано со значительным варьированием микроусловий развития каждого отдельного листа. В связи с этим было проведено удаление «выскакивающих» значений с помощью 5-й и 95-й перцентилей [8]. После данной процедуры удалось выявить более высокий уровень флуктуирующей асимметрии листа у деревьев заречной части города и в 2004 г. При этом балльная оценка качества окружающей среды в различных орографических частях г. Нижнего Новгорода также различалась и была аналогична ситуации 2006 г.

Таким образом, использование морфологических (флуктуирующая асимметрия) и

биохимических (интенсивность липопероксидации) показателей уровня среднего стресса у березы повислой дало сходную оценку качества окружающей среды в нагорной и заречной частях Нижнего Новгорода. При этом интенсивность перекисного окисления липидов в листе березы была более чувствительным показателем по сравнению со стабильностью развития морфологических структур листовой пластинки. Повидимому, данный факт связан с высокой пластичностью биохимических параметров растения, что является необходимым условием выживания в меняющихся условиях среды. В то же время формирование флуктуирующей асимметрии листа преимущественно происходит во время его роста и соответственно ограничено условиями этого периода.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гланц С. Медико-биологическая статистика. М., 1999.
2. Здоровье среды: Практика оценки / В.М.Захаров, А.Т.Чубинишвили, С.Г.Дмитриев, А.С.Баранов. М., 2000.
3. Полесская О.Г. Растительная клетка и активные формы кислорода. М., 2007.
4. Савинов А.Б. Интенсивность перекисного окисления липидов у *Taraxacum Officinale* Wigg. и *Vicia Cracca* L. в биотопах с разным уровнем загрязнения почв тяжелыми металлами / А.Б.Савинов, Л.Н.Курганова, Ю.И.Шекунов // Экология. 2007. № 3.
5. Экологическое состояние водных объектов города Нижнего Новгорода / Д.Б.Гелашвили, А.Г.Охалкин, А.И.Доронина, В.И.Колкутин, Е.Ф.Иванов. Нижний Новгород, 2005.
6. Heath R.L., Packer L. Photoperoxidation in isolated chloroplast I. Kinetic and stoichiometry of fatty acid peroxidation // Arch. Biochem. Biophys. 1968. Vol.125.
7. Larry J., Leamy I., Klingenberg C.P. The genetics and evolution of fluctuation asymmetry // Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst. 2005. Vol.36.

8. *Weber H., Chetelat A., Reymond P., Farmer E.* Selective and powerful stress gene expression in *Arabidopsis* in response to malondialdehyde // *The Plant Journal*. 2004. Vol.37.

REFERENCES

1. *Glantz S.* Medical and biological statistics. Moscow, 1999.

2. Environmental health: Practice of estimation // *V.M.Zaharov, A.T.Chubinshvily, S.G.Dmitriev, A.S.Baranov.* Moscow, 2000.

3. *Polesskaja O.G.* Plant cell and reactive oxygen species. Moscow, 2007.

4. *Savinov A.B., Kurganova L.N., Shekunov U.I.* Lipid

peroxidation intensity of *Taraxacum Officinale* Wigg. and *Vicia Cracca* L. in biotops with different level of heavy metal pollution // *Ecology*. 2007. N 3.

5. Ecological condition of water objects in Nizhniy Novgorod // *D.B.Gelashvivly, A.G.Ohapkin, A.I.Doronina, V.I.Kolkutin, E.F.Ivanov.* Nizhniy Novgorod, 2005.

6. *Heath R.L., Packer L.* Photoperoxidation in isolated chloroplast I. Kinetic and stoichiometry of fatty acid peroxidation // *Arch. Biochem. Biophys.* 1968. Vol.125.

7. *Larry J., Leamy I., Klingenberg C.P.* The genetics and evolution of fluctuation asymmetry // *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 2005. Vol.36.

8. *Weber H., Chetelat A., Reymond P., Farmer E.* Selective and powerful stress gene expression in *Arabidopsis* in response to malondialdehyde // *The Plant Journal*. 2004. Vol.37.

Д.С.КОРЕЛЬСКИЙ, канд. техн. наук, ассистент, *dnk1984@mail.ru*
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

D.S.KORELSKIY, PhD in eng. sc., assistant lecturer, *dnk1984@mail.ru*
National Mineral Resources University (Mining University), Saint Petersburg

ОЦЕНКА ПОЧВЕННО-РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ, ИСПЫТЫВАЮЩИХ ТЕХНОГЕННУЮ НАГРУЗКУ, С ПРИМЕНЕНИЕМ КОСМОМОНИТОРИНГА

Описаны основные принципы применения космических снимков различного разрешения для оценки состояния природных почвенно-растительных сообществ, испытывающих значительную техногенную нагрузку, в первую очередь атмосферную. Основными признаками антропогенной нагрузки можно назвать накопление поллютантов на снежном покрове, изменение состояния почвенного покрова и сокращение проективного покрытия древесно-кустарниковой растительности по сравнению с фоновыми территориями с отрицательной многолетней динамикой.

Ключевые слова: промышленность, растительные сообщества, почвы, космические снимки, атмосферные выпадения.

EVALUATION OF A BREAKING OF PLANT COMMUNITIES EXPOSED TO TECHNOGENIC LOAD WITH SPACE MONITORING METHOD

The basic principles on the use of satellite images of different resolution to assess the state of natural soil and plant communities with severe human impacts, primarily atmospheric. The main features include load manmade the atmospheric accumulation of pollutants in the snow-pack, changes in the state of soil and reduction of the projective cover of trees and shrubs as compared with background areas with negative long-term dynamics.

Key words: Industry, plant communities, soils, satellite imagery and atmospheric deposition.

Задача оперативного мониторинга с применением космоснимков в настоящее время реализована только для динамичных процессов с яркими дешифровочными признаками (лесные пожары, паводки, движение снежных, водных и горных масс). Для индикации значительной негативной нагрузки на почвенно-растительные сообщества необходимо многолетнее и трудоемкое сопоставление натурных наземных исследований и космоснимков высокого разрешения. При этом достоверность данных полученных только по материалам дистанционного наблюдения остается очень низкой,

поскольку имеется значительное число причин нетехногенного характера, дающих схожие изменения в состоянии почвенно-растительных сообществ, регистрируемых на аэро- и фотоснимках. В этой связи необходимо комплексное изучение снимков различных лет, сезонов года и их сопоставление с условно фоновыми территориями для фиксации негативной динамики в состоянии сообщества.

В настоящее время для применения в практике доступны космические фото и сканерные снимки высокого (1-2, 5-10, 15-40 м), среднего (150 м) и низкого (1 км) про-

странственного разрешения, получаемые в различных спектральных зонах. Для лесотаксационного дешифрирования обычно используют снимки высокого разрешения. На космических снимках видимого диапазона прямыми признаками дешифрирования являются цвет (тон), структура и текстура изображения, а основными косвенными – ландшафтные, основанные на приуроченности лесов и их отдельных типов к определенным формам рельефа и положенные в основу ландшафтного метода дешифрирования.

Основной применяемый в настоящее время ландшафтный метод дешифрирования предусматривает обязательное изучение и установление пространственных взаимосвязей между природно-территориальными комплексами, расположенными в непосредственном соседстве. Такие взаимосвязи, отраженные в текстуре изображения, дают возможность с достаточной полнотой охарактеризовать всю территорию.

Для выявления и установления внутри- и межландшафтных связей и индикаторов тех или иных компонентов, явлений и процессов разработаны специальные методики ландшафтно-индикационных исследований. При отсутствии выявленных индикаторов на подготовительном этапе к дешифрированию проводится анализ литературных и картографических материалов для установления взаимосвязей между трудно наблюдаемыми компонентами ландшафта и составляется рабочая таблица признаков дешифрирования: встречаемости групп типов лесорастительных условий и лесообразующих пород (для каждой из групп приуроченности их к высоте над уровнем моря, рельефу, экспозиции, крутизне склонов), производительности лесообразующих пород в пределах групп типов условий местопроизростания.

Для целей картографирования лесов также представляют интерес следующие сопряженные карты:

- изученности лесов (лесоустойчивые);
- топографические;
- геологические для выявления связи структурных форм с литогенной основой, структурной предопределенностью ландшафтов;

- структурно-геоморфологические, отражающие взаимосвязи форм рельефа со структурным планом строения территории;

- карты четвертичных отложений для выявления литогенной основы ландшафта;

- почвенные для выяснения типов почв, материнских пород и их взаимосвязей с другими компонентами;

- растительности для выявления зависимостей распределения растительного покрова от рельефа, почвенно-грунтовых и гидрологических условий, а также для установления влияния растительности на почвы, подземные воды, формирование микроформ рельефа;

- использования земель для установления антропогенного воздействия на природные комплексы.

Почвенный покров при дешифрировании космических снимков определяется на основе использования прямых и косвенных признаков. Для территорий, покрытых древесно-кустарниковой растительностью, характер почвенного покрова может быть установлен на основе косвенных признаков: по взаимосвязи его с характером растительного покрова (видовой состав, тип лесорастительных условий, класс бонитета) и приуроченности к определенным формам рельефа.

По тону и рисунку изображения при отсутствии древесно-кустарниковой растительности на снимках выделяются контуры комплексов или сочетаний почв, имеющих четко выраженные границы (сочетания гидроморфных почв с различным засолением или сочетания различно эродированных почв и др.). Установление зональных типов почв, их сочетаний и комплексов осуществляется по косвенным дешифровочным признакам. Выявленные взаимосвязи почвенного покрова с фотофизиономическими компонентами ландшафта и закономерности распределения самих почв и почвообразующих факторов позволяют раскрыть генетическую сущность почвенного покрова и его структуру. Использование косвенных дешифровочных признаков позволяет в пределах ландшафтов выделять почвенный покров включительно до разновидностей.

По дешифровочным признакам возможно выявление отдельных характеристик

(свойств) почвенного покрова: его механический состав, засоление, режим увлажнения и др. Наиболее четко выделяются почвы с экстремальными свойствами: очень легкого механического состава (пески), очень сильного засоления (солончаки), очень сильного переувлажнения, гидроморфные (луговые, болотные и заболачивающиеся).

Древесная растительность опознается на космических снимках всех масштабов по прямым дешифровочным признакам, кустарниково-травянистая – почти исключительно по косвенным признакам. Отграничение участков, занятых древесной растительностью, от незаселенных территорий проводится по тону (цвету) и рисунку. Более детальное разделение территории на страты или таксационные выделы по преобладающим породам или группам пород производится на спектрзональных или многоспектральных изображениях. На снимках высокого разрешения (10 м и лучше) древесная растительность подразделяется по преобладающим породам или их группам (сосна, лиственница, темнохвойные, мягколиственные), укрупненным группам типов лесорастительных условий, группам возраста, полноты и запаса.

Преобладающие породы или их группы и группы состава насаждений дешифрируют в основном по цвету, микроструктуре и приуроченности к определенным типам лесорастительных условий. Полноту и группы возраста определяют (по снимкам высокого разрешения) на основе микроструктуры полога насаждений и их статистических характеристик, остальные таксационные показатели – расчетным путем на основе их взаимосвязей.

По космическим снимкам с разрешением на местности 10 м и лучше после определения преобладающей и составляющих пород, типа леса или группы типов леса и класса бонитета, дешифрируют группу или класс возраста преобладающей породы. Для их определения используют главным образом морфологические признаки дешифрирования: контурную структуру и текстуру изображения, просматриваемость полога в глубину и др. Завершающим дешифрируе-

мым показателем является относительная полнота, которую определяют визуальным стереоскопическим способом на основе приобретенного во время дешифровочных тренировок опыта или инструментально путем измерения сомкнутости непосредственно по сильно увеличенному снимку или его изображению на экране компьютера. При определении учитывают, что сомкнутость полога на космических снимках чаще всего совпадает с полнотой. При тренировке и дешифрировании относительной полноты основными признаками ее являются просматриваемость полога в глубину, величина промежутков между кронами, общая сомкнутость полога. Кроме того, при ее определении учитывают преобладающую и сопутствующие породы, тип леса, группу возраста, рельеф местности*.

На космических снимках высокого разрешения (1-2 м) по измеренным диаметрам проекций крон (площадям проекций крон) может быть определен средний диаметр деревьев в насаждениях на высоте 1,3 м, а также высота и сомкнутость полога насаждения. Данные снимки позволяют использовать морфологические признаки при дешифрировании состава насаждений, условий местопроизрастания, с большей точностью производить измерения и определять таксационные характеристики насаждений.

Снег также является хорошим индикатором распространения загрязнений вокруг крупных городов и промышленных агломераций. Загрязняющие вещества выпадают из атмосферы в сухом виде и с осадками и накапливаются в снежном покрове на больших расстояниях от источников. Загрязнение снега влияет на яркость изображения на космических снимках, что дает возможность с учетом результатов обработки проб снега картографировать площади и интенсивность загрязняющих воздействий. Наиболее ощутимы различия в характеристиках снежного покрова загрязненных территорий и на фо-

* *Лабутина И.А.* Дешифрирование аэрокосмических снимков: Учеб. пособие. М., 2004, 184 с.

Labutina I.A. Deciphering aerospace imagery; Textbook. Moscow, 2004, 184 p.

новых территориях весной, хотя закладываются они еще зимой. При снеготаянии эти контрасты становятся более выраженными за счет накопления загрязняющих веществ, вытравливаемых из снега*.

Мировая практика свидетельствует, что космические системы гражданского назначения нового поколения обеспечивают получение изображений с разрешением 1-5 м, хотя преимущественно без соответствующих продольных перекрытий, которые позволяли бы получать стереоизображения. В России также ведутся работы по созданию космических съемочных систем высокого

разрешения, как в оптическом, так и в радиодиапазонах. Поэтому можно полагать, что в перспективе космическая съемка позволяет получать значительно больший объем достоверной информации о лесных экосистемах и протекающих в них процессах.

Работа выполнена в Центре коллективного пользования научным оборудованием Горного университета при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, в рамках федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 гг.

* Изображения Земли из космоса: примеры применения: Научно-популярное издание. М., 2005. 100 с.
Images of Earth from space: examples of application: Research and popular edition. Moscow, 2005. 100 p.

Д.С.КОРЕЛЬСКИЙ, канд. техн. наук, ассистент, *dnk1984@mail.ru*

М.А.ЧУКАЕВА, студентка, *shellx@bk.ru*

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

D.S.KORELSKIY, PhD in eng. sc., assistant lecturer, *dnk1984@mail.ru*

M.A.CHUKAEVA, student, *shellx@bk.ru*

National Mineral Resources University (Mining University), Saint Petersburg

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПОЧВЕННО-РАСТИТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ, ИСПЫТЫВАЮЩИХ СТРЕСС ПРИ АТМОТЕХНОГЕННОЙ НАГРУЗКЕ

Основной целью проводимых исследований являлся мониторинг и оценка состояния почвенно-растительного покрова в лесных экосистемах, находящихся под влиянием промышленного загрязнения комбината «Североникель», зона воздействия которого на природную среду охватывает 1400 км². В ходе экспедиции в Мурманской области, на территориях, подверженных непосредственному атмосферному воздействию ОАО «Североникель» на различном расстоянии от комбината и на фоновых территориях отбирались пробы верхних почвенных горизонтов и растений. Это позволило определить общую степень загрязненности почв на различном расстоянии от предприятия и распределение накопления тяжелых металлов по различным горизонтам, а также оценить негативное воздействие на почвенный покров и различные виды растительности.

Ключевые слова: цветная металлургия, окружающая среда, растительность, тяжелые металлы, почва, рекультивация.

ESTIMATION OF THE CONDITION OF THE SOIL-VEGETATIVE COMPLEXES HAVING STRESS AT ATMOSPHERIC IMPACT

The main research objective was monitoring and assessment of terricolous and plant cover condition in forest ecosystems influenced by industrial pollution by the Severonickel Industrial Plant, which impact zone covers 1.4 thousand sq. km. During an expedition to the Murmansk Region samples of upper soil layers and plants were taken in areas directly affected by atmospheric impact from ОАО Severonickel both at various distances from the plant and in background territories. This will help to determine the overall degree of soil contamination at various distances from the plant as well as distribution of heavy metals accumulated in various soil layers and a complex estimation of adverse impact on soil cover and various plant species.

Key words: nonferrous metallurgy, environment, vegetation, heavy metals, soil, recultivation.

В последние десятилетия техногенное воздействие стало ведущим по значимости и масштабу экологическим фактором, влияющим на эколого-экономическое состояние территорий. Интенсивное промышленное и сельскохозяйственное использование природных ресурсов вызвало существенные из-

менения биогеохимических циклов большинства химических элементов. В первую очередь это относится к тяжелым металлам (ТМ), накопление которых в природной среде в высоких концентрациях часто связано с антропогенной деятельностью. Значительная часть ТМ, загрязняющих природ-

ную среду, попадает в почву, которая является важнейшим биогеохимическим барьером и основной жизнеобеспечивающей сферой для растений, и соответственно в наибольшей степени испытывает негативные воздействия, обусловленные многообразной производственной деятельностью человека, и аккумулирует продукты техногенеза.

В Российской Федерации площадь загрязненных ТМ земель составляет более 70 млн га, из них около 1 млн га имеют чрезвычайно опасный уровень загрязнения. На месте уничтоженных лесных и тундровых природных ландшафтов формируются техногенные ландшафты, значительная часть которых в течение многих десятилетий по различным причинам сохраняет облик техногенной пустыни. В почвенно-экологическом плане это означает замедление или полное отсутствие почвовосстановительных процессов, в геоботаническом – резкое замедление процессов восстановления растительного покрова, в санитарно-гигиеническом – ухудшение качества окружающей среды для человека.

В процессе многолетней производственной деятельности Кольской ГМК атмосферные выпадения ТМ и соединений серы привели к формированию техногенных наносов различной мощности площадью более 1500 км² с концентрациями подвижных форм Ni и Cu в верхних почвенных горизонтах от десятков до тысяч миллиграммов на килограмм. На расстоянии до 30-35 км от производственных площадей наблюдается разрушение и деградация природных почвенно-растительных комплексов. Аккумуляция загрязняющих веществ в поверхностном слое почв делает их непригодными для самостоятельного восстановления растительных сообществ и является источником загрязнения грунтовых вод. Для ускорения процессов восстановления техногенных ландшафтов необходимо применять комплекс рекультивационных мероприятий, направленных на создание оптимальных условий для восстановительных сукцессий в фитоценозах.

В настоящее время комбинат «Североникель» – промышленная площадка ОАО

«Кольская ГМК», где перерабатывается фанштейн, поступающий с комбината «Печенганикель» и из Заполярного филиала ГМК «Норильский никель» и завершается технологический цикл производства товарной продукции компании – электролитного никеля и электролитной меди. За время функционирования комбината «Североникель» в атмосферу поступило около 52 трлн т сернистого газа, до 200 000 т никеля, около 25000 т серной кислоты, больше 10 тыс.т сероводорода, хлора, фенола и формальдегида. Наиболее сильное техногенное воздействие на ландшафты оказывают разносимые ветром на десятки километров газообразные выбросы, прежде всего оксиды серы (образующие в соединении с атмосферной влагой серную кислоту) и аэрозольные выбросы ТМ.

В ходе экспедиционных исследований в зоне воздействия Кольской ГМК отбирались пробы растений и почвы верхних почвенных горизонтов*. На лабораторной базе Горного университета были разработаны методики анализа и произведена оценка уровней загрязнения природных почвенно-растительных комплексов.

Влияние выпавших кислых дождей на лесные почвы и лесные экосистемы проявляется в радиусе более 100 км от крупных промышленных центров и агломераций и 50 км от крупных металлургических предприятий. Здесь экосистемы находятся под влиянием избыточного поступления серы и других поллютантов. Вблизи предприятий, выбрасывающих диоксид серы, рН почвы достигает величины 2,1-2,8. В последние годы выбросы диоксида серы Кольской ГМК в атмосферу составляют около 140 тыс т/год.

* *Корельский Д.С.* Мониторинг почвенно-растительного покрова для рекультивации зон экологической катастрофы ОАО «Североникель» // Материалы 8-го Междунар. форума молодых ученых стран Тихоокеанского региона, Владивосток, 2008. С.76-77.

Korelskiy D.S. Monitoring and land recultivation of the wood communities which are being under influence of combine «Severonikel» // Proceedings of the Eight Intern. Young Scholars'Forum of the Asia-Pacific Region Countries. Vladivostok, 2008. P.76-77.

Для района исследования зональными являются северо-таежные подзолистые почвы. В результате проведенных исследований выявлено, что наиболее чувствительными к кислотному загрязнению являются Al-Fe-гумусовые подзолистые почвы, а наименее чувствительными – все тяжелые, глееватые, торфяные и пойменные почвы.

По данным многолетних исследований, проводимых в зоне воздействия Кольской ГМК, зона техногенной пустоши (полной деградации экосистем) окаймляет комбинат. Ее границы отстоят от комбината на 5-10 км в зависимости от направления ветров. Ежегодное выпадение соединений серы на поверхность почвы до 20-30 т, сумма металлов до 60 т. Органогенный горизонт почвы разрушен, на дневную поверхность выходят минеральные почвенные горизонты (подзолистые и иллювиально-гумусные). Над этими горизонтами имеется тонкий (0,5-2 см) техногенный серый пылевато-супесчаный горизонт, в котором вблизи комбината концентрируется до 7 % никеля. На этой территории, которая в настоящее время практически полностью лишена растительного покрова, начали формироваться овраги.

Зона деградации экосистем окружает техногенную пустошь и расположена на расстоянии от 5-8 до 15 км. Переход между зонами постепенный, годовое выпадение соединений серы на 1 км² достигало 3 т, сумма металлов до 5 т, что даже при существующем снижении аэротехногенной нагрузки привело к формированию огромных литохимических ореолов. Внешний облик таких техногенно-трансформированных ландшафтов представляет собой техногенно обусловленное редколесье. Возраст хвои сосны 2-3 года (в нормальных условиях 6-7 лет). Накопление загрязняющих веществ в хвое сосны характеризуют следующие данные: сера до 3000, никель 100-160, медь 70-200 мг/кг. Площадь зоны оценивается в 250-300 км², средняя концентрация SO₂ в воздухе зоны до 0,08-0,09 мг/м³; никеля и меди в пределах 0,05-0,07 мг/м³. Увеличение суммарного количества подвижных форм Ni и Cu в перегнойно-аккумулятивном горизонте до 200 мг/кг почвы и более вызывает повреж-

ждение корневых систем растений, рост токсичных концентраций ТМ приводит к массовому отмиранию сначала физиологически активных корней, а затем и более крупных корней растений.

На расстоянии от 15 до 30 км расположена зона разрушения таежных экосистем, в которой годовые выпадения соединений серы достигали 1000-2000 кг/км², сумма металлов (никель, медь, марганец, цинк) 50-500 кг/км²; концентрация SO₂ в воздухе 0,07 мг/м³, никеля и меди 0,008 мг/м³. Этой зоне свойственны редкостойные хвойные леса, травяно-кустарничковый ярус практически не разрушен, встречаются напочвенные лишайники в угнетенном состоянии.

Начальные стадии нарушения экосистем регистрируются на расстоянии свыше 30 км и могут занимать огромные территории, смыкаясь с зонами воздействия соседних промышленных узлов.

По данным лишеноиндикации в зоне воздействия комбината «Североникель» встречаемость различных видов эпифитных лишайников снижается с 62 видов в условно-фоновой зоне (60-70 км от комбината) до 13 видов на всех видах субстратов и всего до двух видов на стволах сосен на расстоянии 8 км от комбината. Проективное покрытие лишайников снижается с 10-16 % в фоновых условиях до нуля в зоне техногенной пустоши.

Под влиянием выпадений соединений серы в комплексе с ТМ изменяются практически все свойства почвы и их облик. Токсичность загрязненной серой и ТМ почв определяется концентрацией протона в почвенном растворе и растворимостью металлов. В результате проведенных экспериментальных исследований зависимости растворимости металлов в почве от рН почвенного раствора выявлено, что в сильно-кислой среде растворимость никеля, меди и марганца в 20-40 раз выше, чем в близкой к нейтральной среде. Это объясняется тем, что при увеличении кислотности в почвенном растворе возрастает количество свободных фульвокислот наиболее активной фракции, которые связывают многие ТМ, формируя устойчивые комплексные соединения. Поэтому металлы переходят в псевдорас-

творимое состояние и становятся доступными для растений. Катионы никеля и меди замещают катионы кальция, магния, калия, марганца в поглощающем комплексе органического горизонта. Совместное воздействие кислых серных выпадений и ТМ оказывается синергическим и наиболее опасным. Низкая буферная емкость подзолистых почв обуславливает высокий уровень мобильных форм ТМ на загрязненных участках, а высокая подвижность элементов создает угрозу их вымывания за пределы верхних горизонтов и попадания в водоемы и грунтовые воды.

Для определения критических значений содержания основных загрязняющих веществ в техногенных наносах, превышение которых может привести к необратимой деградации природных растительных комплексов, был использован метод полевого эксперимента. На снежный покров была нанесена полиметаллическая пыль, выбрасываемая комбинатом «Североникель». Из-за неравномерности внесения загрязнителей в лишайниковом покрове появились «пятна», в которых концентрации ТМ превысили предел существования *Cladina stellaris*, но не сказались на существовании кустарничков брусники и черники. В пределах экспериментальной пробной площади был проложен профиль метровых площадок, на которых проективное покрытие *Cladina stellaris* варьировало от 0 до 90 %.

Результаты химического анализа отобранных образцов почвы и растений позволяют рассчитать концентрации ТМ, при которых возможно существование и восстановление *Cladina stellaris* на загрязненных территориях. Выбор тест-объекта обосновывается повсеместным присутствием лишайников этого вида на незагрязненных (условно фоновых) территориях региона.

Разработанный способ позволяет разделить зону влияния металлургического предприятия на территории, способные к самовосстановлению после прекращения производственной деятельности, а также зоны, где необходимость рекультивации почв является однозначной. Принципиальной схемой такого разделения является построение ореолов загрязнения почвенного покрова ТМ. Выявление условий существования одного из самых чувствительных индикаторов техногенного загрязнения *Cladina stellaris* позволит выделить области, способные к естественному природному восстановлению.

Работа выполнена в Центре коллективного пользования научным оборудованием Горного университета при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, в рамках Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 гг.

И.Л.КУЗИН, *д-р геол.-минерал. наук, профессор, onyak@mail.ru*
О.Н.ЯКОВЛЕВ, *канд. геол.-минерал. наук, доцент, onyak@mail.ru*
Государственная полярная академия, Санкт-Петербург

I.L.KUZIN, *Dr. in geol. & min. sc., professor, onyak@mail.ru*
O.N.YAKOVLEV, *PhD in geol. & min. sc., associate professor, onyak@mail.ru*
Saint-Petersburg State polar academy

О ПРОИСХОЖДЕНИИ ЗАКИСЛЕННЫХ «ГОЛУБЫХ» ОЗЕР В ГУМИДНОЙ ЗОНЕ

В зоне гумидного климата широко распространены «черные» озера. Их воды содержат много гуминовых веществ и растворенного железа, поэтому имеют желтый с бурым оттенком цвет разной интенсивности. На этом фоне резко выделяются изредка встречающиеся озера с прозрачной бесцветной водой. Благодаря массовому развитию на дне этих озер сине-зеленых водорослей (цианобактерий), вода в них имеет зеленовато-голубой оттенок («голубые» озера). В процессе жизнедеятельности эти микроорганизмы потребляют растворенные в воде органические вещества и сульфаты и выделяют днем кислород, а ночью сероводород, вступающий в реакцию с растворенным в воде железом, переход которого в пирит повышает кислотность озерных вод. Периодическое образование сероводорода и является причиной «закисления» озер. Кроме того, оно приводит к осаждению растворенного в воде железа в форме гидротроилита. Не «кислотные» дожди, являющиеся лишь дополнительным поставщиком сульфатов в рассматриваемые озера, а деятельность специфической группы микроорганизмов цианобактериального мата является главной причиной «закисления» озер (снижения pH). Описанные процессы следует принимать во внимание при рассмотрении техногенного воздействия на состояние водных объектов.

Ключевые слова: «голубые» озера, «черные (мертвые)» озера, сине-зеленые водоросли, цианобактериальный мат, формы железа, закисление.

ABOUT ORIGIN OF ACIDIFICATION OF «BLUE» LAKES IN THE ARIA OF HUMID CLIMATE

«Black» lakes are widely widespread in the area of humid climate. Their waters contain many humic matters and cut-in iron, therefore have different intensity with a brown – yellow tint. On this background lakes meetings lakes with clear colourless water considerably stand out. Due to mass development on the bottom of these lakes of dark blue-green algae (cyanobacterias) water in them is of greenish-blue tint («blue» lakes). In the course of life, these microorganisms consume dissolved organic substances and sulfates and produce in the daytime – oxygen, and at night – hydrogen sulfide which reacts with dissolved iron in water.

This transition increases the acidity of the pyrite in the lake waters and is also accompanied by acidification of the water. Periodic formation of hydrogen sulfide is the cause of «acidification» of lakes. In addition, it leads to precipitation of dissolved iron in the form hydrotroilit. It's not the «acid» rains that are only an additional supplier of sulfates in the lake under consideration but the activity of specific groups of microorganisms cyanobacteria mats that considered is the main cause of «acidification» of lakes (low pH).

These processes should be taken into account when considering the anthropogenic impact on the state of water objects.

Key words: «blue» anormal lakes, «black» lakes, blue-green algae, ciano-bacterial mat, ferrous forms, souring.

В последние десятилетия наблюдается все увеличивающееся «закисление» озерных вод в промышленно развитых странах Европы и Северной Америки. Это явление обычно связывается с воздействием «кислотных» дождей, рН воды которых изменяется от 5 до 3, образование которых объясняется поступлением в атмосферу продуктов сгорания содержащих серу веществ, главным образом, бурого и каменного угля, нефти, газа. Во влажном воздухе сернистые соединения, прежде всего диоксид серы (SO₂), подвергаются химическим изменениям, приводящим к образованию серной кислоты. С дождевой водой серная кислота попадает в озеро и подкисляет его воду. Если в нормальных озерах водородный показатель составляет 6-7 единиц, то в «закисленных» «кислотными» дождями озерах он понижается до 5-3. Повышение кислотности воды губительно воздействует на растительный и животный мир озер, наносит большой вред рыбным запасам. Во многих тысячах «закисленных» озер указанных регионов рыба вообще исчезла. Однако в многочисленных публикациях и сообщениях на эту тему количественные показатели процесса «закисления» озерных вод водой «кислотных» дождей отсутствуют.

Авторы статьи придерживаются других взглядов на происхождение «закисленных» озер. В нормальных условиях, при небольшом содержании органических веществ и сульфатов, процессы жизнедеятельности сине-зеленых водорослей протекают вяло и не приводят к негативным экологическим последствиям. Однако, на участках впадения ручьев, приносящих в озера большие количества органических веществ и растворенного в воде железа, и при поступлении дополнительных порций сульфатов при выпадении «кислотных» дождей, жизнедеятельность сине-зеленых водорослей резко активизируется. Микроорганизмы вырабатывают больше сероводорода, на дне озер оседает больше закисного железа, что и приводит к «закислению» озер.

В зоне гумидного климата широко распространены так называемые «черные» озера. Их воды содержат много гуминовых веществ и растворенного железа, поэтому

имеют желтый с бурым оттенком цвет разной интенсивности. На их фоне резко выделяются изредка встречающиеся озера с прозрачной бесцветной водой. Благодаря массовому развитию на дне сине-зеленых водорослей (цианобактерий) вода в них имеет зеленовато-голубой цвет. Для краткости и отличия от фоновых «черных» озер эти аномальные озера названы нами «голубыми» [1]. Их размеры не превышают 2-3 км (обычно меньше 1 км), глубина до 3-5 м.

«Голубые» озера впервые были описаны нами на Тазовском п-ове (на широте Полярного круга), затем их изучение было продолжено в других районах Западной Сибири и на европейском Севере России [1-3]. Были обследованы сотни озер. Исследования показали, что наряду с необычным цветом описываемые озера характеризуются рядом других аномалий. Они образуются только там, где распространены существенно-кварцевые пески. Поэтому их берега и мелководья (литораль) обычно сложены чистым плотным песком, тогда как в расположенных рядом «черных озерах» – вязким глинистым песком, обогащенным растительными остатками. В «голубых» озерах очень мало растительности, а ее видовой состав отличается от растительности «черных» озер. В них также резко сокращен видовой состав рыбы. Если в «черных» озерах много разной рыбы (щука, окунь, ерш и др.), то в расположенных рядом «голубых» озерах ее мало и представлена она только окунем, который иногда имеет уродливую форму: большую голову и узкое (как у налима) туловище. В некоторых озерах рыбы вообще нет.

Воды «черных» и «голубых» озер различаются содержанием сульфат-иона. В черных озерах сульфатов нет или очень мало (0-3 мг/л), тогда как на некоторых участках «голубых» озер их заметно больше – (до 10-12,5 мг/л). С круговоротом серы при участии сине-зеленых водорослей связаны и некоторые другие аномалии рассматриваемых озер.

Сине-зеленые водоросли распространены на литорали и нижней, наиболее увлажненной части пляжа. Они заселяют верхний

тонкий слой озерного песка, образуя в нем бактериальное сообщество (цианобактериальный мат). В нем отчетливо видны два слоя. Нижний представлен светлой студенистой массой (слизью) с погруженными в нее песчинками сине-зеленого цвета; в зависимости от местных условий, его толщина колеблется от 1 до 5 мм, обычно она составляет 2-3 мм. Поверх этого слойка залегает слой отмерших сине-зеленых и диатомовых водорослей зеленовато- или буровато-серого цвета, содержащий примесь глинистого материала толщиной до 2-4 мм.

Исследования показали, что имеющие сине-зеленый цвет песчинки мата представляют собой оолиты: под слоем обволакивающих песчинки сине-зеленых водорослей залегает черный слой, представленный гидротроилитом ($\text{FeS} \cdot \text{H}_2\text{O}$). При разрушении мата образуется темно-серый шлик – песок, содержащий железо.

Нами установлено, что цианобактериальный мат образуется только в тех озерах, воды которых содержат оптимальные количества органики, серы, железа и, возможно, кремниевой кислоты (геля). При отсутствии или недостатке одного из этих компонентов мат не образуется, аномальные явления на таких озерах не возникают. В процессе жизнедеятельности слагающие мат микроорганизмы потребляют растворенные в воде органические вещества и серу и выделяют днем кислород, а ночью – сероводород, закисляющий воду. При соединении сероводорода с растворенным в воде железом образуется гидротроилит, который со временем переходит в пирит. Биохимическое окисление пирита также приводит к образованию серной кислоты и закислению воды. Периодическое образование сероводорода и серной кислоты губительно действует на растения и обитающих или собирающих корм на дне животных. Лишенные растительности светло-серые пески пляжа и литорали хорошо видны на аэро- и космоснимках, что позволяет уверенно проводить картирование рассматриваемых аномальных озер.

В Западной Сибири источником сульфатов являются морские породы мела и палеогена, обычно перекрытые пресноводны-

ми олигоценowymi, неогеновыми и четвертичными отложениями общей мощностью до 200-300 м. Однако на некоторых участках эти породы процессами глиняного диапиризма выведены на дневную поверхность, где образуют разной величины системы гряд и межгрядовых понижений, так называемый параллельно грядовый рельеф. Ядра гряд обычно сложены диатомитами, трепелами и опоками, поверх которых залегают более молодые пресноводные песчано-глинистые отложения. К межгрядовым понижениям приурочены болота и озера, часто имеющие вытянутую форму. Поверхностными водами сера из слагающих гряды пород выносится в прилегающие озера, где активизирует жизнедеятельность сине-зеленых водорослей.

Интенсивное развитие сине-зеленых водорослей наблюдается только после выпадения обильных дождей, воды которых с большой площади смывают в озера не только серу, но и органику и железо. Обычно это происходит на небольших участках озер, прилегающих к устьям приносящих эти вещества ручьев. Здесь нижний слой цианобактериального мата в это время имеет наибольшую (до 4-5 мм) толщину и сочный сине-зеленый цвет. Уже на удалении 100-150 м от этих участков его толщина сокращается до 2-3 мм, а цвет становится менее ярким. Через несколько дней после обильных дождей жизнь в матах замирает до следующих дождей. Приведенные сведения дают основание говорить о том, что периодическое и неравномерное вдоль береговой линии озера поступление различных химических веществ является причиной изменяющегося во времени и пространстве характера жизнедеятельности сине-зеленых водорослей – выработки ими кислорода и сероводорода, и как следствие – осадения растворенного в воде железа.

Как уже отмечалось, считается, что, попадая в озера, закисленная дождевая вода подкисляет их воды, понижая рН до 3-4. Это представление недостаточно обосновано. Дожди, рН воды которых составляет 3-5 единиц, не могут закислить большие массы нормальных озерных вод до таких же значе-

ний pH. «Мертвые» озера мы считаем сильно закисленной разновидностью «голубых» озер. Их образование связывается нами с жизнедеятельностью цианобактерий в условиях повышенного содержания сульфатов, поступающих в воду как наземным, так и воздушным путем (из кислотных дождей).

До начала 70-х гг. XX в., когда не было крупных выбросов кислотообразующих веществ в атмосферу, рассматриваемые комплексы сине-зеленых водорослей имели ограниченное распространение и не оказывали существенного влияния на экологию озер. С нарастающим увеличением объемов выбрасываемых в атмосферу серосодержащих веществ резко увеличилось поступление серы в озера. Это явилось причиной активизации жизнедеятельности цианобактериальных матов и их отрицательного воздействия на экологию озер.

В настоящее время возрождение «закисленных» озер, снижение кислотности их вод проводится путем известкования. Это трудоемкая и дорогостоящая работа. Если наши представления о связи этих озер с жизнедеятельностью сине-зеленых водорослей подтвердятся дальнейшими полевыми и лабораторными исследованиями, борьбу с «закислением» озер можно будет вести другим путем. Чтобы ослабить отрицательное воздействие рассматриваемых микроорганизмов на экологию озер, нужно сократить

поступление в них одного из необходимых для их жизнедеятельности главных компонентов – органических веществ или сульфатов. Поскольку в некоторых регионах от кислотных дождей в настоящее время избавиться нельзя, борьбу с закислением вод наиболее ценных в хозяйственном отношении озер, по нашему мнению, следует вести, отводя от них ручьи и речки, приносящие большой объем болотных вод, содержащих много органики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузин И.Л. О приоритете в изучении поверхностных газопроявлений в Западной Сибири // Геология и геофизика. 1990. № 9. С.142-144.
2. Кузин И.Л. Голубые озера областей гумидного климата // Изв. Российского геогр. о-ва. 2001. Т.133. Вып.3. С.44-51.
3. Кузин И.Л. О геологической роли сине-зеленых водорослей и природных условиях докембрия // Изв. Российского геогр. о-ва. 2007. Т.139. Вып.2. С.48-64.

REFERENCES

1. Kuzin I.L. As to the priority in the examination of near-surface gas shows in the West Siberia // Geology and Geophysics. 1990. N 9. P.142-144.
2. Kuzin I.L. Blue lakes in the area of damp climate // Magazine Russian Geographical Society. 2001. Vol.133. Issue 3. P.44-51.
3. Kuzin I.L. About a geological role of blue-green seaweed and an environment of Precambrian // Magazine Russian Geographical Society. 2007. Vol.139. Issue 2. P.48-64.

В.С.КУЗНЕЦОВ, канд. техн. наук, доцент, *vvvink2005@mail.ru*
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

V.S.KUZNETSOV, PhD in eng. sc., associate professor, *vvvink2005@mail.ru*
National Mineral Resources University (Mining University), Saint Petersburg

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ОТВАЛОВ ПУСТОЙ ПОРОДЫ НА СОСТОЯНИЕ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ПРИ ОТКРЫТОЙ РАЗРАБОТКЕ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ, РАСПОЛОЖЕННЫХ В СЕВЕРНЫХ РЕГИОНАХ

Исследовано воздействие отвалов пустой породы на состояние атмосферного воздуха и установлены фактические параметры данного воздействия. Построена карта рассеивания неорганической пыли от внешних отвалов, определены значения концентрации неорганической пыли в атмосферном воздухе.

Ключевые слова: отвал пустой породы, карьер, влияние на окружающую среду, рассеивание пыли.

ESTIMATION OF INFLUENCE OF SAILINGS OF DEAD ROCK ON THE CONDITION OF ATMOSPHERIC AIR AT OPEN-CAST MINING IRON ORE OF DEPOSITS LOCATED IN NORTHERN REGIONS

The given work is devoted research of influence of sailings of dead rock on from atmospheric air for area and to an establishment of actual parameters of the given influence. The card of dispersion of an inorganic dust from external sailings, are defined in values of concentration of an inorganic dust in atmospheric air.

Key words: dead rock sailing, open-cast mine, influence on environment, dust dispersion.

Открытая разработка месторождений полезных ископаемых характеризуется интенсивным загрязнением атмосферы. При производстве горных работ в воздушную среду поступает значительное количество минеральной пыли и газов, в процессе машинного разрушения пород, бурения скважин, взрывной отбойки, вторичного дробления, резки горных пород, погрузки, транспортировки и выгрузки их на приемных пунктах или отвалах, разрушения дорожного полотна при движении по нему транспортных машин, эрозии поверхности отвалов, откосов уступов, карьеров.

Выбросы в атмосферу вредных веществ при разработке месторождений открытым способом, в основном, связаны с механическими (пыль) и химическими примесями, среди которых, в зависимости от технологии ведения работ, преобладают окислы углерода, азота, сернистый ангидрид и др. Содержание основных загрязняющих веществ в выбросах в атмосферу при разработке железорудных месторождений, расположенных в северных регионах представлено на рис.1.

Основными источниками выделения неорганической пыли при открытой разработке железорудных месторождений являются следующие технологические процес-

сы: бурение скважин, взрывные работы, выемочно-погрузочные работы, транспортирование горной массы, складирование пустой породы в отвал, пыление техногенных массивов (отвалы, хвостохранилище, открытые породные склады и т.д.).

Анализ данных свидетельствует, что пыление техногенных массивов занимает большую долю в загрязнении окружающей среды (рис.2). Среди техногенных массивов наибольшее воздействие на загрязнение атмосферы оказывают отвалы пустой породы. В настоящее время на предприятиях занимающихся открытой разработкой железорудных месторождений, отвалы пустой породы занимают достаточно большие площади, при этом на крупных предприятиях суммарная площадь изъятых земель под складирование пустой породы может достигать 654,2 га.

В 2006 г. были выполнены исследования с целью установления химического состава взвешенных веществ, выделяющихся при пылении с поверхности отвалов. Химический анализ отобранных проб проводился рентгенофлуоресцентным методом в учебно-научной лаборатории анализа вещественного состава при Научно-образовательном центре Горного университета на спектрометре ED2000 фирмы «Oxford Instruments» (Великобритания). Химический состав пробы, отобранной с поверхности отвала пустой породы, следующий:

Соединение	Содержание, %
SiO ₂	67,5±6,7
Al ₂ O ₃	12,2±1,2
Fe ₂ O ₃	7,9±0,7
K ₂ O	5,1±0,5
CaO	2,6±0,2
MgO	1,4±0,1
Na ₂ O	1,2±0,1
P ₂ O ₅	1,1±0,1

Примечание. Рентгенофлуоресцентный анализ выполнен по методу фундаментальных параметров, без учета H₂O и CO.

Данные рентгенофлуоресцентного анализа свидетельствуют, что преобладающим химическим веществом в пробах является соединение кремния (SiO₂).

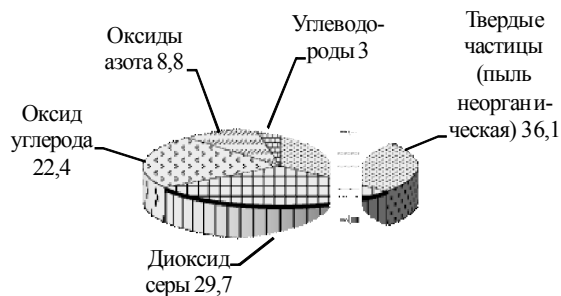


Рис. 1. Структура выброса в атмосферу основных загрязняющих веществ при разработке железорудных месторождений открытым способом, %



Рис. 2. Удельный вклад различных источников в выброс неорганической пыли при открытой разработке железорудных месторождений, %

Неорганическая пыль оказывает существенное влияние не только на химический состав атмосферы и метеорных вод, но и на растительные сообщества, в промышленных городах и особенно в непосредственной близости от источников загрязнения.

При повышенной запыленности воздуха засоряются устьица растений, что ведет к ухудшению газообмена (поглощению и выделению CO₂ и O₂). В результате снижения интенсивности фотосинтеза и газообмена растений наблюдается ухудшение или полное прекращение их роста. Наибольшую опасность для растений, особенно вечнозеленых, представляет известняковая пыль. Такая пыль не смывается с хвои, а образует корку, которая не только ухудшает светопоглощение и газообмен хвои, но и механически препятствует ее росту. А щелочные растворы, образующиеся при взаимодействии пыли с осадками, вызывают ожоги и некрозы хвои и приводят, в конечном счете, к деградации растений*.

* Андерсон Ф.К. Загрязнения воздуха и жизнь растений. Л., 1988. 129 с.
Anderson F.K. Air pollution and life of plants. Leningrad, 1988. 129 p.

Выпадение пыли на растительные сообщества приводит также к трансформации растительного покрова. Лишайниковая флора полностью исчезает при первом же попадании загрязнителей. Травянистые растения с круглыми листьями более остро реагируют на загрязнение почв, чем кустарниковые с листьями, имеющими кутикулярный слой (брусника, подбел). Трансформация растительного покрова под действием пыли проходит несколько стадий: выпадение отдельных растительных ярусов, смена естественного растительного покрова производственной растительностью, исчезновение сплошного растительного покрова, полное исчезновение растительного покрова.

Установление величины фактического пылевыведения с поверхности отвала, находящегося на севере страны, выполнялось в 2006 г. в летний период. По периметру отвала были стационарно установлены осадкоприемники, представляющие собой пластиковые трубы с боковыми отверстиями для естественного охлаждения пробы. Трубы устанавливались в вертикальном положении и для устойчивости закреплялись у поверхности крупноглыбовыми обломками. Монтаж трубы проводился таким образом, чтобы ее верхняя часть находилась на уровне 1 м от поверхности грунта. Внутри каждой трубы помещался полиэтиленовый пакет, который покрывался синтетической мелкоячеистой тканью и крепился к трубе колпаком. Отбор проб атмосферных выпадений проводился в течение летнего периода. Результаты исследования свидетельствуют о том, что фактические значения пылевыведения с поверхности отвалов на исследуемых участках варьировали от 1,3 до 8 г/м².

По массовой доле пылевые выбросы составляют в среднем 63 % от массы соединений, проанализированных в пробах атмосферных выпадений, но в отдельных пробах достигали 80-96 %. Минералогический анализ осадков на фильтре показал наличие в пылевых осадках кварца, полевого шпата, биотита, роговой обманки, при этом атмосферные выпадения существенно обогащены Са (в 3 раза) и Mg (в 8 раз) по сравнению с фоновыми территориями. Размер

частиц во всех пробах менее 0,1 мм, в редких случаях 0,2-0,5 мм и выше.

Для уточнения характера пыления с поверхности отвалов пустой породы на основе пакета прикладных программ серии «Эколог» была смоделирована ситуация распространения неорганической пыли в пространстве для наиболее вероятных условий сочетания метеорологических параметров для северных регионов. Так как основное количество пыли выделяется летом, то в процессе расчетов рассматривались климатические условия, соответствующие этому периоду*. В качестве наиболее опасного, распространения пыли было выбрано северо-западное направление, совпадающее с местом расположения жилых кварталов города относительно отвалов пустой породы. Установлено, что при фактическом количестве выделяющейся пыли с отвалов пустой породы ее концентрация будет превосходить предельно допустимое значение за пределами 500 м санитарно-защитной зоны (СЗЗ). Более того, пылевое облако с достаточно высокой концентрацией пыли может достичь границ города, расположенного на расстоянии 1100 м от отвалов. При реализации рассмотренного сценария развития событий величина ПДК по неорганической пыли за пределами СЗЗ превышает в 2-3,5 раза, а на границе города соотношение между концентрацией загрязняющих веществ и их ПДК находится в интервале 1,5-1,8.

Полученные данные свидетельствуют о том, что отвалы пустой породы вносят достаточно ощутимый вклад в загрязнение атмосферного воздуха в районе размещения. Для снижения загрязнения атмосферы неорганической пылью на территории района в качестве природоохранного мероприятия предлагается проведение работ по санитарно-гигиенической рекультивации с целью консервации нарушенных земель (отвалов пустых пород), оказывающих отрицательное воздействие на окружающую природную среду.

* Научно-прикладной справочник по климату СССР. Вып.2. Мурманская область. Л., 1988. 317 с.

The Scientifically-applied directory on a climate of the USSR. Release 2. Murmansk about-last. Leningrad, 1988. 317 p.

М.А.КУЛИКОВА, канд. техн. наук, ассистент, *mix2ra@yandex.ru*
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

M.A.KULIKOVA, PhD in eng. sc., assistant lecturer, *mix2ra@yandex.ru*
National Mineral Resources University (Mining University), Saint Petersburg

ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ЗАЩИТНОГО ЭКРАНА ДЛЯ ОТСЫПКИ ОТВАЛОВ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Негативное воздействие горной промышленности на окружающую среду ежегодно возрастает. Это связано с объективным увеличением потребления человечеством материальных ресурсов. В условиях современного горного производства выход готовой продукции составляет менее 10 %, остальной объем представлен отходами добычи и переработки, для складирования которых отводятся сотни тысяч гектаров земель. Минеральные отходы, как правило, содержат компоненты, которые, находясь на открытом воздухе и подвергаясь воздействиям климатических факторов, способны трансформироваться в новые соединения и мигрировать на десятки и сотни километров от источника.

Ключевые слова: месторождение, донные осадки, почвы, тяжелые металлы, техногенный ореол рассеяния.

JUSTIFICATION OF THE NECESSITY OF FORMING A PROTECTIVE SCREEN FOR DUMPING WASTE DUMPS IN THE DEVELOPMENT FIELDS

The negative impact of mining on the environment is increasing annually. This is due to an objective increase in consumption of material resources by humanity. In today's mining output of finished goods is less than 10%, the rest of the volume represented by mining and processing wastes, which are assigned for the storage of hundreds of thousands of hectares of land. Chemical waste, as a rule, contain components which, being outdoors and being exposed to the impacts of climatic factors, can be transformed into new compounds, and to migrate hundreds of kilometers from the source.

Key words: ore deposits, sediments, soils, heavy metals, technogenic scattering halo.

Наиболее значительной техногенной нагрузке подвергается природная среда в районах складирования сульфидсодержащих отходов. Вследствие окисления сульфидной серы происходит формирование кислых дренажных вод и, соответственно, лито- и гидрогеохимических ореолов загрязнения с крайне низкими значениями показателя pH. Это приводит к уничтожению растительности, трансформации состава по-

кровных отложений, поверхностных и подземных вод.

В 2010 г. начата разработка месторождения полиметаллических сульфидных руд «Озерное», расположенного в 350 км от особо охраняемой зоны оз. Байкал, что приведет к образованию отходов, содержащих сульфидную серу и тяжелые металлы, являющихся одновременно поллютантами и потенциальным минеральным сырьем.

Проект освоения месторождения включает строительство карьера и обогатительного комплекса, где будут применяться методы селективно-коллективной сепарации; организацию складирования отходов производства; развитие инфраструктуры района. В результате обогащения планируется получение цинкового, свинцового и пиритного концентратов.

Таблица 1

Содержание элементов в продуктах и отходах добычи и переработки для месторождения «Озерное»

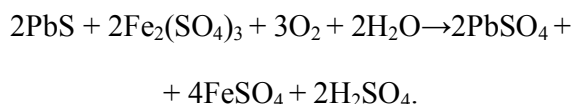
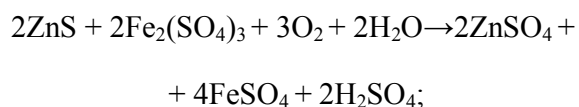
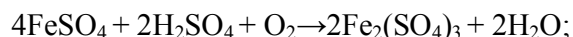
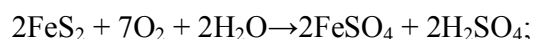
Продукт	Выход, %	Содержание, %		
		Pb	Zn	S
Руда	100,0	0,85	4,73	20,12
Свинцовый концентрат	1,07	45,80	4,39	29,85
Цинковый концентрат	8,57	0,57	47,04	39,39
Пиритный концентрат	30,39	0,53	1,22	40,70
Отвальные хвосты (окисленные руды, сульфидные руды)	59,97	0,26	0,47	7,20

Добыча и переработка свинцово-цинковых руд месторождения предполагает размещение более 600 млн т отходов различных классов опасности на площади свыше 200 га. Проведенные технологические испытания позволили оценить содержание полезных компонентов в получаемом продукте и токсичных примесей в минеральных отходах (табл.1). При разработке месторождения произойдет формирование следующих техногенных массивов:

- насыпных массивов, представленных вскрышными породами зоны окисления рудных тел, с содержанием водорастворимых форм свинца от 0,2 до 2,0 %, цинка от 0,3 до 1,8 %;
- насыпных массивов, представленных отвалами пустой породы с содержанием сульфидной серы до 7,2 %;
- намывных массивов, представленных хвостами обогащения с содержанием сульфидной серы до 40,7 %;
- техногенных наносов, формирующихся в результате пылесудования с поверхностей хранения минеральных отходов.

Сульфиды неустойчивы в водных растворах и в присутствии кислорода переходят в окисленные соединения: оксиды, гидроксиды, сульфаты, карбонаты и т.п.

Складирование сульфидсодержащих отходов сопряжено с опасностью формирования кислых дренажных вод, вследствие инфильтрации поверхностных или подземных вод через массив отходов с окислением сульфидных минералов (пирита, сфалерита и галенита) по следующим схемам соответственно:



Растворимость сульфатов металлов в несколько раз превосходит растворимость их сульфидов (табл.2).

Таблица 2

Растворимость минеральных соединений в воде при 18-25 °С (рН = 3-4)

Элемент	Растворимость, г/кг	
	сульфида	сульфата
Zn ²⁺	1·10 ⁻⁷	541
Pb ²⁺	8·10 ⁻⁹	0,04
Cd ²⁺	1·10 ⁻⁸	76,4
Cu ²⁺ /Cu ⁺	3·10 ⁻⁴ /2·10 ⁻²	205/-
Hg ²⁺ /Hg ⁺	5·10 ⁻²¹ /2·10 ⁻²⁰	0,05/-

Из данных табл.2 следует, что окисление сульфидных минералов до сульфатов при хранении минеральных отходов, а также складированных вскрышных пород, содержащих сульфаты свинца и цинка, приведет к загрязнению поверхностных и подземных вод тяжелыми металлами, закислению почв с формированием на прилегающей территории высококонтрастных литохимических ореолов и гидрохимических потоков загрязнения и, как следствие, к угнетению и гибели биотических компонентов природной среды.

Исследования по определению потенциальной экологической опасности отходов включали отбор проб с отвала и бортов раз-

ведочной штольни (пройденной в 1963-1964 гг.) на различной глубине, отбор проб донных отложений ручья, дренирующего отвал, что позволило определить остаточные содержания свинца и цинка в отходах, а также оценить их миграционную способность.

Отобранные и подготовленные пробы анализировались в следующей последовательности:

1) натурные исследования с применением портативного рентгенофлуоресцентного спектрометра для предварительной оценки содержания токсикантов;

2) лабораторные исследования с определением минерального состава образцов методом рентгеноспектрального фазового анализа; валового элементного состава проб методом рентгеновской флуоресценции и содержания основных токсикантов методом атомно-абсорбционной спектрометрии.

Проведенные исследования с применением рентгеновских методов анализа показали, что отходы разведочной штольни в основном состоят из пирита, сидерита, кальцита, доломита, содержащих 4,5-25 г/кг Pb, 13-35 г/кг Zn, 170-240 г/кг S, 215-640 мг/кг As, 180-320 мг/кг Cu, 40-115 мг/кг Cd. Тяжелые металлы в основном находятся в сульфатной форме вследствие их нахождения в окислительной обстановке.

Фазовый состав отходов штольни по глубине залегания, следующий:

Глубина, м	0-0,4	1,2-1,6	2,2-2,6
Основные соединения	Пирит, кварц, сидерит, слюда, магнетит, доломит, гипс, каолинит, цинковый купорос, свинцовый купорос	Пирит, кварц, сидерит, слюда, магнетит, кальцит, каолинит, доломит, слюда	Пирит, кварц, сидерит, слюда, доломит, магнетит, кальцит, сфалерит, галенит

Примечание. Выделены минералы, преобладающие в образцах.

Мониторинговые исследования позволили сделать вывод, что инфильтрация вод в окислительной обстановке через тело отвала инициирует процессы образования вод с по-

ниженным pH и выщелачивание металлов, находящихся в отвале. Это приведет к формированию техногенных ореолов загрязнения, контрастных по цинку, свинцу и другим тяжелым металлам. Экологическая ситуация в регионе может усугубиться тем, что техногенные массивы будут дренироваться р. Гундуй-Холой, впадающей в р. Уда, которая, в свою очередь, относится к бассейну оз. Байкал.

Согласно проекту строительства, отходы будущего ГОКа отнесены к IV и III классам опасности, соответственно малоопасные и умеренно опасные для окружающей природной среды. По нормативным методикам отходы добычи относят к IV классу опасности, а отходы обогащения – к III классу без учета содержаний в отходах соединений серы и тяжелых металлов, их миграционной способности.

Натурные наблюдения и экспериментальные исследования показали, что тяжелые металлы в кислотной, окислительной обстановке находятся (или переходят) в хорошо растворимые формы, что обеспечивает возможность миграции загрязняющих компонентов на значительные расстояния.

В результате оценки негативного воздействия техногенных массивов на поверхностные и подземные воды установлено, что формирование кислых дренажных вод и миграция загрязняющих компонентов определяется физико-химическими процессами метаморфизации инфильтрационных вод (растворение отходов, десорбция пород зоны аэрации).

Процесс образования кислых вод, т.е. скорость и пределы падения pH дренажных вод, вид зависимости концентрации ионов H^+ от времени $pH = f(t)$, определяется следующими факторами: гранулометрическим и минеральным составом отходов, концентрацией в них сульфидных минералов, активностью протекания биохимических процессов, содержанием в отходах нейтрализующих кислотность минералов и их типом (карбонаты, глинистые минералы).

Полевые исследования позволили установить степень вымываемости тяжелых металлов, находящихся в отвале разведочной

Содержание тяжелых металлов в образцах донных отложений ручья Безымянный

Элемент	Место отбора пробы по фарватеру водотока, м										
	0	50	100	200	300	500	750	900	1150	1300	1500
Zn	0,8	0,62	0,66	0,65	0,46	0,22	0,13	0,08	0,08	0,05	0,02
Pb	0,16	0,16	0,12	0,08	0,11	0,16	0,15	0,07	0,05	0,02	0,02
As	11	10	11	7	7	8	5,5	6	4	4	3
Cu	122	100	85	81	71	50	50	41	37	35	28

Примечание. Содержание Zn и Pb – в граммах, As и Cu – в миллиграммах на килограмм.

выработки. Пробы отбирались с шагом 50 м по центру водотока, дренирующего отвал, и анализировались с помощью портативного рентгенофлуоресцентного спектрометра (табл.3).

Важным источником поступления загрязняющих веществ в речные воды являются очаги вторичного загрязнения, сформировавшиеся в донных отложениях. Количество взвесей, поступающих из почвенных и снеговых геохимических аномалий, и масса веществ, осевшая на участке реки*:

$$M = (C_{исх} - C_{кон})Q,$$

где Q – объем воды, протекающий через участок; $C_{исх}$ и $C_{кон}$, – исходная и конечная концентрации взвеси на участке соответственно. Скорость, при которой происходит аккумуляция наносов,

$$U_0 = 3,83d^{1/3}H^{1/6}.$$

Так, например, для частиц крупностью $d = 0,01$ мм в потоке глубиной $H = 1,5$ м и скоростью $U_0 = 0,1$ м/с время осаждения равно 105 с, а расстояние, на котором происходит осаждение, составляет несколько километров.

Обменные процессы между загрязненными донными отложениями и речными потоками определяются несколькими факторами, основными из которых являются: перепад концентраций между поровым раствором и водой в реке; наличие фильтрации

в отложениях, физико-механические характеристики отложений и вид растворенного вещества. Диффузия примесей из донных отложений в воду в условиях отсутствия подруслового фильтрационного потока определяется только молекулярной диффузией, описываемой уравнением Фурье – Фика:

$$\frac{\partial C(Z,t)}{\partial t} = D_r \frac{\partial^2 C(Z,t)}{\partial Z^2},$$

где C – концентрация примеси в поровом растворе в момент t в точке Z (по глубине донных отложений); t – время; Z – глубина расположения точки с концентрацией C ; D_r – коэффициент диффузии примеси в отложениях.

Интегрирование этого уравнения дает массу продифундировавшей примеси из донных отложений:

$$m = 2F(C_r - C_b) \sqrt{\frac{D_z t}{\pi}},$$

где F – площадь поверхности загрязненных отложений; C_r и C_b – концентрация примеси в отложениях и в воде соответственно; D_z – коэффициент поперечной диффузии.

Количественная оценка поставки ионов As^{5+} , Cu^{2+} , Pb^{2+} , Zn^{2+} в воду из донных отложений в зависимости от величины рН воды водотока представлена в табл.4.

Таблица 4

Поставка ионов металлов из донных отложений в воду, т/(км²·год) при различных рН

рН	As5+	Pb2+	Zn2+	Cu2+
7,3	0,04	0,07	2,41	1,13
6,2	0,065	0,09	12,05	2,15
4,9	0,106	0,2	13,5	8,07
4,2	0,138	0,26	16,92	10,95
3,9	0,168	0,336	19,71	–
3,6				

* Семячков А.И. Эколого-экономическая оценка техногенно-минеральных образований / А.И.Семячков, В.В.Балашенко, О.В.Косолапов, Екатеринбург, 2009, 196 с.

Semyachkov A.I. Ecological and economic evaluation of technogenic mineral formations. // A.I.Semyachkov, V.V.Balashenko, O. V.Kosolapov. Yekaterinburg, 2009, 196 p.

Анализ показывает, что при площадях загрязнения донных отложений, составляющих $n \cdot 10^{-1} - n \cdot 10^1$ км², величина поступления металлов в речную сеть сопоставима с величиной поступления из других источников.

Окислительно-восстановительное состояние донных отложений контролируется рельефом дна водотока и содержанием кислорода. В результате в глубоких участках Eh снижается до 235 мВ, и разность потенциалов между речной водой достигает почти 400 мВ. Возникающий геохимический барьер, осаждает практически все изучаемые элементы. Но происходит и диффузионный отток тех же компонентов в контактную водную среду. Прямым следствием этого является загрязнение водной системы ручья Безымянный активными формами металлов из донных отложений (табл.5). Анализ данных показывает, что доля элементов, поступающих в ручей из донных отложений, сопоставима с их поступлением с площади водосбора. Это связано с высокой интенсивностью процесса миграции металлов, превосходящей естественную в сотни и тысячи раз.

Таблица 5

Оценка миграционного баланса металлов ручья Безымянный, кг/год

Элемент	Поступление из донных отложений	Вынос за пределы	Поступление в водоток с площади водосбора
Zn	0,91	2,11	7,5
Pb	0,73	1,23	4,5
As	0,05	0,155	0,5
Cu	0,025	0,45	0,3

Степень «загрязненности» донных отложений металлами установить сложно, так как их содержания в донных грунтах не нормируются. В качестве критерия используются обычно ПДК почв. Сравнение средних значений содержания металлов в донных отложениях водных объектов бассейна ручья Безымянный со значениями ПДК почв показывает, что содержания Zn и Pb в них в несколько десятков раз превышают ПДК в почве. Также превышают значения ПДК содержания Cu и As.

Расчеты показали, что с учетом климатических характеристик района месторож-

дения из отвала ежегодно вымывается свыше 4,5 кг свинца и свыше 7,5 кг цинка.

Проведенные исследования позволяют с большой достоверностью смоделировать экологическую ситуацию при масштабной разработке месторождения Озерное. В результате будет произведена выемка большого объема окисленных руд и пустых сульфидных пород, находившихся до этого момента в восстановительной обстановке. Складирование сульфидсодержащих соединений на открытом воздухе обеспечит свободный доступ кислорода и атмосферной влаги, спровоцирует процессы окисления сульфидных минералов с образованием сульфатов тяжелых металлов. В результате указанных процессов произойдет образование и распространение вод с пониженным рН (до 2-3), выщелачивание цинка, свинца и других тяжелых металлов.

Уровень потенциальной техногенной нагрузки от складирования отходов при разработке месторождения, в связи с изменением их основных характеристик при хранении, позволяет отнести отходы окисленных руд, сульфидсодержащие отходы добычи к I классу опасности для окружающей природной среды.

Анализ ландшафтно-геохимической обстановки, минерального и элементного состава отходов месторождения позволили установить, что при складировании отходов добычи для надежной защиты водных ресурсов, почвенного покрова, растительности от воздействия кислых вод и загрязнения тяжелыми металлами необходимо:

- строительство оградительной дамбы и создание противодиффузионного экрана из полимерных материалов;
- проведение дренажной системы с отводом кислых вод из оснований будущих техногенных массивов, нейтрализацией этих вод и осаждением содержащихся в воде токсикантов с повышенной миграционной способностью.

Работа выполнена в Центре коллективного пользования научным оборудованием Горного университета при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации.

И.Б.МОВЧАН, канд. геол.-минерал. наук, доцент, *Imovch@mail.ru*

А.А.ЯКОВЛЕВА, канд. физ.-мат. наук, доцент, *Sherlock@inbox.ru*

В.Ю.АСЯНИНА, аспирант, *asyanina.v@yandex.ru*

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

I.B.MOVCHAN, PhD in geol. & min. sc., associate professor, *Imovch@mail.ru*

A.A.YAKOVLEVA, PhD in phys. & math. sc., associate professor, *Sherlock@inbox.ru*

V.Yu.ASYANINA, post-graduate student, *asyanina.v@yandex.ru*

National Mineral Resources University (Mining University), Saint Petersburg

МЕТОД ОПЕРЕЖАЮЩЕГО ПРОГНОЗА В ЗАДАЧЕ СНИЖЕНИЯ НАГРУЗКИ НА ЛАНДШАФТ ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ ДЕТАЛИЗАЦИОННЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ РАБОТ

Основу метода составляет автоматизированное линеаментное дешифрирование полутонного поля яркости спектрзональных космоснимков. Оно опирается на процедуры поиска экстремумов, вращения и генерализации по угловым и дисперсионным критериям. Результат представлен структурно-тектоническими картами разной степени генерализации. Эти карты подлежат дополнительной обработке при поисках факторов структурного контроля рудных объектов разного ранга. Ведущие критерии представлены периодичностью, участками дискордантных пересечений, особыми точками на ветвях логнормальных спиральных образований. Такой подход допускает как эталонный, так и безэталонный прогноз на начальных стадиях геолого-геофизических оценок лицензионных площадей.

Ключевые слова: прогноз, мониторинг, космоснимки, линеамент, дешифрирование.

PRIMARY FORECASTING METHOD IN THE PROBLEM OF REDUCING LOADS ON LANDSCAPE UNDER PLANNING LARGE-SCALE GEOLOGICAL AND ECOLOGICAL SURVEYS

The method is based on the formal lineament decoding the half-tone field of brightness of multispectral satellite slides. It includes the procedures of point of extremum tracing, rotation and generalization with using angular and dispersion criteria. The result is the set of structure-tectonic maps of different level of generalization. These maps are additionally processed for discovering the factors of structural control of ore objects of different ranges. Here the leading criteria are the periodicity, the areas of discordant relationship, and the singularities on the branches of logarithmic spirals. Such approach admits the forecast implementation with the information about reference objects and without this one.

Key words: prediction, monitoring, satellite imagery, lineament, decoding.

Космоснимки (КС) представляют собой наиболее проблемный и наиболее перспективный материал дистанционного мониторинга состояния геологической среды и экосистем. Отмеченный проблемный характер связан с двумя факторами:

- поле оптической плотности КС является непотенциальным, т.е. с позиций традиционных методов матфизики не подлежит количественной интерпретации;
- в одну плоскость космоизображения проектируются часто неразделимые образы

эндо- и экзогенных объектов, что затрудняет даже качественную интерпретацию структуры КС.

Перспективность космического мониторинга можно связать с двумя факторами:

- единовременный захват значительных площадей при независимых регистрациях в нескольких спектральных каналах;
- мониторинг с регулярным временным шагом и высокой пространственной разрешающей способностью.

Одна из основных задач, решаемых при выявлении закономерностей в структуре КС, состоит в выявлении факторов структурного контроля месторождений полезных ископаемых эндо- и экзогенного происхождения. Ее решение касается не только геологического прогноза на первичном этапе геолого-геофизических оценок перспективности заявленных полигонов, но и промышленной экологии в рамках управления охраной окружающей среды. С последним аспектом связана возможность оптимизации постановки детальных геолого-геофизических работ при разведке и доразведке месторождений в результате критериальной минимизации перспективных площадей. Следовательно, имеет место локализация вторичных геохимических ореолов рассеяния, минимизация воздействий на разные компоненты экосистем. Выявление факторов структурного контроля возможно лишь при наличии структурно-тектонических схем, обеспечиваемых авторской методикой линеаментно-структурной реконструкции.

Главная процедура автоматизированной линеаментно-структурной реконструкции представлена выделением линеаментных структур, которое начинается с локализации в поле отраженного от дневной поверхности света или в поле значений абсолютных высот дневного рельефа областей максимальных (минимальных) значений, а также зон максимального пространственного градиента. В этих областях и зонах выделяются точки экстремума, с которыми совмещается центр элементарного отрезка, т.е. линеаризованной протяженной структуры, длина которой составляет 5 пикселей в масштабе дистанционной космосъемки.

Начальное положение элементарного отрезка с центром в точке экстремума алгоритмически определено как субмеридиональное, относительно которого отрезок поворачивается вокруг точки экстремума с постоянным угловым шагом в 1° , пока угол между текущим положением отрезка и его начальной ориентацией не составит 180° . При этом для каждой позиции поворачиваемого отрезка вдоль его линии отбираются пять значений полутонового поля КС с шагом, определяемым масштабом съемки. Для данного угла поворота α по пяти отобраным значениям рассчитываем дисперсию, и, после завершения вращения отрезка, строим график зависимости этой дисперсии от угла поворота. Зная, какой угол α соответствует минимуму дисперсии, достаточно повернуть отрезок на этот угол относительно его начального, субмеридионального, простираения, чтобы задать оптимальную ориентацию элементарного отрезка.

Конечный результат представлен структурной схемой, которая без дополнительной обработки имела бы вид разрозненных отрезков, требующих дополнительного визуального обобщения (рис.1, а). Для оценки структурных закономерностей в поле элементарных линеаментов, характеризуемом значительным статистическим разбросом, нами разработан способ генерализации (рис.1, б). Теоретически он может опираться на два независимых подхода:

- амплитудно-частотную фильтрацию исходного космоснимка на три условно независимые составляющие: низко-, средне- и высокочастотную. Теоретически полутоновое изображение на исходном космоснимке представляет суперпозицию этих трех составляющих;

- априорное задание предельной длины картируемой протяженной структуры или радиуса выделяемой кольцевой структуры.

На практике оба подхода дублируют друг друга.

В случае, когда ансамбль элементарных отрезков принадлежит линеаризуемой структуре, при объединении этих отрезков допускаются угловые отклонения $\pm 10^\circ$ от среднестатистических направлений, опреде-

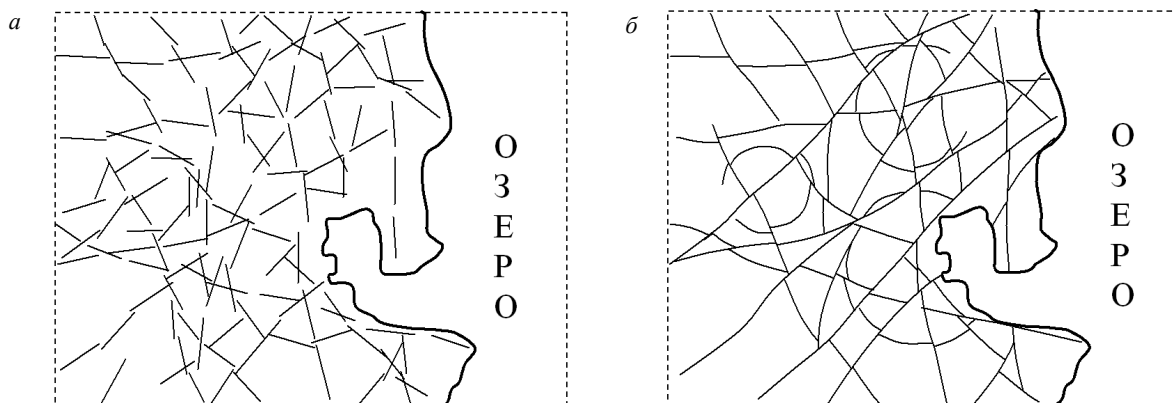


Рис.1. Структурное дешифрирование КС на грани разрешающей способности по территории месторождения Тулийок: *а* – автоматизированное линейментное картирование с использованием эталонного образа отрезка; *б* – структурная генерализация карты на основе угловых критериев



Рис.2. Дешифрирование в пределах листа L-53 на разных уровнях генерализации

ляемых по карте изолиний автокорреляционных функций. При объединении элементарных отрезков в кольцевую структуру с детерминированным радиусом сопоставляется азимут элементарного отрезка и азимут элемента дуги гипотетического кольца. В случае заполнения элементарными отрезками дуги этого кольца более чем на 50 %, при угловых отклонениях каждого отрезка от соответствующего элемента дуги $\pm 5^\circ$ принимается решение о наличии в данной области кольцевой структуры.

В программной реализации структурное дешифрирование КС, совмещенное с процедурой генерализации, предполагает такую последовательность операций:

- амплитудно-частотная фильтрация полутонового поля КС с использованием семейства передаточных функций, построенных по автокорреляционной функции исходного космоснимка [4];

- вычисление для низко-, средне- и высокочастотной компонент полутонового поля КС собственной автокорреляционной функции;

- восстановление по каждой из этих функций роз-диаграммы и линейного размера картируемых протяженных и кольцевых структур;

- расчет для каждой из компонент полутонового поля космоснимка схемы элементарных отрезков с их последующей генерализацией в протяженные и кольцевые структуры.

Этим достигается не только обобщение отдельной схемы элементарных отрезков в линейаризованные и кольцевые структуры с закономерным пространственным соотношением (рис.1) [1]. Основным итогом такого структурного дешифрирования имеет вид комплекта разного уровня генерализации карт линейных и кольцевых геоморфологических элементов (рис.2).

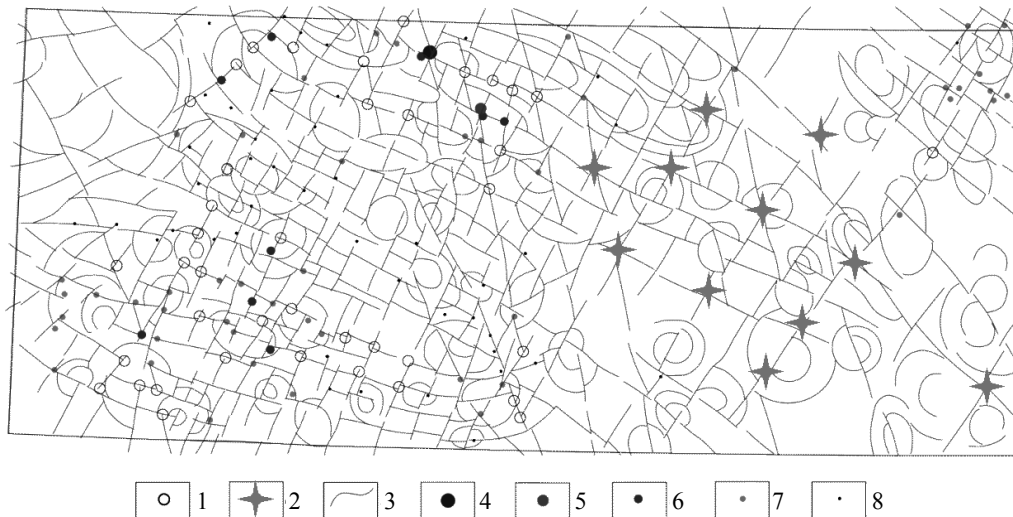


Рис. 3. Результат подбора нелинейной квазипериодической линейментной сетки с разбиением множества эталонных объектов на локальные периодические группы. По среднему пространственному шагу в пределах каждой группы или на ее оси выполняются выделения прогнозных объектов
 1 – прогнозныe объекты в области существования объектов эталонных (рудные месторождения и рудопроявления золота);
 2 – прогнозныe объекты за пределами области существования эталонных объектов
 3 – линейментные структуры; 4-8 – рудные месторождения и рудопроявления золота разного ранга

Среди структурных закономерностей можно выделить параметризацию и прогнозную значимость. Базовым здесь можно считать безэталонное прогнозирование из-за необходимости скрыть коммерческую тайну. В этом направлении в рамках представленного проекта создано два авторских алгоритма, один из которых ориентирован на выявление изолированных структурных объектов, а другой – на применение гидродинамической аналогии.

Первый алгоритм опирается на концепцию Т.А.Милая и В.К.Орлова [2] о рудоконтролирующей роли дискордантных структур. Формализация этих представлений свелась к выделению сгущений в ансамбле протяженных структур заданного простирания и получению изображения наложенных разноглубинных структурных планов с определением участка их дискордантного пересечения (рис.3). Если принимать во внимание все такие участки, то территория, характеризующаяся нами, как перспективная на аномальное геологическое событие (рудное тело, месторождение, поле, провинция), может захватывать до 30-40 % площади полигона. Считаем область дискордантного пересечения наложенных структурных планов перспективной, если она простран-

венно совпадает с кольцевой структурой или их семейством. Критерий апробирован в пределах Прибайкалья при прогнозе эндогенных месторождений золота.

Второй алгоритм опирается на концепцию О.В.Петрова [3] о поведении геологической среды как вязкой жидкости в масштабах геохронологической шкалы. Находясь в состоянии нарушения плотностного равновесия, эта жидкость образует в своем объеме диссипативные структуры, частным случаем которых выступают спиральные волны. Их локализация на площади основана на выделении вложенных и близких к концентрическим структур центрального типа, дуги которых рассматриваются здесь как ветви одной логнормальной спирали, задаваемой функцией вида:

$$r = \pm \exp(\sqrt{\varphi}), \varphi \in [0, 2\pi].$$

Спиральные волны не являются самостоятельными образованиями: по мнению А.В.Оганезова (1997), в силу неравномерного развития в области генерации этой волны деформационно-разрушительных процессов на ее фронте появляются узловые точки, маркирующие аномальные геологические события. Согласно эксперименту, спиральные волны возникают в условиях нараста-

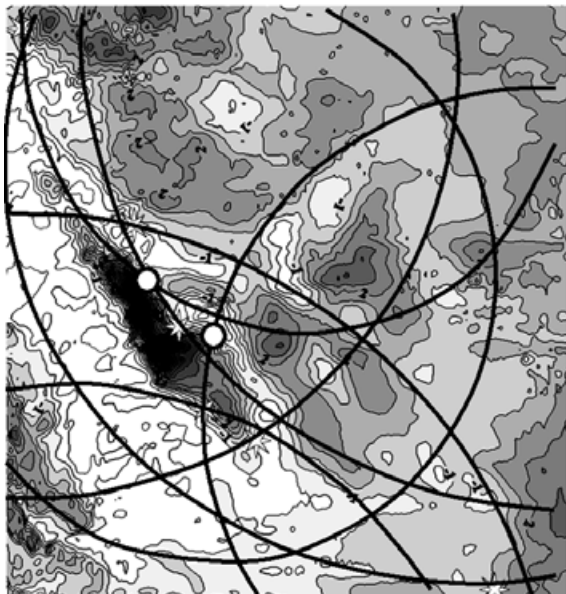


Рис.4. Распознавание образов без обучения по гравитационному полю, измеренному в районе Анабарского щита. Объектом распознавания служат трубки взрыва. Метод распознавания – восстановление участков спиральных структур по разнопорядковым дисперсионным аномалиям гравитационного поля. Фон образован гравитационным полем (в условных единицах) с прогнозными объектами (светлые звездочки). Семейство соосных дисперсионных аномалий объединены в дуговые спиралевидные формы. Максимальные значения дисперсии гравитационного поля, попадающие на дуговые формы, маркируют перспективные объекты (светлые кружки)

ния плотностного неравновесия в лабораторной системе и связанной с этим нарастанием трансформации диссипативного ячеистого структурирования слоя вязкой жидкости. На фронте спиральной волны появляются особые точки, где может изменяться структура течения потока жидкости; они могут рассматриваться как аномальные. При наличии некоторых площадных данных мониторинга (например, космической спектральной съемки) аномальные точки на фронте логнормальной спиральной волны выявляются по областям наибольшей изменчивости обрабатываемого скалярного поля. Можно прогнозировать тип аномального геологического объекта, попадающего в область отмеченной выше узловой точки: как показывает эмпирический опыт, эффективным критерием такого прогноза служит величина радиуса ветви логнормальной спирали. Данный критерий справедлив как

для непотенциальных полей (например, поля оптической плотности космоснимка), так и для потенциальных полей: гравитационного и магнитного (рис.4).

В итоге была разработана система формальных критериев дешифрирования (структурного анализа) спектральных космоснимков. На ее основе создана апробированная технология поиска факторов структурного контроля рудных объектов разного ранга. В отличие от распространенных программных разработок (LESSA в системе ER DAS) наши алгоритмы генерируют карты, каждая из которых отличается своим уровнем генерализации и содержит структуры определенного ранга, образующие неразрывный структурный каркас полигона. Закономерность этого структурного каркаса обусловлена правдоподобными пространственными соотношениями кольцевых и линейных структур: смещением более древних образований относительно более молодых; стяжением линейных структур внутри структуры центрального типа к ее геометрическому центру (области дискордантного соотношения разновозрастных структурных планов); отсутствием пересечения протяженных структур разного простирания без смещения или выклинивания одной из них и т.д. На основе таких карт, называемых здесь структурно-тектоническими, выполняется программными средствами эталонный и безэталонный прогноз, в которых доминируют следующие критерии:

- участки наложения структурных планов разного простирания, маркируемые кольцевой структурой как участки наибольшей проницаемости земной коры;
- пространственная периодичность в семействе таких участков, допускающая при наличии двух и более эталонных объектов прогноз специализированного рудного объекта [4];
- вложенные структуры центрального типа, допускающие аппроксимацию логнормальными спиралями, в пределах которых возможен безэталонный прогноз специализированного рудного объекта по позиции так называемых особых точек.

Работа выполнена в Центре коллективного пользования научным оборудованием Горного университета при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Мовчан И.Б.* Прикладные аспекты теории диссипативного структурирования неравновесной геологической среды // Петров О.В. Диссипативные структуры Земли как проявление волновых свойств материи. СПб, 2007. С.202-268.

2. *Орлов В.К.* Интерпретация геофизических материалов при обнаружении глубинных discordant структур, контролирующихся рудные формации и магматизм мантийного генезиса / В.К.Орлов, Т.А.Милай, И.Б.Мовчан и др. // Геофизика и современный мир: Труды Межд. конф. М., 1994. С.154-155.

3. *Петров О.В.* Внутренние гравитационные волны Земли и нелинейные палеогеодинамические диссипативные структуры // Докл. РАН. 1992. Т.326. № 2. С.323-326.

4. *Серкеров С.А.* Спектральный анализ в гравиразведке и магниторазведке. М., 1991. 279 с.

REFERENCES

1. *Movchan I.B.* Applied aspects of the theory of dissipative structure of the nonequilibrium geological environment // Petrov O.V. Dissipative structure of the Earth as the manifestation of matter wave properties. Saint Petersburg, 2007. P.202-268.

2. *Orlov V.K.* Interpretation of geophysical data for detecting the underlying discordant structures controlling ore formation and magmatism of mantle origin / V.K.Orlov, T.A.Milay, I.B.Movchan // Geophysics and the modern world: Issues of Intern. conf. M., 1994. P.154-155

3. *Petrov O.V.* Internal gravity-related waves of the Earth and non-linear palaeogeodynamic dissipative structures// Rep. of the Russian Academy of Science. 1992. Vol.326. N 2. P.323-326

4. *Serkerov S.A.* Spectrum analysis in gravity and magnetic survey. Moscow, 1991. 279 p.

А.Ю.ОПЕКУНОВ, *д-р геол.-минерал. наук, профессор, a_opekunov@mail.ru*
М.Г.ОПЕКУНОВА, *канд. геогр. наук, доцент, m.opekunova@mail.ru*
Санкт-Петербургский государственный университет

A.Yu.OPEKUNOV, *Dr in geol. & min. sc., professor, a_opekunov@mail.ru*
M.G.OPEKUNOVA, *PhD in geogr. sc., associate professor, m.opekunova@mail.ru*
Saint-Petersburg State University

ГЕОХИМИЯ ТЕХНОГЕНЕЗА В РАЙОНЕ РАЗРАБОТКИ СИБАЙСКОГО МЕДНО-КОЛЧЕДАННОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

На основе комплексных исследований территории разработки Сибайского медно-колчеданного месторождения установлены особенности изменения химического состава природных вод, показана специфика техногенной миграции рудных элементов в донных осадках реки и в почвах, а также вовлечения тяжелых металлов в биогеохимический круговорот. Выявлена степень трансформации природных геохимических процессов в условиях техногенеза. Определены ориентировочные размеры техногенных ореолов и потоков рассеяния рудных металлов. Даны рекомендации, направленные на снижение техногенной миграции элементов.

Ключевые слова: месторождение, донные осадки, почвы, индикаторные виды растений, тяжелые металлы, техногенный ореол рассеяния.

TECHNOGENIC GEOCHEMISTRY IN THE DEVELOPMENT OF SIBAI CHALCOPYRITE FIELD

Complex of geochemical studies in developing of Sibai chalcopryrite deposits are conducted. The peculiarities of the chemical composition of natural waters, the specificity of technogenic migration of ore elements in river sediments and soils, as well as the involvement of heavy metals into the biogeochemical cycle are established. The extent of transformation of natural geochemical processes in technogenesis is revealed. Approximate dimensions of man-made streams and scattering halos of ore metals are determined. The recommendations at reducing anthropogenic migration of elements are aimed.

Key words: ore deposits, sediments, soils, indicating plant species, heavy metals, technogenic scattering halo.

Южный Урал представляет собой уникальный полигон для изучения техногенной трансформации природных геохимических процессов. Наряду с развитием естественных геохимических аномалий, обусловленных рудной минерализацией, горно-промышленное производство приводит к загрязнению недр, водных объектов, почв и атмосферного воздуха. В водоемы поступают промышленные сточные воды с цехов обогащения и первичной переработки сы-

рья, подотвальные и рудничные воды, стоки с хвостохранилищ. Особое место в этом ряду занимают колчеданные месторождения, имеющие широкое распространение, а при разработке являющиеся источником загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами (ТМ).

На территории Башкирского Зауралья открыты крупные медно-колчеданные месторождения: Гайское, Сибайское, Учалинское и др. Этот регион – один из основных

поставщиков концентратов медно-колчеданных руд в России. На его долю приходится 24,4 % товарной продукции цветной металлургии, причем добыча Cu в концентратах составляет 12-15 %, а Zn 49 % от общероссийской.

В геологическом плане территория расположена на пересечении субмеридионального Западно-Магнитогорского вулканического пояса и субширотной Баймакско-Сибайской зоны. Пояс сложен горными породами допалеозойского и палеозойского возраста, с которыми связаны колчеданные руды [5]. Для большинства месторождений региона установлены аномальные концентрации свыше 40 химических элементов [4]. В изучаемом районе присутствуют две рудоносные зоны: Баймак-Бурибаевская смешанно-медно-рудная (месторождения Юбилейное и Семеновское) и Красноуральско-Сибай-Гайская медно-рудная (месторождения Сибайское, Камаганское, Учалинское). Основные рудообразующие минералы Сибайского колчеданного месторождения – пирит, пирротин, халькопирит и сфалерит. Пирит составляет 65-90 % рудного вещества. В подчиненном количестве присутствуют галенит, арсенопирит, теннантит, борнит, мельниковит, магнетит, гематит, гринокит, энаргит, фрейбергит и киноварь. Основными элементами-индикаторами вторичных ореолов рассеяния выступают Cu, Zn, Cd, As и Hg.

Гипергенные изменения рудных минералов колчеданных месторождений заключаются в окислении труднорастворимых сульфидов в хорошо растворимые сульфаты в присутствии кислорода и окислителей $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$, H_2SO_4 . Результатом этих реакций, а впоследствии и гидролиза сульфатов становится значительный рост концентрации H^+ и резкое снижение pH вод, сопровождаемое увеличением окислительно-восстановительного потенциала. Это вызвано переходом переменновалентных элементов в высшие степени окисления. К основным миграционным формам Cu, Zn и Cd относятся их катионы, сульфатные и гидросульфатные соединения. При повышении pH могут образовываться комплексные соединения ме-

таллов с гидроксильными или смешанными гидроксильно-сульфатными группами; происходит осаждение кристаллогидратов металлов. С учетом развития в районе исследований черноземов, обогащенных органическим веществом (ОВ) гумусового ряда, возможно формирование комплексных органо-минеральных соединений на основе гуминовых и фульвокислотных хелатов. Перечисленные процессы сопровождают и техногенные потоки металлов, формирующиеся через сброс сточных вод, аэротехногенный перенос, влияние хвостохранилищ и отвалов вскрышных пород.

Сибайский филиал ОАО «Учалинский горно-обогатительный комбинат» (бывший «Башкирский медно-серный комбинат») расположен на территории г. Сибай. В составе предприятия находятся два крупных карьера (Сибайское и Камаганское месторождения), подземный рудник (месторождение Новый Сибай), Сибайская обогатительная фабрика (СОФ), известняковый карьер. Большую площадь занимают отвалы накопленных вскрышных пород, обогащенных Cu, Zn, Fe, Mn, Pb, Cd, As и т.д. Их общий объем на 01.01.2009 г. достиг 600 млн т. Особое место занимают хвостохранилища обогатительной фабрики. Тяжелые металлы и As поступают на поверхность почв, в природные воды, донные осадки, вовлекаются в биологический круговорот, образуя хорошо выраженные вторичные техногенные ореолы рассеяния.

Комплексные геохимические исследования на обозначенной территории, нацеленные на оценку воздействия комбината, проводились с 1998 г. сотрудниками кафедры геоэкологии и природопользования СПбГУ [2, 3, 6]. Обследование природно-территориальных комплексов (ПТК) осуществлялось с учетом нарастания антропогенного стресса: на различном удалении от предприятия – вблизи пос. Калининское, Старый Сибай, Семеновское, озер Талкас и Култубан. В комплекс исследований входило изучение химического состава воды, донных осадков, почв и растений фоновых и антропогенно нарушенных участков. В донных осадках и почвах наравне с валовыми

содержаниями определялись подвижные формы металлов, извлекаемые ацетатно-аммонийным буфером ($pH = 4,8$). В качестве условно фоновых приняты ПТК вблизи пос. Мукасово и Туркменево, а также оз. Култубан, расположенных в 25-35 км от г. Сибай вне прямого воздействия предприятия, но находящиеся в пределах естественной геохимической аномалии Красноуральско-Сибай-Гайской рудоносной зоны.

Лабораторные анализы валового содержания химических элементов в донных осадках и почвах проводились эмиссионным спектральным, рентгенофлуоресцентным и атомно-абсорбционным методами, определения микроэлементов в вытяжках и золе растений выполнены атомно-абсорбционным методом, содержания металлов в воде – методами вольтамперометрии и атомной абсорбции.

Река Карагайлы пересекает город с юго-запада на северо-восток, дренируя в верхнем течении отвалы вскрышных пород Сибайского карьера. В среднем течении на правом берегу построено хвостохранилище общей площадью более $1,1 \text{ км}^2$. В хвостах сосредоточено значительное количество Cu , Zn , Cd , Pb , As , Ba . На левом берегу находится обогатительная фабрика. Ниже по течению вблизи реки размещается городская свалка бытовых отходов. Водоток впадает в р. Худолаз. Длина изученной части реки составила более 11 км. Русло р. Карагайлы имеет ширину 2-6 м с разливами до 200-250 м. Скорость течения в летнюю межень составляет 0,0-0,3 м/с, а на некоторых участках до 0,8 м/с. Форма русла в основном канавообразная, высота берегов не превышает 1-1,5 м.

Измеренные величины pH воды указывают на контрастность кислотно-щелочных условий (табл.1). На верхнем (фоновом) участке реки (проба 701) значения pH воды составляют 7,7-8,2. Подземные воды, которые выклиниваются под отвалами вскрышных пород (вероятно, вследствие нарушения гидрогеологических условий при строительстве карьера, а также деформации водоносных горизонтов под давлением пород), имеют $pH = 4,95$ (проба 703-2). Впадение

этого ручья в реку (проба 703-1) приводит к снижению кислотно-щелочного показателя речной воды до нейтрального (6,25). Следующее изменение pH вызвано сбросом карьерных и рудничных вод с $pH = 3,32-4,95$ (пробы 704-1 и 704-2). Ниже этого сброса кислотно-щелочной показатель речной воды понижается до 4,75-4,85. В промзоне города в среднем течении реки pH постепенно растет до 5,45-5,75 (пробы 404, 706, 713), а в нижнем течении в пос. Калининское (пробы 411) речная вода достигает нейтральных значений ($pH = 6,45-7,10$). До впадения в р. Худолаз (пробы 716) pH стабилизируется, так и не достигнув природных показателей (более 7,5).

Изучение состава вод дало следующие результаты (табл.1). На входе в зону техногенного воздействия речная вода (проба 701) отвечает сульфатно-кальциевому типу вод с относительно низкой минерализацией (324 мг/л) и фоновым содержанием рудных элементов (Cu , Zn , Cd). Состав подземных и карьерных сточных вод соответствует сульфатно-магниевого типу с минерализацией 9382 мг/л (солончатые воды) и аномальными концентрациями металлов (Cu , Zn , Cd). При этом степень метаморфизации анионно-катионного и микроэлементного состава более выражена в подземных (проба 703-1, 703-2) по сравнению со сточными (проба 704-1, 704-2) водами. Смешение тех и других с речной водой приводит к техногенной трансформации анионно-катионного и микроэлементного состава и изменению кислотно-щелочных условий. Вниз по течению от места сброса солевой состав воды меняется мало. Отмечено лишь небольшое снижение содержания металлов и незначительное изменение соотношения главных катионов и анионов. Одновременно установлено резкое увеличение концентраций металлов в воде после поступления подземных и сточных промышленных вод с максимумом в среднем течении. Вслед за этим наблюдается незначительное снижение их содержаний. Зафиксировано сохранение аномально высоких концентраций металлов в речной воде на всем протяжении водотока вплоть до впадения в р. Худолаз.

Содержания химических ингредиентов в речных, карьерных и подземных водах, мг/л

Химические вещества	Проба										
	701	703-1	703-2	704-1	704-2	705	404	706	713	411	716
K ⁺	1,2	1,78	2,66	2,28	2,2	1,87	–	2,06	3,94	–	0,91
Na ⁺	18,6	69,74	154,32	176,94	165,44	70,48	–	145,41	142,44	–	24,17
Mg ²⁺	27,71	461,79	1463,1	358,91	450,36	435,27	–	377,66	278,9	–	14,72
Ca ²⁺	78,21	363,19	369,22	256,19	248,66	383,52	–	264,7	18,95	–	60,16
Cl ⁻	3,12	7,66	<0,5	<0,5	<0,5	10,78	–	58,15	106,38	–	35,46
SO ₄ ²⁻	186,8	2922,5	7392,2	2547,2	2916,2	2806,1	–	2504,4	1466,3	–	49,39
HCO ₃ ⁻	8,34	1,84	<1,0	<1,0	<1,0	18,91	–	<1,0	60,51	–	168,89
Σ ионов	324,0	3828,5	9381,5	3341,5	3783,4	3726,9	–	3352,4	2067,4	–	353,7
Zn	0,001	12,1	111,0	36,6	49,0	21,0	32,2	37,0	15,8	4,1	<0,001
Cu	0,001	0,20	21,0	5,4	8,1	1,6	11,3	4,7	1,4	0,059	0,001
Ni	0,001	0,025	0,24	0,09	0,12	0,045	–	0,077	0,051	–	<0,001
Cd	<0,001	0,03	0,59	0,13	0,15	0,10	0,1255	0,12	0,08	0,016	<0,001

Примечание. Прочерк – нет данных

В целом выявленный химический состав воды р. Карагайлы, ее гидрохимический тип (сульфатно-магниевого) характерны для вод, находящихся под влиянием окисляющихся медно-колчеданных руд или формирующихся под воздействием промышленных сточных вод горно-добывающего предприятия.

В верхнем течении реки на участке разгрузки подземных вод в самом ручье вода имеет мутновато-голубоватый оттенок, и на дне реки наблюдается отложение голубовато-белого порошка как в тонкодисперсных фракциях, так и в виде налета на поверхности гравийно-галечной отмостки. Это же наблюдается и в среднем течении водотока, что позволяет предположить осаждение купоросов меди, цинка, а также сульфата кадмия при повышении рН.

В донных осадках р. Карагайлы и впадающих в нее ручьев содержание пелитовой фракции колеблется в пределах 3,4-43,7 %, алевритовой 12,5-76,5 %, песчаной 8,6-61,6 %. В местах наиболее интенсивной аккумуляции донные отложения представлены современными флокулированными илами с высокой влажностью и пористостью, серого, желтовато-серого (в верхнем течении) и темно-серого (в нижнем течении) цветов с относительно небольшим количеством ОВ. Среднее содержание С_{орг} в донных осадках р. Карагайлы равно 2,3 %. Его наибольшие концентрации приурочены к местам сброса коммунально-бытовых вод, а также аккумуля-

ции почвенного органического вещества вследствие эрозии и плоскостного смыва с распаханых водосборов (пос. Калининское).

Изучение содержания ТМ и мышьяка показало обогащение ими донных отложений реки по сравнению с условно фоновыми осадками оз. Култубан. Выявлено накопление Zn, Cu, Cd и Hg, в меньшей степени Pb и As (табл.2). Так, содержание Cu и Zn в донных осадках реки над озерными отложениями выше в 13 и 23 раза, соответственно.

Распределение ТМ в донных осадках водотока обусловлено, в первую очередь, техногенными литолого-геохимическими барьерами. На всем протяжении реки выявлено несколько техногенных барьеров. Представлены механические, биогеохимические и физико-химические классы барьеров. Формирование механических вызвано падением скорости течения при резком расширении русла реки после канализованных участков, возникновением разливов воды при строительстве дамб, а также снижением гидродинамической активности в местах интенсивного произрастания тростника. Биогеохимические барьеры обусловлены биоаккумуляцией высшей водной растительностью тяжелых металлов и других химических загрязняющих веществ, в том числе и в виде эпифитовзвеси. Среди физико-химических основное значение имеют щелочные барьеры, возникающие при резком повышении величины рН. Они обнаружены на участках впадения подземных и

Таблица 2

Средние содержания валовых и подвижных форм ТМ и As в донных осадках водных объектов района исследований

Элементы	р. Карагайлы			оз. Култубан		
	Валовые, мг/кг	Подвижные, мг/кг	Доля подвижных, %	Валовые, мг/кг	Подвижные, мг/кг	Доля подвижных, %
Co	38±6	3,6±1,8	8,2	24±3	0,1±0,1	0,2
Ni	46±11	2,1±1,2	4,1	71±13	0,6±0,2	0,7
Zn	4311±1184	2490±1669	60,9	423±284	12±3,2	7,1
Cu	4666±1456	1468±1182	23,4	412±99	1,8±0,6	0,6
Cd	10,1±5,41	4,9±3,0	44,5	5,3±1,1	0,19±0,06	3,6
Mn	1040±245	50,1±21,8	3,6	2569±1045	446±41	18,9
Cr	72±12	Н.д.	–	59±6	Н.д.	–
Pb	75±43	4,8±1,6	8,4	31±6	2,9±0,4	11,3
As	140±46	Н.д.	–	56±10	Н.д.	–
Hg	1,90±0,59	Н.д.	–	0,159±0,065	Н.д.	–
Fe	Н.д.	797±718	–	Н.д.	19±4	–

Таблица 3

Валовое содержание ТМ в почвах Башкирского Зауралья, мг/кг

ПТК	Cu	Zn	Ni	Fe	Mn
Фон, пос. Мукасово-Туркменево, Красноуральско-Сибай-Гайская рудоносная зона (n = 35)	<u>49</u> 30-82	<u>235</u> 137-517	<u>34</u> 16-74	<u>40563</u> 17336-106310	<u>1457</u> 324-10957
Пос. Калининское, приусадебные участки вблизи хвостохранилища (n = 12)	<u>153</u> 97-205	<u>460</u> 328-622	<u>53</u> 43-68	<u>31694</u> 30138-33083	<u>704</u> 681-736
Берег оз. Култубан, в 10 км к югу от Сибайской обогатительной фабрики и карьера (n = 26)	<u>292</u> 125-520	<u>223</u> 50-630	<u>92,5</u> 54-160	н/о	<u>3259</u> 900-15000
г. Сибай, микрорайоны города (n = 150)	<u>248</u> 83-632	<u>487,3</u> 224-762	<u>49</u> 38-99	<u>34667,4</u> 22173-44795	<u>1338</u> 669-6644
Региональный фон	49	223	34	37100	1060
Фон для черноземов	25	68	45	–	–
Кларк по Р. Бруксу, 1986	70	80	100	25000	1000
ОДК, 2009	132	220	80	–	–

Примечание. В числителе – среднее значение; в знаменателе – диапазон.

Таблица 4

Содержание подвижных форм ТМ в почвах Башкирского Зауралья, мг/кг*

ПТК	Cu	Zn	Fe	Mn	Pb	Ni
Фон, пос. Мукасово-Туркменево, Красноуральско-Сибай-Гайская рудоносная зона (n = 145)	<u>0,8</u> 0,1-1,8	<u>7,2</u> 0,6-21,4	<u>9,4</u> 0,29-18	<u>42,1</u> 19,6-74	<u>1,4</u> 0,01-4,7	<u>0,5</u> 0,01-1,6
Пос. Калининское, приусадебные участки вблизи хвостохранилища (n = 12)	<u>2,2</u> 0,4-5,4	<u>65</u> 42-108	<u>0,8</u> 0,2-1,8	<u>52</u> 34,4-84	<u>2,1</u> 1,7-3,1	<u>0,4</u> 0,05-0,8
Берег оз. Култубан, в 10 км к югу от Сибайской обогатительной фабрики и карьера (n = 26)	<u>2,1</u> 0,2-4,7	<u>31</u> 1,7-77	<u>24</u> 0,6-34	<u>72,2</u> 34,7-113	<u>2,6</u> 1,8-3,4	<u>1,5</u> <0,01-1,7
г. Сибай (n = 150)	<u>7,3</u> 0,1-77	<u>47,2</u> 0,2-409	<u>5,6</u> 0,1-26,8	<u>55</u> 0,2-168	<u>2,7</u> 0,1-11,6	<u>1,1</u> 0,01-2,9
Региональный фон	0,2	9,7	3,2	29	0,3	0,1
ПДК	3,0	23,0	-	140	6,0	4,0

* См. примечание к табл.3.

сточных в верховьях реки, при подщелачивании вод притоками в среднем течении водотока. На этих участках переход сульфатов металлов из раствора во взвесь фиксируется даже визуально.

В процессе исследований были изучены подвижные формы ТМ и As, которые определялись в аммонийно-ацетатной вытяжке (рН = 4,8) из осадков. Полученные данные указывают на высокую подвижность основ-

ных элементов (Cu, Zn, Cd) в донных отложениях реки по сравнению с фоновыми условиями осадконакопления (см. табл.2). С целью более детальной интерпретации форм металлов в донных осадках реки был выполнен фазовый анализ. Были установлены поверхностно-сорбированные формы (0,25 моль/л $MgCl_2$); фазы, связанные с карбонатными минералами и легко разлагаемым ОВ (ацетатный буферный раствор с $pH = 4,8$), а также с органическим веществом (1 моль/л раствора уксусной кислоты и перекиси водорода); сорбированных на гидроксидах железа и марганца (раствор солянокислого гидроксиламина); кристаллических (0,3 моль/л раствора соляной кислоты) и остаточных силикатных форм (по разнице валового содержания и полученных подвижных фаз).

Фазовое состояние металлов в осадках реки характеризуется следующими особенностями. В фоновой пробе верхнего течения реки (702) подавляющая часть Cu и Zn (более 93 %) и основная часть Cd (60,6 %) находятся в силикатной остаточной форме. В осадках зоны техногенеза (верхнее и среднее течение) преобладает Cu (до 86 %) в составе органического вещества, вероятно, в виде органоминеральных комплексов с гуминовыми хелатами. Частично металл связан с карбонатными минералами (в пробе 711 до 50 %). Наиболее разнообразен фазовый состав Zn, у которого ведущими являются силикатная (32-46 %), карбонатная или связанная с ОВ (от 22 до 37 %) формы. Самый подвижный из рассматриваемых металлов Cd. Для него ведущее значение имеют поверхностно-сорбированная и органоминеральная формы. Для сравнения в пробе донных осадков из оз. Култубан подавляющая часть индикаторных металлов (90-98 %) находится в силикатной форме. Кроме того, отмечается общая тенденция незначительного снижения подвижности металлов по мере удаления от основных источников загрязнения.

Выявленные особенности дифференциации химических элементов в р. Карагайлы указывают на существование двух типов техногенных осадочных образований. Ис-

пользуя геохимическую классификацию техногенных илов [1], можно констатировать, что в верхнем течении формируется комплекс минеральных техногенных илов (среднее содержание $C_{орг} = 1,85 \%$) с Hg-Cd-Cu-Zn специализацией. В среднем и нижнем течении накапливаются органоминеральные техногенные илы ($C_{орг} = 3,85 \%$) с Ni-Cr-Pb-Cu-Zn-Cd полиметаллической специализацией. Необходимо заметить, что химический состав органоминеральных илов не избежал существенного влияния сбросов горно-добывающего предприятия.

В фоновых условиях почвы района характеризуются высокими содержаниями большинства изученных ТМ (табл.3). Обращают на себя внимание аномальные валовые концентрации Cu, Zn и Fe, обусловленные геологическими факторами. Концентрации подвижных форм ТМ в почвах могут сильно варьировать (табл.4). Они определяются совокупностью факторов, из которых наибольшее значение имеют положение ПТК в элементарном геохимическом ландшафте (элювиальный, трансэлювиальный, субаквальный и аквальный), тип миграции, метеоусловия, кислотность почв и удаленность от источников загрязнения. Большую роль играет количество выпавших атмосферных осадков и влажность почв: по годам на одних и тех же пробных площадках отмечаются существенные различия в концентрации подвижных форм ТМ. Наблюдаются резкие изменения концентрации подвижных форм ТМ по профилю в рельефе. Так, высоким содержанием Mn характеризуются почвы подчиненных ПТК в нижней части склона увала. Максимальные концентрации Fe, Cu и Zn, в основном приходятся на средние части склонов и на вершины увалов. Содержание подвижных форм Pb и Ni в почвах различных ПТК практически не изменяется. В почвах фоновой территории доля подвижных форм ТМ составляет 0,1-3 % от их валового содержания. В засушливые годы она уменьшается до 0,01 %, а во влажный период может достигать 3-5 %, что объясняется деятельностью почвенных организмов, феноритмическими изменениями интенсивности поглощения химических элементов растениями и другими факторами.

Изменение содержания ТМ в индикаторных видах растений Башкирского Зауралья
в период с 1999 по 2010 гг., мг/кг сухого вещества*

ПТК	Cu	Zn	Fe	Mn	Pb	Ni
Фоновая территория, пос. Мукасово-Туркменево, Красноуральско-Сибай-Гайская рудоносная зона						
Полынь <i>Artemisia austriaca</i> L.	<u>15</u> 6-23	<u>59</u> 23-154	<u>71</u> 21-136	<u>64</u> 29-122	<u>1,6</u> 0,3-2,5	<u>1,7</u> 0,6-3,5
Чабрец <i>Thymus marschallianus</i> L.	<u>8</u> 5-12	<u>67</u> 26-160	<u>172</u> 43-271	<u>58</u> 19-120	<u>1,9</u> 1,1-3,5	<u>1,8</u> 0,8-3,0
Вероника <i>Veronica incana</i> L.	<u>9</u> 5-18	<u>42</u> 17-66	<u>53</u> 5-166	<u>40</u> 11-92	<u>1,6</u> 0,8-2,7	<u>1,1</u> 0,6-3,2
Пос. Калининское, вблизи хвостохранилища БМСК						
Полынь <i>Artemisia austriaca</i> L.	<u>25</u> 32-40	<u>96</u> 138-117	<u>251</u> 188-314	<u>71</u> 31-111	<u>2,2</u> 0,8-3,6	<u>2,8</u> 2,6-3,1
Чабрец <i>Thymus marschallianus</i> L.	<u>10</u> 8-13	<u>62</u> 42-83	<u>273</u> 167-380	<u>41</u> 21-62	<u>1,3</u> 0,9-3,0	<u>2,5</u> 2,0-3,0
Вероника <i>Veronica incana</i> L.	<u>10</u> 8-11	<u>60</u> 50-78	<u>122</u> 18-344	<u>15</u> 12-22	<u>0,8</u> 0,2-1,4	<u>0,9</u> 0,2-2,0
Пос. Старый Сибай, в 2 км от отвалов Сибайского карьера						
Полынь <i>Artemisia austriaca</i> L.	<u>15</u> 9-20	<u>60</u> 53-70	<u>107</u> 63-154	<u>120</u> 80-155	3,7 2,3-4,7	2,0 1,5-2,8
Чабрец <i>Thymus marschallianus</i> L.	<u>7</u> 5-10	<u>33</u> 21-42	<u>97</u> 76-144	<u>82</u> 32-144	2,1 1,1-4,3	1,6 1,3-1,9
Вероника <i>Veronica incana</i> L.	<u>7</u> 6-7	<u>32</u> 24-41	<u>116</u> 103-130	<u>43</u> 26-55	<u>3,7</u> 3,28-4,0	<u>2,1</u> 1,6-2,5
Берег оз. Култубан, в 10 км к югу от Сибайской обогатительной фабрики и карьера БМСК						
Полынь <i>Artemisia austriaca</i> L.	<u>13</u> 6-18	<u>68</u> 32-146	<u>56</u> 16-112	<u>41</u> 13-73	<u>1,3</u> 0,4-2,8	<u>1,4</u> 0,7-2,3
Чабрец <i>Thymus marschallianus</i> L.	<u>8</u> 6-11	<u>54</u> 29-71	<u>68</u> 36-123	<u>67</u> 21-91	<u>1,6</u> 0,3-3,2	<u>1,5</u> 0,2-2,9
Вероника <i>Veronica incana</i> L.	<u>12</u> 5-19	<u>47</u> 31-66	<u>92</u> 19-181	<u>42</u> 19-66	<u>1,8</u> 1,2-2,7	<u>1,8</u> 0,7-4,1
Региональный фон	13	42	52	40	3	2,5
Кларк по В.В. Добровольскому, 1998	8	30	–	205	1,25	2

* См. примечание к табл.3.

Влияние комбината на химический состав почв сказывается в радиусе 2-5 км от предприятия. Максимальные содержания ТМ обнаружены в почвогрунтах на территории г. Сибай, в микрорайонах вблизи обогатительной фабрики, Сибайского и Камаганского карьеров и др. Высокие концентрации Cu и Zn наблюдаются в почвах пос. Калининское, расположенного вблизи хвостохранилища. Валовое содержание Zn и Cu в почвах приусадебных участков превышает уровень ориентировочно допустимых концентраций (ОДК) в 3 раза, концентрация подвижных форм в 2-5 раз превосходит предельно допустимую концентрацию (ПДК). Почвы коллективных садов, расположенных в санитарно-защитной зоне обогатительной фабрики, загрязнены As до 1,8

ОДК, Cu – до 2,4 ОДК, Zn – до 2,6 ОДК. В зоне влияния отвалов Сибайского карьера вблизи пос. Старый Сибай выявлено загрязнение почв пастбищных угодий и приусадебных участков Zn, Cu, Pb: концентрации подвижных форм достигают ПДК, валовые содержания – ОДК.

Отличительная черта почв, подвергшихся антропогенной трансформации – резкое увеличение содержания подвижных форм ТМ. Вблизи производственных объектов доля их возрастает до 16-24 %. Это обусловлено выбросами диоксида серы, а также окислением сульфидов в отвалах, что вызывает подкисление почв до pH = 4,3-5,9 (при фоне 7,0-7,5) и увеличивает подвижность катионогенных металлов. В загрязненных

почвах уровень содержания сульфатов в 26-185 раз превышает фоновые значения.

Суммарный показатель загрязнения почв (Z_c) подвижными формами ТМ в зоне воздействия предприятия соответствует категориям крайне опасная, чрезвычайно опасная и опасная. Критическая ситуация сложилась в нескольких микрорайонах города, где Z_c для этих территорий в разные годы изменялся в пределах от 122 до 288. При таких значениях $Z_{cmax} = 128$, выходящих за рамки оценочной шкалы опасности загрязнения почв, резко возрастает риск воздействия на здоровье населения.

В районе действия обогатительной фабрики, карьеров, хвостохранилищ и других объектов комбината наблюдается интенсивное вовлечение ТМ в биогеохимический круговорот и образование зон с повышенными содержаниями рудных элементов (Zn, Cu, Fe и др.) в растениях (табл.5). Большая изменчивость химического состава растений определяется валовым содержанием ТМ в почвах, степенью их доступности растениям, физико-химическими свойствами почв (рН, гранулометрический состав, содержание ОВ и т.д.), а также видовыми особенностями растений, их возрастом, физиологической ролью ТМ, интенсивностью антропогенной нагрузки.

Исследования химического состава растений на различном расстоянии от производственных объектов позволили выявить виды-концентраторы ТМ, которые могут быть использованы при оценке интенсивности техногенеза. Характерное накопление ТМ (Zn, Cu, Fe, Pb и Cd) в полыни австрийской *Artemisia austriaca* L., веронике серой *Veronica incana* L., чабреце Маршалла *Thymus marschallianus* L. отвечает естественной геохимической аномалии, а также антропогенному загрязнению компонентов ландшафтов при эксплуатации месторождения. Вместе с тем, накопление ТМ в фоновых условиях во многом определяется их подвижностью в почвах. Во влажные годы в растениях отмечается резкое увеличение концентрации Zn, Cu и Fe.

Содержание типоморфных оруденению ТМ во всех индикаторных видах в импакт-

ной зоне в районе оз. Култубан, пос. Калининское и Старый Сибай превышает соответствующие концентрации в растениях фоновой территории (пос. Мукасово). Изменения содержания химических элементов в пределах Сибай-Гайской рудоносной зоны во многом определяются рельефом: на пониженных участках выявлены повышенные концентрации микроэлементов (Mn, Zn, Cu и Fe).

Расчет коэффициента биологического поглощения изученных растений указывает на хорошо выраженные индивидуальные биогеохимические особенности: полынь *Artemisia austriaca* L. накапливает в основном Zn, Cd и Pb, чабрец *Thymus marschallianus* L. – Fe и Zn, вероника *Veronica incana* L. – Cu и Zn. К абсолютным концентраторам относятся *Artemisia austriaca* L. и *Thymus marschallianus* L., *Veronica incana* L. обладает меньшей концентрирующей способностью.

Выводы

1. Разработка месторождения привела к хорошо выраженной и устойчивой техногенной метаморфизации вод р. Карагайлы по анионно-катионному и микроэлементному составу, приведшей к образованию сульфатно-магниевого типа солоноватых вод.

2. В почвах сформировался техногенный вторичный ореол рассеяния индикаторных элементов (Zn, Cu, Cd и Fe) в радиусе 2-5 км от производственных объектов, а в донных осадках реки – техногенный поток рассеяния, протяженностью до 10 км. В техногенных ореолах и потоках отмечен значительный рост валовых концентраций ТМ относительно естественных вторичных ореолов и потоков рассеяния, а также резкое увеличение доли подвижных форм металлов. Последние представлены поверхностно-сорбированными (Cd), карбонатными (Zn) и органоминеральными (Cd, Co, Cu, Zn) формами.

3. В донных осадках и почвенном покрове характер миграции и концентрации рудных элементов обусловлен техногенными физико-химическими барьерами, в основном, кислотно-щелочного класса.

4. Выделены индикаторные виды растений техногенного загрязнения: полынь австрийская *Artemisia austriaca* L., вероника серая *Veronica incana* L., чабрец Маршалла *Thymus marschallianus* L., которые могут быть использованы при экологическом мониторинге и рекультивации нарушенных земель.

5. Среди природоохранных мероприятий, направленных на снижение уровня загрязнения окружающей среды, помимо традиционных методов (применение систем очистки выбросов и сбросов), целесообразно использование искусственных геохимических барьеров на основных путях техногенных потоков, приводящих к уменьшению подвижности рудных элементов в зоне гипергенеза.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Опекунов А.Ю.* Аквальный техноседиментогенез // Труды ВНИИОкеангеология. 2005. Т.208.
2. *Опекунов А.Ю.* Геохимические особенности современного осадкообразования в районе разработки Сибайского медноколчеданного месторождения (Южный Урал) / А.Ю.Опекунов, Л.В.Леонтьева, М.С.Куприна // Вестник Санкт-Петербургского ун-та. Сер.7. 2010. Вып.2. № 15.
3. *Опекунова М.Г.* Оценка геоэкологического состояния и изменения природно-территориальных комплексов в зоне воздействия горно-добывающей промышленности на территории Башкирского Зауралья / М.Г.Опекунова, Е.Ю.Елсукова, Э.Э.Муратова // Про-

блемы геоэкологии Южного Урала: Мат. 2-й Всерос. науч.-практ. конф. Оренбург, 2005.

4. *Прокин В.А.* Закономерности размещения колчеданных месторождений на Южном Урале. М., 1977.

5. *Серавкин И.Б.* Вулканизм и колчеданные месторождения Южного Урала. М., 1986.

6. Тяжелые металлы в почвах и растениях Южного Урала. Ч.2. Экологическое состояние антропогенно нарушенных территорий / М.Г.Опекунова, Н.В.Алексеева-Попова, И.Ю.Арестова, С.В.Грибалева, Д.А.Краснов, Д.Г.Бобров, О.А.Осипенко, Н.И.Соловьева // Вестник Санкт-Петербургского ун-та. Сер.7. 2002. Вып.1. № 7.

REFERENCES

1. *Opekunov A.Ju.* Aquatic tehnosedimentogenez // Proceedings VNIIOkeangeologia. 2005. Vol.208.
2. *Opekunov A.Ju.* Geochemical features of recent sedimentation in the development of chalcopyrite Sibai deposit (South Urals). / A.Ju.Opekunov, L.V.Leontieva, M.S.Kuprina // Journal of Saint Petersburg Staite University. Serie 7. 2010, Vol.2. N 15.
3. *Opekunova M.G.* Assessment of environmental conditions and changes in environmental systems in the zone of influence of mining industry in the Bashkir Trans-Urals // M.G.Opekunova, E.Ju.Elsukov, E.E.Muratova // Problems of Geocology of Southern Urals: Proceedings of the Second Russian scientific-practical Conference. Orenburg, 2005.
4. *Prokin V.A.* Patterns of distribution of massive sulfide deposits in the southern Urals. Moscow, 1977.
5. *Seravkin I.B.* Volcanism and pyrite deposits of the Southern Urals. Moscow, 1986.
6. Heavy metals in soils and plants of the Southern Urals. Part.2. The ecological status of anthropogenically disturbed areas / M.G.Opekunova, N.V.Alekseeva-Popova, I.Ju.Arestova, S.V.Gribalev, D.A.Krasnov, D.G.Bobrov, O.A.Osipenko, N.I.Solovjeva // Journal of Saint-Petersburg Staite University. Serie 7. 2002. Vol.1. N 7.

Т.А.ПЕТРОВА, канд. техн. наук, доцент, *petrova9@yandex.ru*
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

T.A.PETROVA, PhD in eng. sc., associate professor, *petrova9@yandex.ru*
National Mineral Resources University (Mining University), Saint Petersburg

ПОДХОДЫ К РАЗРАБОТКЕ СИСТЕМЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ГОРОДСКИХ СИСТЕМ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ

В районе Санкт-Петербурга и Ленинградской области функционируют тысячи опасных объектов по переработке, транспортировке и хранению газа, но, несмотря на высокую экологическую опасность указанных техногенных объектов, отсутствуют методы комплексной количественной оценки их воздействия на природную среду и выбора на основе этих методов экологически целесообразных и экономически эффективных средозащитных мероприятий. В статье рассматриваются подходы к созданию системы автоматического экологического производственного контроля объектов газоснабжения и газораспределения.

Ключевые слова: газораспределение, окружающая среда, мониторинг.

APPROACHES TO THE DEVELOPMENT OF URBAN ENVIRONMENTAL MONITORING SYSTEMS SUPPLY

In the area of St. Petersburg and Leningrad region there are thousands of hazardous sites for processing, transporting and storing natural gas, but despite the high environmental risk of man-made object, no methods for complex quantitative evaluation of their impact on the environment and choice on the basis of these methods are environmentally sound and economically effective environment protection measures. This article discusses approaches to creating a system of automatic production control of environmental objects of gas supply and gas distribution.

Key words: gas distribution, environment, monitoring.

В районе Санкт-Петербурга и Ленинградской области функционируют газораспределительные станции и сети, которые следует рассматривать как объекты экологической опасности по следующим причинам:

- высокая (более 50 %) степень износа основных фондов, приводящая к повышенной аварийности на рассматриваемых объектах и определяющая понижение эффективности производства в будущем;
- критическая техногенная нагрузка на окружающую среду, связанная с упомянутой высокой степенью износа основных фондов, использованием устаревших ресур-

со- и энергоемких технологий, недостаточным использованием и внедрением хозяйствующими субъектами природоохранного оборудования и технологий экологического мониторинга, минимизирующих воздействие на окружающую среду.

Анализ аварийности на рассматриваемых объектах показал недостаточный уровень организации эксплуатации газораспределительных сетей с точки зрения экологической безопасности. Через неплотности технологического оборудования в процессе транспортировки природного газа из газопровода в атмосферу выделяется природный

газ, содержащий следующие загрязняющие вещества: бутан, пентан, метан, изобутан, углеводороды предельные C₁-C₅, смесь природных меркаптанов.

Оперативно реагировать на аварийные ситуации, снизить на несколько порядков ущерб, причиненный компонентам окружающей среды и здоровью населения, и обеспечить необходимый уровень экологической безопасности позволит внедрение автоматизированных систем экологического мониторинга.

Экологический мониторинг – это система наблюдений, оценки и прогноза состояния окружающей природной среды. Целью мониторинга является выявление антропогенных загрязнений, критических и экстремальных ситуаций, а также факторов антропогенного воздействия на окружающую среду. Мониторинг включает в себя регистрацию, накопление и интерпретацию полученных данных о состоянии природной среды и призван обеспечивать управляющее воздействие на ее взаимно влияющие природные и техногенные компоненты сферы.

Общие требования к информации и техническим средствам системы автоматизированного производственного экологического мониторинга (СПЭМ) объектов газораспределения и газоснабжения Санкт-Петербурга и Ленинградской области:

1. Информация, которой оперирует СПЭМ, должна быть достоверной. В данном случае это означает, что она должна быть получена по официальным каналам, используемые аналитические материалы (модели расчетов, результаты обобщений и др.) должны иметь ссылку на источник, автора. Данные, получаемые инструментальными замерами, должны быть получены с применением сертифицированного оборудования.

2. Технические средства мониторингового центра (программно-технические средства) должны позволять работать с необходимыми массивами данных, формировать базу данных и представлять информацию с использованием ГИС-технологии. Для обеспечения оперативности в составе мониторингового центра должен быть оформлен аналитико-диспетчерский пункт с автоматизированными рабочими местами.

3. СПЭМ должна быть полностью интегрирована с информационно-справочной системой. Она должна использовать единый банк данных атрибутивной и картографической информации. При создании и подключении новых разделов банка данных должны учитываться существующие принципы и подходы к организации информационного обеспечения мониторингового центра.

4. Вновь разрабатываемое программное обеспечение должно максимально использовать существующие программные приложения. СПЭМ разрабатывается на существующей технической базе мониторингового центра и функционирует с использованием действующего общесистемного программного обеспечения.

Кроме разработки СПЭМ для решения возникающих экологических проблем необходимо создание системы экологического менеджмента на различных уровнях предприятия в целом, производственного объекта и источника техногенного воздействия. Управление окружающей средой заключается в воздействии на объекты таким образом, чтобы характеристики качества сред приближались к эталону.

Цели такой системы – поддержание состояния окружающей среды на некотором, заранее заданном уровне; создание экологической обстановки, способствующей улучшению биотических и социальных показателей.

Комплексный подход к решению проблемы разработки СПЭМ осуществлен на примере ООО «Петербург-Газ» и требует создания общей системы экологического управления, которая включает: организационную структуру СПЭМ; деятельность по планированию природоохранных мероприятий; распределение ответственности; внедрение процедур управления техногенным воздействием (процессами и ресурсами) на основе оценки экологического риска.

Разработка системы СПЭМ на ООО «Петербург-Газ» базируется на решении следующих вопросов: общие требования к системе; размещение и количество постов наблюдений; программа и сроки наблюдений; определение перечня веществ, подлежащих наблюдению, и соответствующего ему аппа-

ратурного оформления; организация метеорологических наблюдений и анализ проб.

Система контроля за выбросами загрязняющих веществ в атмосферу ООО «Петербург-газ» включает: оформление разрешения на выброс загрязняющих веществ в атмосферу; осуществление контроля за объемом фактических выбросов вредных веществ в атмосферу от стационарных источников.

Первый этап контроля – рекогносцировка. Представительность наблюдений (достоверность получаемой информации) за состоянием загрязнения атмосферы определяется правильностью расположения постов наблюдения. В этой связи стационарные посты предлагается размещать в местах, выбранных на основе проведенного предварительного исследования состояния воздушной среды, выбросов источников загрязнения и изучения метеорологических условий рассеивания примесей.

Количество стационарных постов определяется в зависимости от уровня загрязнения атмосферного воздуха, степени однородности выбросов, площади предприятия, рельефа местности.

Для этого производится обследование территории с помощью передвижных средств. Строится сетка с шагом 1000 м. В узлах сетки производится отбор проб для лабораторного анализа. Отбор проб осуществляется аспирационным способом – путем пропускания воздуха через поглотительный прибор с определенной скоростью или заполнением сосудов ограниченной емкости. Пробы берутся среднесуточные (4 разовые пробы в течение суток через равные промежутки времени). Газообразные пробы заполняют в стеклянные емкости, улавливают в поглотительные растворы или на твердую поглощающую среду. Пробы исследуются на содержание в атмосферном воздухе углеводородсодержащих соединений. Также анализ проб можно проводить на месте. К передвижным средствам наблюдения относится передвижная лаборатория. Передвижные лаборатории предназначены для отбора проб, проведения измерений и обработки данных экипажем, как в автономном режиме, так и для доставки образцов проб и дан-

ных на место дальнейшей стационарной обработки. Передвижной экологический пост создается на базе автомобиля и оборудован: газоаналитической стойкой; современными газоанализаторами; метеорологическим комплексом; комплектом воздухозаборных устройств; блоком сбора и обработки информации; автономным электропитанием; системой жизнеобеспечения.

Анализ проб показал, что не наблюдается превышений 0,8 ПДК (для курортных зон). Но существует опасность в районах газорегулирующих пунктов, так как в этих местах сконцентрировано основное оборудование, необходимое для снижения давления газа и поддержания этого давления при изменении расхода и давления газа перед газораспределительными пунктами (ГРП). Из-за сложности конструкций они наиболее подвержены авариям и поломкам и являются вероятными источниками возникновения чрезвычайных ситуаций.

Для осуществления мониторинговых мероприятий, направленных на снижение риска возникновения аварийных ситуаций, связанных с утечками газа, на промышленных пунктах ООО «Петербург-Газ» предлагается оснастить их современными средствами автоматического контроля и сигнализации, а именно организовать посты наблюдения в районах ГРП, оборудованных комплексными по определяемым загрязняющим компонентам газоанализаторами, работающими в автоматическом режиме. Данные, получаемые на автоматическом газоанализаторе, ежесекундно поступают и подвергаются обработке на пункте автоматического управления.

Одновременно с отбором проб воздуха определяются следующие метеорологические параметры: направление и скорость ветра, температура воздуха, влажность воздуха.

Для мониторинга на предприятии ООО «Петербург-Газ» Курортного района устанавливается газоаналитическая система СГАЭС-ТГ. Система СГАЭС-ТГ состоит из датчиков контроля загазованности ССС-903 и порогового устройства УПЭС-40.

Газоаналитические системы предназначены для измерения уровней загазованности

в местах возможного появления паров горючих и токсичных газов, вредных веществ, а также выдачи предупредительной и аварийной сигнализации о превышении установленных значений.

Функциональные особенности и основные преимущества газоанализатора ССС-903:

- автоматическое непрерывное измерение объемной доли и обнаружение предельно – допустимых концентраций (массовой концентрации) горючих газов и летучих органических соединений в смеси с азотом или воздухом;

- возможность подстройки нуля и чувствительности газоанализаторов;

- высокая чувствительность, возможность работы при перегрузке (превышении концентрации преобразуемых компонентов свыше 100 % от диапазона преобразования) с последующим автоматическим восстановлением нормальной работы;

- трехстрочный жидкокристаллический дисплей для отображения вида газа, концентрации и единиц измерения;

- возможность подключения по RS-485, опция «выносного сенсора»;

- универсальность, что позволяет работать с любым типом сенсоров (электрохими-

ческие, термокаталитические, оптические (инфракрасные), фотоионизационные);

- автоматическая настройка метрологических характеристик газоанализатора при смене сенсоров, не требуется индивидуальная калибровка преобразователей (сенсоров) в условиях эксплуатации;

- работа во взрывоопасных зонах помещений и наружных установок, а также в широком диапазоне воздействий факторов окружающей среды;

- возможность эксплуатации как автономно (в качестве самостоятельного газоаналитического прибора), так и в составе АСУ ТП промышленных предприятий.

Таким образом, функционирование системы мониторинга позволяет вовремя выявить повреждения и дефекты, сопровождающиеся утечками газа, ликвидировать их для обеспечения безопасной эксплуатации трубопроводного транспорта и предотвращения загрязнения окружающей среды и нанесения ущерба населению.

Работа выполнена в Центре коллективного пользования научным оборудованием Горного университета при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации.

Р.И.СОЛЬНИЦЕВ, *д-р техн. наук, профессор, remira70@mail.ru*

Г.И.КОРШУНОВ, *д-р техн. наук, профессор, kgi@pantesl.ru*

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения

R.I.SOLNITSEV, *Dr. in eng. sc., professor, remira70@mail.ru*

G.I.KORSHUNOV, *Dr. in eng. sc., professor, kgi@pantesl.ru*

Saint Petersburg State university of aerospace instrumentation

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ СНИЖЕНИЕМ СОДЕРЖАНИЯ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРЕ

Рассмотрен принципиально новый подход к управлению процессом снижения загрязняющих веществ в атмосфере, заключающийся в построении системы автоматического управления (САУ). Объект управления представляется математической моделью вход-выход. Приведены теоретические и практические результаты создания такой САУ.

Ключевые слова: экология, загрязняющие вещества, система автоматического управления, функция переноса, уравнение конвекции-диффузии, дифференциальные уравнения.

THE AUTOMATIC CONTROL SYSTEM FOR AIR POLLUTION DECREASE

The principal new approach for the air pollutions control in form of automatic control system (ACS) is considered. The object of control is represented by the mathematical model input-output. The theoretical and practical results of the ACS creation are cited.

Key words: ecology, pollutants, automatic control system, transfer function, convection-diffusion equation, differential equations.

Задача автоматического управления в области минимизации содержания загрязняющих веществ (ЗВ) в атмосфере обычно решается созданием локальных систем автоматического регулирования (САР). Такие САР выполняют параметрическое регулирование выбросами ЗВ на основе измерений внутри и на выходе источника ЗВ. Локальные САР не обеспечивают адекватного управления содержанием ЗВ, так как не отслеживают значения концентраций ЗВ в наиболее опасных для населения точках максимума, находящихся на значительных расстояниях от источника ЗВ.

В настоящее время решение задачи минимизации ЗВ в атмосфере осуществляется средствами мониторинга, подготовкой на его основе и принятием организационно-

технических решений. Эффективность таких мероприятий недостаточна из-за недостоверности данных мониторинга, невозможности управления в реальном режиме времени, разомкнутости системы управления природа – техногеника (СУПТ), включения «человеческого фактора» в разрыв между процессами мониторинга и очистки, недостаточным качеством и отсутствием управляемых очистных агрегатов.

Предложенный в работе [6] и развитый в дальнейшем [7, 8] класс систем автоматического управления (САУ) в виде замкнутых систем управления природа – техногеника (ЗСУПТ) позволяет устранить недостатки локальных САР и направлен на решение широкого круга следующих задач:

- минимизация «человеческого фактора»;
- управление нейтрализацией загрязняющих веществ (ЗВ) от источников по дистанционным измерениям в режиме реального времени;

- определение максимальных значений ЗВ в экстремальных точках факела;
- управление многомерным объектом с взаимной компенсацией ЗВ.

Создание такой САУ включает следующие этапы:

- построение математической модели объекта управления;

- идентификация математической модели по известным априорным и апостериорным данным;

- синтез законов управления исполнительными элементами;

- формирование структуры САУ, выбор и расчет ее звеньев;

- моделирование ЗСУПТ как САУ при вариации параметров и возмущений;

- проектирование, изготовление и испытания аппаратно-программных средств и элементов;

- проектирование уникальных элементов – газовых сенсоров и газоочистных агрегатов на основе нанотехнологий;

- коммерциализация и серийное производство.

При построении математических моделей объекта управления (ОУ) были проанализированы известные модели распространения ЗВ, отличающиеся по разным классификационным признакам: по масштабу (от глобальных атмосферных межконтинентальных и трансграничных переносов до региональных и до уровня предприятия); по числу учитываемых факторов (метеорологических, синоптических, наличия многих источников и т.д.) и физических процессов (диффузии, конвекции, диссипации и т.д.). Основным отличием предложенных моделей является их направленность на использование в САУ и приведение модели газовой среды к виду вход – выход, пригодному для построения САУ. В ЗСУПТ математическая модель ОУ, выведенная из классического уравнения конвекционного переноса массы ЗВ, представлена в виде

$$\frac{\partial C}{\partial t} + V_x \frac{\partial C}{\partial x} + V_y \frac{\partial C}{\partial y} + V_z \frac{\partial C}{\partial z} = K_1 Q - K_2 C,$$

где $C(x,y,z,t)$ – концентрация (масса) ЗВ; V_x, V_y, V_z – проекции скорости переноса (ветра) в декартовой системе координат x, y, z ; $Q(x,y,z,t)$ – возмущающее воздействие на предприятие – источник ЗВ (топливо, сырье, продукция); K_1 – коэффициент пропорциональности; K_2 – коэффициент преобразования, учитывающий осадки, выпадения, химические преобразования и эффективность пылегазоуловителей (ПГУ).

В [8] выведена зависимость

$$\frac{C(L,y,z,p)}{Q(x_0,y,z,p)} = \frac{K_1}{V_x} \times \left(1 - \exp \left[- \frac{(p+k_2)(L-x_0)}{V_x} \right] \right), \quad (1)$$

связывающая «выход» ЗВ ($x=L$), со «входом» ($x=x_0$).

Измерение ЗВ производится газоанализаторами бортового исполнения в точках $\max\{C_j\}$. Подвижные носители управляются по законам поиска экстремума с помощью последовательного применения, сначала беспилотных летательных аппаратов для предварительной оценки координат точки экстремума в факеле, затем – управляемых аэростатов (зондов) для «подвешивания» и уточнения координат сенсоров ЗВ в этих точках.

Для расстояний, соответствующих району, промышленной зоне, формула (1) получена в предположении движения массы ЗВ только по оси x .

Для определения траекторий движения массы ЗВ, точек экстремума, запаздываний при измерении необходимо получить зависимости $C(x,y,z,t)$ в пространстве координат и времени, а в общем случае – с учетом параметров источника ЗВ, факела, синоптических данных.

В соответствии с теоремой о характеристиках дифференциальных уравнений [4] в частных производных первого порядка, полагая $x-x_0=L, y-y_0=R, z-z_0=H$, где L, R, H – координаты точек измерения ЗВ, для координаты x найдем

$$C(p, x, y, z) = S_{0x} \exp \left[-\frac{(K_2 + p)(x - x_0)}{V_x} \right] \times \\ \times [C_0(p)(K_2 + p) + K_1 Q_0(p)].$$

Полагая $x - x_0 = L$, получим уравнения для определения проекции траектории движения ЗВ на плоскость y, z :

$$C(p, L, x_0, y, z) = S_{0x} \exp \left[-\frac{(K_2 + p)L}{V_x} \right] \times \\ \times [C_0(p)(K_2 + p) + K_1 Q_0(p)],$$

а также передаточную функцию, аналогичную (1). Так же образом определяются проекции траектории на плоскости x, y и x, z и соответствующие передаточные функции.

Приведенные математические модели, в отличие от известных, позволяют более точно определять параметры точек измерения ЗВ. Построенные на их основе алгоритмы обеспечивают в режиме реального времени определение концентраций ЗВ и последующее управление газоочисткой.

Управление нейтрализацией ЗВ в промышленной зоне может быть построено на известных соотношениях [5] между концентрациями кислотных и щелочных составляющих в атмосфере ($C_p^k + C_{вн}^k + C_{\phi}^k - C_p^{щ} - C_{вн}^{щ} - C_{\phi}^{щ}$) $\geq \Delta C$, где индексы: к и щ соответствуют кислотной и щелочной составляющей, р – региону, вн – внешним факторам, ϕ – фону.

Посредством ЗСУПТ можно управлять C_p^k и $C_p^{щ}$, меняя эффективность очистных агрегатов так, чтобы обеспечивать выполнение критерия $|\Delta C| \leq ПДК$. Например, согласно реакции $H_2SO_4 + CaO = CaSO_4 + H_2O$ для нейтрализации 1 г SO_2 необходимо 0,875 г CaO или 0,625 г MgO . В выбросах предприятий, работающих на угле (мазуте), содержатся CaO и MgO , которые могут нейтрализовать оксиды серы.

Техническая реализация ЗСУПТ достигается созданием аппаратно-программных комплексов, применимых для минимизации атмосферных ЗВ разного типа. Структура ЗСУПТ

включает измерительные, усилительно-преобразующие, вычислительные, регистрирующие и исполнительные устройства [3].

Измерительные устройства включают широкий спектр датчиков-газоанализаторов, построенных на основе полупроводниковых наносенсоров с высокой чувствительностью (например, от 10-3 мг/м³ по сернистому ангидриду) с относительной погрешностью определения $\pm 15\%$ [1], измеряющих и передающих информацию о концентрациях ЗВ. Измерительные устройства размещаются в точках с наибольшей концентрацией ЗВ с помощью подвижных носителей (малогабаритных беспилотных летательных аппаратов, аэростатов с установленной аппаратурой мониторинга концентраций ЗВ).

Усилительно-преобразующие, вычислительные устройства обеспечивают обработку, сжатие, формирование информации и передачу ее в управляющие и регулирующие устройства, а также в устройства визуализации и регистрации.

Исполнительные устройства – очистные агрегаты – получают сигналы управления в соответствии с заданным законом (алгоритмом) управления и изменяют свои параметры с целью (по критерию) минимизации управляемых составляющих ЗВ. Исполнительные устройства регулируют параметры очистных агрегатов в соответствии с управлением, минимизирующим концентрации ЗВ по критерию предельно допустимых концентраций (ПДК) или аналогичных критериев. В результате синтеза управлений для одномерного случая получены управления в форме ПИД-регуляторов, инвариантные по отношению к основной продукции предприятия.

Результаты построения модели ЗСУПТ для одного источника были обобщены на многомерный случай [9]. Для этого принято, что в системе координат, связанной с землей, расположены N источников ЗВ (город, промышленная зона, поселок). Промзона или район с предприятиями – источниками ЗВ (ИЗВ) находятся внутри границы контура, на который воздействует внешняя среда. Общепринятое понятие трансграничный перенос в этом случае представляется возму-

шающим воздействием на предприятия-ИЗВ. На рисунке показана функциональная схема взаимодействия предприятий-ИЗВ, расположенных внутри границы. Внешняя среда оказывает однонаправленное воздействие на промзону.

Влияние соседних источников на величину концентрации i -го точечного источника ЗВ рассчитывается с помощью формулы, предложенной и обоснованной в [4]:

$$\frac{Q_i^*(L_{ij}, p)}{C_j(x_j, y_j, z_j, p)} = \frac{K_1^*}{V_{ij}} \left(1 - \exp \left[- \frac{(p + K_2^*) L_{ij}}{V_{ij}} \right] \right), \quad (2)$$

где V_{ij} – составляющие вектора скорости ветра в проекции на ось L_{ij} , соединяющую источники ЗВ; Q_i – вносимая в i -й датчик составляющая ЗВ j -го источника; C_j – выброс (концентрация) ЗВ j -го источника, измеренная в точке максимума; p – оператор Лапласа; K_1^* – коэффициент передачи между C_j и Q_i ; L_{ij} – расстояние между i -м и j -м источниками; K_2^* – коэффициент, рассчитываемый по метеорологическим данным; ξ, η, ζ – декартовы координаты. Расчет концентрации ЗВ для приземного слоя при известной концентрации в экстремальной точке производится по формуле, аналогичной (2).

Величина концентрации ЗВ в точке складывается из следующих составляющих:

$$C_{\Sigma i} = C_i + C_{pi} + C_{ti},$$

где $C_{\Sigma i}$ – измеренная датчиком концентрация ЗВ i -го источника; C_i – составляющая концентрации ЗВ, обусловленная собствен-

ными выбросами i -го источника; C_{pi} – составляющая концентрации ЗВ от соседних источников в рассматриваемом микрорайоне,

$$C_{pi} = \sum_{j=1, j \neq i}^n C_j;$$

C_{ti} – составляющая концентрации ЗВ выбросов, обусловленная трансграничным переносом. Под трансграничным переносом понимается совокупность всех потоков определенного ЗВ в исследуемом районе, помимо потоков ЗВ, обусловленных источниками этого района.

Если i -й ИЗВ отключен, на величину концентрации ЗВ в i -й точке будут влиять только две составляющие:

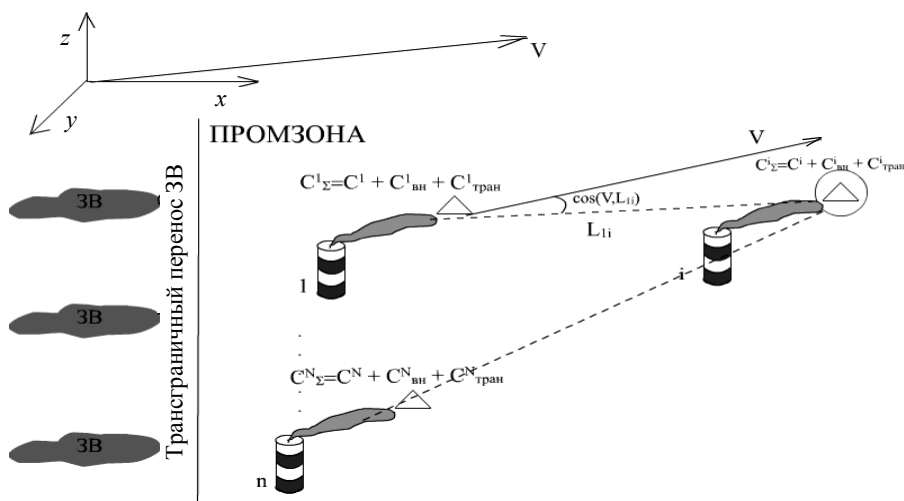
$$C_{\Sigma i}^0 = C_{pi} + C_{ti},$$

где $C_{\Sigma i}^0$ – концентрация ЗВ в i -й точке при неработающем i -м источнике загрязнений.

Вклад в значение концентрации от соседних источников C_{pi} – может быть определен на основе формулы (2). Тогда значение трансграничного переноса для рассматриваемого источника может быть получено по формуле

$$C_{ti} = C_{\Sigma i}^0 - C_{pi}.$$

Таким образом, определяя значение концентрации ЗВ, обусловленное трансграничным переносом для разных ИЗВ в микрорайоне, в соответствии с режимами работы этих ИЗВ, в конечном счете, можно получить более точное усредненное значение C_T для всего микрорайона.



Функциональная схема взаимодействия предприятий-ИЗВ

Измерение и расчет концентрации ЗВ C_p и C_T позволяют определять концентрацию ЗВ от i -го источника ЗВ и управлять ею в ЗСУПТ.

Концепция ЗСУПТ «Природа – техногеника» предусматривает создание технологий управляемой газоочистки. Необходимые для этого технические средства включают как собственно реагенты, в которых происходят процессы поглощения и нейтрализации загрязняющих веществ (ЗВ), так и регуляторы этих процессов [1].

Вопросы коммерциализации ЗСУПТ сложно решаются по обычной рыночной схеме. Это связано с отсутствием механизма перечисления сэкономленных от внедрения природоохранных мероприятий средств исполнителю. Расчет экономического эффекта, необходимый для коммерциализации ИП ЗСУПТ, выполняется по концепции предотвращенного ущерба, в частности в соответствии с методикой, разработанной для Москвы. Предварительные расчеты показывают, что издержки по эксплуатации ЗСУПТ не превышают 10 % от реальных затрат на проектирование, изготовление и внедрение ЗСУПТ на конкретном предприятии-ИЗВ. Другой путь коммерциализации инновационного проекта ЗСУПТ определяется заинтересованностью стран Европейского союза, в первую очередь Финляндии и Норвегии, в решении проблем трансграничного переноса ЗВ. Внедрение ЗСУПТ создаст необходимые условия для процесса минимизации трансграничных ЗВ, другими условиями являются обмен достоверной информацией между странами, гармонизация нормативной базы и стандартов, координация мероприятий по модернизации производств [2, 3].

В процессе выполнения работ по ЗСУПТ проведены научные исследования, модельные и натурные эксперименты, получены, апробированы и оформлены необходимые результаты для внедрения ЗСУПТ на промышленных предприятиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иванов Д.В. Инновационная технология управляемой газоочистки выбросов промышленных предприятий / Д.В.Иванов, Г.И.Коршунов, О.В.Черемисина,

С.З.Эль-Салим // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского политехн. ун-та. 2009. № 5 (87).

2. Коршунов Г.И. Проблемы инвестирования в инновационный проект «Замкнутая система управления «Природа-техногеника» / Г.И.Коршунов, Р.И.Сольников // Национальные приоритеты развития России: образование, наука, инновации: Тезисы. М., 2009.

3. Коршунов Г.И. Создание замкнутых систем управления «природа – техногеника» (методология и аппаратно-программные комплексы) / Г.И.Коршунов, Р.И.Сольников // «Перспективы развития и стратегия партнерства цивилизаций»: Мат. к 4-му Цивилизационному форуму. Шанхай, 12-14 октября 2010 г. Ч.2. Международный конкурс инновационных проектов, ориентированных на партнерство государств и цивилизаций. М., 2010.

4. Матвеев Н.М. Методы интегрирования обыкновенных дифференциальных уравнений, М., 1963.

5. Мониторинг трансграничного переноса загрязняющих воздух веществ // Ю.А.Израэль, И.М.Назаров, Ш.Д.Фридман и др. Л, 1987. 303 с.

6. Сольников Р.И. Минимизация человеческого фактора в системе «Природа-Техногеника» // Труды Межд. конф. IENS'04 / Под ред. проф. Р.И.Сольничева, СПб, 2004.

7. Сольников Р.И. Построение замкнутых систем «Природа-Техногеника» // Открытое образование: Мат. 33-й Межд. конф. «Информационные технологии в науке, образовании, Ялта-Гурзуф, 2006.

8. Сольников Р.И. Вопросы построения замкнутой системы управления «Природа-техногеника» // Изв. Санкт-Петербургского электротехн. ун-та «ЛЭТИ», 2009. № 7.

9. Сольников Р.И. Алгоритмизация начальных этапов процесса проектирования замкнутой системы управления «Природа-техногеника» / Р.И.Сольников, М.А.Тревгода // Информационно-управляющие системы. 2010. № 2.

REFERENCES

1. Ivanov D.V. Innovation technology of the industrial enterprises gas pollutions controlled cleaning / D.V.Ivanov, G.I.Korshunov, O.V.Cheremisina. S.Z.El-Salim // The science-technical papers of Saint Petersburg Polytechnic University. 2009. N 5 (87).

2. Korshunov G.I. The invest problem in the innovation project «The closed control system «Nature-Technogenic» / G.I Korshunov, R.I.Solnitsev // The national priorities of Russia development: education, science, innovations: The theses. Moscow, 2009.

3. Korshunov G.I. The closed control system «Nature-technogenic» creation (methodology, hardware and software) / G.I.Korshunov, R.I.Solnitsev // The development perspectives civilizations partnership strategy: Papers of the 4th Civilization forum. Shanghai, October 12-14, 2010. Part 2. The international concurs of the innovation projects oriented on states and civilizations partnership. Moscow, 2010.

4. Matveev N.M. The ordinary differential equations integration methods. Moscow, 1963.

5. The transboundary air pollutions monitoring / J.A.Israel, I.M.Nazarov, Sh.D.Fridman and a. o. Leningrad, 1987.
6. *Solnitsev R.I.* The human factor minimization in the «Nature-Technogenic» system // The international conference IEHS'04 proceedings, Saint Petersburg, 2004.
7. *Solnitsev R.I.* The closed control system «Nature-technogenic» creation // The open education: Proceedings 33th The intern. conf. The information technologies in science and education. Jalta-Gurzuf, 2006.
8. *Solnitsev R.I.* The problems of the closed control system «Nature-Technogenic» creation // Journal of Saint Petersburg Electrotechnical University «LETI». 2009. N 7.
9. *Solnitsev R.I.* The primary process stages of the closed control system «Nature-technogenic» algorithmization / R.I.Solnitsev, M.A.Trevgoda // Information-control systems, 2010. N 2.

С.И.ФОМИН, *д-р техн. наук, профессор, fominsi@mail.ru*

А.А.ФАУЛЬ, *аспирант, alixandelli@mail.ru*

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

S.I.FOMIN, *Dr. in eng. sc., professor, fominsi@mail.ru*

A.A.FAUL, *post-graduate student, alixandelli@mail.ru*

National Mineral Resources University (Mining University), Saint Petersburg

СПОСОБЫ СНИЖЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ НА ГОРНО-ДОБЫВАЮЩИЕ РЕГИОНЫ

Нарушение земель – это процесс, происходящий при добыче полезных ископаемых, выполнении геологоразведочных, изыскательских, строительных и других работ и приводящий к нарушению почвенного покрова, гидрологического режима местности, образованию техногенного рельефа и другим качественным изменениям состояния земель. К нарушенным землям относят земли, утратившие в связи с их нарушением первоначальную хозяйственную ценность и являющиеся источником отрицательного воздействия на окружающую среду. Рекультивация земель – комплекс работ, направленных на восстановление продуктивности и народнохозяйственной ценности нарушенных земель, а также на улучшение условий окружающей среды в соответствии с интересами общества.

Ключевые слова: рекультивация, карьер, месторождение, нарушенные земли, окружающая среда, экология.

THE ECOLOGICAL NEGATIVE INFLUENCE REDUCTION WAYS ON MINING REGIONS

Coal mining can result in a number of adverse effects on the environment. Open cast coal mines leaves areas of land that are no longer usable and leaves a scarred landscape with no scenic value. Rehabilitation can mitigate some of these concerns. Mine tailing dumps produce acid mine drainage which can seep into waterways and aquifers with consequences on ecological and human health. Subsidence of land surfaces due to collapse of mine tunnels can also occur. During the mining operation methane, a potent greenhouse gas and a constituent of fire damp, can be released. Wherever it occurs in the world, surface mining of coal completely eliminates existing vegetation, destroys the genetic soil profile, displaces or destroys wildlife and habitat, degrades air quality, alters current land uses, and to some extent permanently changes the general topography of the area mined.

Key words: reclamation, polluted soils, environment, open cast, damage, rehabilitation, postmining land, overburden.

По мере обработки основных разведанных месторождений нефти и газа, запасы которых в десятки раз меньше запасов угля, структура потребления энергоресурсов будет изменяться в сторону увеличения потребления угольного топлива. Это потребует перевода части электростанций и котельных, работающих на природном газе и

мазуте, на угольное топливо. Для их реконструкции понадобятся большие капитальные вложения. В ближайшие годы рост тарифов естественных монополий будет привязан к индексу инфляции. Это скажется на инвестиционной составляющей энергопроизводящих предприятий, что так же диктует необходимость совершенствования техно-

логий в использовании топлива. Интенсивное использование газа в отечественной энергетике привело к нарушению сложившегося топливно-энергетического баланса, существенному снижению развития технологий эффективного использования и потребления таких ресурсов, как уголь, торф, биомасса и др.

Основные проблемы, сдерживающие использование угля, сложились из-за политики формирования цен на топливные ресурсы, удержания высоких железнодорожных тарифов на его перевозку и повышенных затрат на приготовление и экологическую безопасность угля как топлива. В мировой практике соотношение цен на уголь, газ и мазут в пересчете на теплотворную способность топлива в среднем 1:1,2:1,3, а в России – 1:0,65:2,4. Повышение роли угля в топливно-энергетическом балансе потребует широкого внедрения экологически чистых угольных технологий по всей производственной цепи, базирующихся на следующих принципах:

- освоение месторождений с наиболее экологичными углями (с небольшим содержанием золы, серы и т.п.) и соответственно прекращение добычи чрезмерно высокозольных и высокосернистых углей;

- добыча угля с помощью экологически приемлемых технологий с использованием комплексов КСМ (фрезерные комбайны) для добычи угля и удаления вскрыши на разрезах, позволяющих полностью исключить взрывные работы и одновременно повысить производительность труда и на 30 % снизить себестоимость угля;

- применение технологий глубокого обогащения и термохимической переработки углей (отдельные из них позволяют снизить содержание серы в углях более чем на 30 %, а содержание золы на 65 %;

- экологичное транспортирование к крупным потребителям (например, углепроводным транспортом);

- сжигание на ТЭС с помощью наиболее экологичных и энергетически эффективных технологий (водоугольное топливо, комбинированный цикл, циркулирующий кипящий слой под давлением и в нормальных атмосферных условиях и т.п.).

При реализации таких технологических решений существенное расширение использования угля не будет сопровождаться ухудшением экологической обстановки.

Анализ экологической ситуации в угледобывающих регионах позволяет сделать выводы об основных проблемах охраны окружающей среды:

1. Несоблюдение стандартов, нормативов качества окружающей среды.

2. Внедрение безотходных и малоотходных технологий и производств, вовлечение отходов производства и потребления в хозяйственный оборот в качестве дополнительных источников сырья, обезвреживание и захоронение не утилизируемых промышленных и бытовых отходов.

3. Рекультивация нарушенных земель, возвращение их в хозяйственный оборот. Современные темпы рекультивации нарушенных земель не способствуют восстановлению ландшафтов и экологических систем территорий.

4. Возмещения экономического ущерба от выбросов и сбросов загрязняющих веществ, размещения отходов, т.е. своевременной и в полном объеме платы за загрязнение окружающей среды.

5. Осуществление природоохранных мероприятий предприятий. Природоохранные мероприятия на предприятиях в большинстве случаев носят косметический характер и к существенному снижению нагрузки на окружающую природную среду не приводят.

Основные мероприятия, способствующие улучшению экологической ситуации, следующие:

- расширение работ по рекультивации породных отвалов угледобывающих предприятий, переработке и утилизации отходов угледобычи и углеобогащения, размещение вскрышных пород на внутренних отвалах угледобывающих предприятий;

- внедрение относительно чистых, безотходных технологий добычи и переработки минерального сырья;

- организация экологического мониторинга за закрывающимися угольными предприятиями и выработка комплекса мероприятий по предотвращению дополнитель-

ного экологического ущерба в связи с проводимыми мероприятиями по реструктуризации угольной промышленности;

- восстановление мощностей природоохранных сооружений, локальных очистных систем предприятий, законсервированных или не реконструируемых в последние годы.

В 2010 г. переработка золошлаковых отходов доведена до 40 млн т, что позволило сэкономить до 15 млн т цемента и до 20 млн т природных инертных материалов. При этом сокращены вредные выбросы в атмосферу на 15 %, достигнуто улучшение экологической обстановки, внедрено использование дешевых строительных материалов и конструкций на основе золошлаковых отходов, включая строительство автодорог и объектов строительства за счет ввода в эксплуатацию специальных установок по переработке золошлаковых отходов.

Добыча 1 млн т угля в среднем сопровождается сбросом в открытые водоемы 3,2 млн м³ загрязненных сточных вод, выдачей на дневную поверхность и размещением на ней 1,48 млн м³ вскрышных и вмещающих пород, нарушением 10,2 га земельных угодий, выбросом в атмосферу 2,93 тыс т вредных веществ (см. таблицу).

В настоящее время практически все скальные и полускальные горные породы на карьерах разрабатываются одноковшовыми экскаваторами с предварительной буровзрывной подготовкой массива к выемке. Буровзрывной способ подготовки горной массы наряду с известными достоинствами имеет серьезные недостатки: повышенная опасность, значительные затраты (30-60 % в себестоимости 1 м³ горной массы), дополнительные простои оборудования (до 10-15 %), увеличение потерь и разубоживание полез-

ного ископаемого, высокая дробимость дорогостоящих минералов, сейсмическое воздействие взрывов на окружающую среду, ухудшение экологической обстановки в горно-добывающих районах. Взрывные работы являются наиболее мощным источником пылевых выбросов, интенсивность которых зависит от внешних факторов (климат, влаговываждение – орошение, обводненность и т.д.), а также от крепости пород. При массовых взрывах объемы пылевого облака достигают (0,5-10)10³ м³, а перенос пыли ветром возможен на десятки километров от источника. Суммарные массы атмосферных выбросов пыли от источников в карьере могут достигать тысяч тонн в год, а удельные валовые выбросы до 0,1-0,15 % объема добываемой горной массы.

Переход на безвзрывную технологию разработки возможен на основе использования карьерных экскаваторов с ковшем активного действия, оснащенных мощными пневмомолотами, разрушающими породу в процессе черпания. Применение новых экскаваторов при разработке горных пород прочностью до 60-70 МПа позволило при выемке исключить процессы бурения, взрывания и крупного дробления. Результаты проведенных испытаний экспериментальных образцов ковшей активного действия показали, что наиболее перспективными для применения нового оборудования являются угольные месторождения Кузбасса (60-70 % от общего объема горных пород), алмазов Якутии, строительных материалов. Использование на угольных разрезах экскаваторов с ковшем активного действия также позволит снизить потери угля при отработке пластов. Например, при безвзрывной выемке пластов с углом падения 45° и более можно

Совокупное техногенное воздействие угольных предприятий РФ на окружающую среду

Показатель	Год				
	1990	1995	2000	2005	2010
Объем сточных вод, сброшенных в поверхностные водоемы, млн м ³	1245,8	1096,7	1103,0	1179,0	1343,5
В том числе загрязненных, млн м ³	724,0	844,6	520,2	300,0	147,0
Доля загрязненных сточных вод, % к общему объему	58,1	74,3	47,1	25,6	10,9
Количество промышленных выбросов в атмосферу, тыс.т:					
отходящих вредных веществ	1629,4	1282,6	1408,0	1415,0	2478,6
выбрасываемых вредных веществ	410,6	738,6	689,4	650,0	578,6
Доля выбрасываемых веществ, % к массе отходящих	25,2	57,6	49,0	45,9	23,4

дополнительно извлечь 12-37 % угля. Кроме того, применение на карьерах безвзрывной технологии позволит существенно уменьшить вредное влияние горных работ на окружающую среду, не снижая их масштабов, что особенно важно в сложившейся в большинстве горно-добывающих районов экстремальной экологической обстановке. Так, на карьерах Центрального Кузбасса выброс в атмосферу твердых частиц, по сравнению с традиционной технологией, сократится на 60-65 %, двуокиси углерода и оксидов азота – на 65-70 %.

Существуют различные схемы бестранспортной системы разработки с непосредственной перевалкой пород во внутренние отвалы, создающие благоприятные условия проведения работ по рекультивации разрезов одновременно с разработкой карьерных полей.

При разработке обширных угольных месторождений карьерными полями происходит интенсивное изъятие земель под горные отвалы. Сокращение площадей нарушений земель горными работами и их быстрая возврат в народнохозяйственное использование достигается при оптимальном режиме нарушения и рекультивации земель. Для минимизации ущерба от отчуждения земель под горные разработки необходимо создание технологии и календарного плана ведения горных работ, при которых нарушение земель осуществляется поэтапно с перенесением сроков нарушения на более поздние периоды, а восстановление техногенных ландшафтов – в процессе отработки угольного месторождения.

Практика работы угольных разрезов показывает, что рекультивация нарушенных земель в большинстве случаев не следует за отставанием. Это объясняется нерациональной технологией ведения горных работ, неоптимальными решениями, закладываемыми в проект горно-технической рекультивации и календарный план отработки угольных месторождений. При разработке горизонтальных и слабонаклонных угольных месторождений в первоначальный период разработки проводятся капитальные и разрезные траншеи. Вскрышные породы,

удаляемые при проведении траншей, размещаются во внешние отвалы, расположенные вдоль борта. Во внешние отвалы укладывается и часть вскрыши, удаляемой до создания выработанного пространства, обеспечивающего размещение вскрыши в выработанное пространство без подваливания добычного уступа. Рекультивация земель до начала размещения всего объема вскрыши в выработанное пространство не производится. Продолжительность этого периода зависит от объемов работ и темпов их выполнения и составляет 2-4 года, а при больших объемах разрезной траншеи и большой мощности вскрыши и более. По мере размещения вскрышных пород в выработанное пространство, при примерно постоянной скорости подвигания фронта горных работ, можно начинать рекультивацию внешних и внутренних отвалов после завершения процессов осадки. Нарушение горными работами земель и рекультивация внутренних отвалов по окончании строительного периода происходят относительно равномерно.

Период начала рекультивации, как правило, отстает на 1-2 года от периода затухания горных работ. Площадь восстановленных внутренних и внешних отвалов может достигать 80-85 % площади нарушений. Таким образом, при разработке горизонтальных и слабонаклонных угольных месторождений, при бестранспортных системах разработки с непосредственной перевалкой пород в выработанное пространство, создаются благоприятные условия для планомерного изъятия земель под карьерные поля и их последующей равномерной горно-технической рекультивации для использования в народном хозяйстве в период эксплуатации разреза. Создание рационального режима изъятия и рекультивации земель возможно путем сокращения площадей внешних отвалов в строительный период и площадей, занимаемых выработанным пространством в период затухания горных работ, а также уменьшением промежутка времени между окончанием отработки разреза и рекультивацией.

Кроме ландшафтных, наибольшее распространение имеют экологические нару-

шения, вызывающие нарушение условий жизнеобитания земель, падение их биологической продуктивности и резкое снижение общей комфортности среды, что вызывает угнетающее действие не только на флору и фауну, но и на людей. Таковы загрязнения прилегающих к разрезам почв, воздушного и водного бассейнов, изменения гидрогеологических условий района разработки.

Потребность в отводе земель под горные выработки существует до момента достижения верхними бровками рабочих бортов карьера своего конечного контура. При внешнем отвалообразовании ежегодная потребность в отводе земель в основном зависит от объемов вскрышных пород, параметров и схем развития отвала. Минимальные темпы нарушения земель достигаются при одновременной отсыпке всех отвальных ярусов, а максимальные – в периоды отсыпки первого яруса.

Выводы

К технологии открытой разработки угольных месторождений, наряду с экономичностью и безопасностью, должны предъявляться следующие требования:

- при строительстве и эксплуатации разреза режим нарушения и восстановления земель должен быть наиболее благоприятным, т.е. продолжительность периода между нарушением и восстановлением земель должна быть минимальной, а основная часть нарушений (особенно плодородных участков) должна переноситься на более поздний период разработки;

- добыча должна быть наименее земельной, т.е. расход земельных ресурсов на единицу добытого угля должен быть минимальным;

- формирование выработанного пространства и отвалов пустых пород должны отвечать требованиям проекта рекультивации согласно принятому направлению дальнейшего использования нарушенных земель.

Реализовать эти требования можно следующими путями:

- применять систему разработки с внутренним отвалообразованием не только при разработке горизонтальных и пологих залежей, но и при разработке наклонных и крутых залежей в соответствующих условиях;

- реализовывать технологии отработки, при которых отработанные участки или отдельные карьерные поля заполняются вскрышными породами с соседних участков или разрезов. Технологические решения должны быть направлены на оставление после отработки месторождений минимального выработанного пространства, не использованного для внутреннего отвалообразования;

- применять селективную технологию выемки плодородных и потенциально плодородных пород и их складирования в верхнюю часть отвала вскрышных пород;

- формировать оптимальный для дальнейшего использования рельеф поверхности отвалов;

- создавать условия для быстрого и эффективного возврата земель в народнохозяйственное использование. Формировать отвалы на больших площадях таким образом, чтобы они в минимальные сроки достигли конечной высоты с дальнейшим одновременным развитием всех отвальных ярусов.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И ОЦЕНКА РИСКА ТЕХНОГЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

ENVIRONMENTAL SAFETY AND RISK ASSESSMENT OF TECHNOLOGICAL IMPACTS

УДК 504.75.05

И.Б.МОВЧАН, канд. геол.-минерал. наук, доцент, *imovch@mail.ru*

А.А.ЯКОВЛЕВА, канд. физ.-мат. наук, доцент, *sherlock@inbox.ru*

С.И.ПРОКОПОВА, магистр, *prokopova@mail.ru*

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

I.B.MOVCHAN, PhD in geol. & min. sc., associate professor, *Imovch@mail.ru*

A.A.YAKOVLEVA, PhD in phys. & math. sc., associate professor, *Sherlock@inbox.ru*

S.I.PROKOPOVA, master, *prokopova@mail.ru*

National Mineral Resources University (Mining University), Saint Petersburg

НОРМИРОВАНИЕ РАБОЧЕГО СТАЖА В СЕВЕРНЫХ РЕГИОНАХ: КАРТОГРАФИЧЕСКИЙ ПРОЕКТ С ОЦЕНКОЙ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ

Проект ориентирован на сравнительный анализ материалов эколого-климатической, демографической и медицинской статистики по территории России, в частности, северным регионам. Исследование включает разработку оригинального алгоритма автоматизированного прослеживания изолиний для оцифровки аналоговых карт; использование эколого-демографических и обобщенных медицинских сведений для локализации областей комфортного восприятия климата; районирование оцифрованных карт на основании указанных (эталонных) областей и расчета индекса тяжести.

Ключевые слова: коэффициент тяжести, изолиния, алгоритм вращения, свертка, районирование.

SENIORITY FIXING IN NORTH REGIONS: MAP-RELATED PROJECT WITH ESTIMATION OF CLIMATIC FACTORS

The project is focused on the comparative analysis of ecological-climatic data, population and medical statistics within Russia, in particular, its North region. The investigation includes: development of original algorithm of automatic tracing the isolines for analogous maps digitizing; using ecological-demography and generalized medical information for allocation of areas of comfort perception of climate; digitized map zoning on the base of mentioned (reference) areas and hazard index computing.

Key words: coefficient of gravity, contour, the algorithm speed, convolution, zoning.

Настоящая работа опирается на анализ | го проекта определения превышения от-
свода карт по территории России и сопредельных государств в рамках экологическо- | дельно взятого климатического параметра
над его эталонным значением. Это превы-

шение рассматривается нами по аналогии с общеизвестным коэффициентом тяжести трудового процесса. Проект включал в себя несколько задач:

- апробацию алгоритма оцифровки картографического материала, представленного в твердой (бумажной) форме;
- отбор эталонных областей для определения среднего (средневзвешенного) значения конкретного климатического параметра;
- подбор оптимальной картографической модели площадного распределения климатического параметра в пределах России и стран СНГ и пересчет этого распределения в отмеченный выше параметр превышения.

Проект в целом ориентирован на составление эколого-математического обеспечения, ориентированного на нормативную обработку некоторых площадных распределений, с одной стороны, и выход коммерческого картографического продукта, с другой.

Оцифровка аналоговых карт: автоматизированное прослеживание изолиний. Под аналоговым картографическим материалом понимаем заданные в бумажной или растровой форме количественные (в изолиниях) отображения площадного распределения некоторого измеренного скалярного поля (здесь климатического параметра), нанесенные на определенную географическую основу. Схема автоматизированного прослеживания и оцифровки отдельной изолинии разработана применительно к аналоговой карте, заданной одним из следующих способов:

- черно-белая карта изолиний с подписями в координатной рамке;
- карта цветных изолиний с подписями, наложенная на координатную сетку;
- карта черно-белых изолиний без подписей с цветным заполнением сечений изолиний, наложенная на координатную сетку;
- одна из перечисленных выше карт, наложенная как на координатную сетку, так и на географическую основу с неопределенной степенью сложности легенды.

В общем случае пользователь должен выделить эталонную точку, маркирующую в

привязке к некоторым координатам значение скалярного поля, свойственное определенной изолинии. Сама изолиния может иметь разрывы (дефекты графики, функциональные разрывы для подписи изолиний, области резкого пространственного градиента поля), а также пересечения, например, с линиями координатной сетки. Поэтому таких эталонных точек должно быть несколько.

Для прослеживания изолинии создан алгоритм автоматизированной оцифровки в форме численной реализации процедуры свертки. Во-первых, свертка или оценка в скользящем (сканирующем) «окне» (интервале задания) должна начинаться с одной из эталонных точек, для чего требуется введения логического атрибута «первичный» и «вторичный». Во-вторых, сканирование может быть поступательным или вращательным и в качестве основного параметра должно определять простираение изолинии относительно расположенной на ней «первичной» эталонной точки. В нашем случае эта точка служит центром вращения отрезка конечной длины; отрезок поворачивается от 0 до 360° с шагом 5° и с отбором значений полутонового поля вдоль своей линии для каждого угла поворота. В-третьих, организация вращения отрезка и формирования выборки ориентировано на расчет расстояния D между соседними изолиниями как функции угла поворота. В-четвертых, вращающийся относительно эталонной точки отрезок должен быть зафиксирован перпендикулярно к оцифровываемой и соседним к ней изолиниям, что отвечает минимальному расстоянию D . В-пятых, вращающийся отрезок не должен иметь фиксированную длину, чтобы захватить три изолинии (одну оцифровываемую и две – соседние). В-шестых, после занятия вращающимся отрезком оптимальной позиции, алгоритм «выбирает» на планшете точку в направлении, перпендикулярном линии этого отрезка; перпендикуляр откладывается от «первичной» эталонной точки в сторону «вторичной». Длина перпендикуляра выбирается равной трети среднего расстояния между соседними изолиниями. Наконец, в-седьмых, относительно

новой точки организуется та же процедура вращения, во время которой уточняется позиция прослеживаемой изолинии относительно позиции соседних изолиний.

Элементы преобразования картографических образов в цифровой формат апробированы при оцифровке аналоговой карты гравитационного поля в рамках геологоразведочной тематики Минприроды РФ (рис.1). Характер градиентных зон, форма локальных аномалий, специфика пространственного районирования поля в его аналоговом и цифровом представлениях совпадают. Эффект совпадения зависит от нескольких факторов: адекватности визуальной оценки, степени дискретизации при оцифровке, метода интерполяции при преобразовании нерегулярной сети оцифровки в регулярную, корректности оцифровки точек экстремума и седловых точек и т.д.

Реакция населения на климатические факторы. Известно отсутствие выраженной коррелируемости на региональном уровне между количественными показателями климатических факторов, с одной стороны, и заболеваемостью, а также продолжительностью жизни, с другой. Этому существует объяснение в реакции населения на климат, выражающейся в демографической его структуре: по мере движения с юга на север России наблюдается снижение до-

ли пожилых людей, что определяет формирование медицинской статистики все более молодым и адаптирующимся контингентом.

Другим показателем комфортности климатических условий можно назвать долю населения, проживающего в индивидуальном жилом фонде. Принимая за пороговое значение 30 % и увеличивая эту долю, можно выделить относительно локальную часть территории страны, включающую Черноземье, Предкавказье и Кавказ. Касаясь многопараметрической оценки, состоящей из половозрастной структуры населения, продолжительности жизни мужчин и женщин, уровня инфекционных заболеваний, процента гибели от несчастных случаев и психологических срывов, доли коренного (более трех поколений) населения, территорию Российской Федерации можно разделить на несколько закономерных климатодемографических районов. Из них наиболее проблемный, северный район составлен тремя областями, одним коренным и двумя миграционными. Миграционная область, составленная Ненецким округом, Камчатской, Мурманской и Магаданской областями, характеризуется населением, мигрировавшим в их пределы несколько поколений назад, а также минимальным воздействием инфекционного фактора и максимальной проявленностью сердечно-сосудистых патологий.

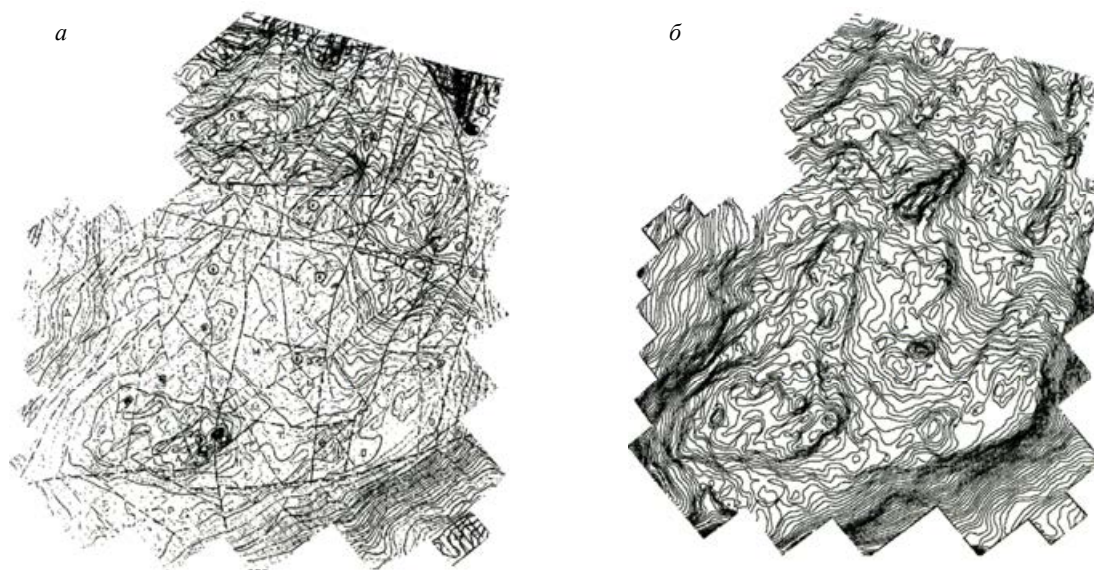


Рис.1. Апробация алгоритма автоматизированной оцифровки карты изолиний: *a* – аналоговая карта изолиний гравитационного поля (в условных единицах); *б* – графический образ цифровой модели карты

Формируя критериальную основу для определения допустимых норм климатических факторов, будем рассматривать одну или несколько областей с оптимальными условиями проживания. Для этого используем данные статистики и проведем анализ всех доступных картографических отображений, начиная от изменения среднего работоспособного возраста по территории бывшего СССР до заболеваемости гриппом. По каждому из признаков нами выделено семейство «эталонных участков», расположение которых закономерно группировано и контролируется европейской областью центрального климато-демографического района РФ. Выделяя по перекрытию этих областей единую, эталонную, область оптимальных условий проживания, можно видеть, что она охватывает относительно широкий спектр климатических условий, простираясь от северного участка побережья Каспийского моря до Вологды.

Оценка коэффициента тяжести переносимости климата. При картографическом отображении климатических факторов за основу принята аддитивная модель, включающая в качестве компонент так называемый адаптационный тренд, а также высокоамплитудные отклонения данного параметра от этого тренда. Под адаптационным трендом понимается некоторая гладкая аналитическая функция, как правило, аппроксимируемая степенными многочленами третьего-пятого порядков, отображающая закономерное изменение в пределах бывшего СССР значений отдельного климатического параметра (как функции широты и долготы). Качественное представление этой тренд-закономерности как адаптационной определяется, прежде всего, отсутствием в ней резких градиентных зон, локальных высокоамплитудных «всплесков» значений параметра. Иными словами, адаптационный тренд отображает монотонную смену климатических условий, позволяющую мигранту по истечении конечного адаптационного периода чувствовать себя комфортно в любой точке указанной выше территории. Резкие пространственные градиенты влажности, температуры и прочих климатических

параметров определяют их отклонения от соответствующих адаптационных трендов и, по сути, являются искомым стресс-фактором нормируемых климатических условий. Исключение составляют те отклонения, которые по своим амплитудным значениям можно принять пренебрежимо малыми по сравнению с абсолютными амплитудными значениями соответствующего параметра климатических условий.

Основной объем картографического проекта представлен тремя частями. Первая состоит из трех карт и включает карту абсолютных, усредненных значений отдельного климатического параметра (рис.2, *а*), карту адаптационного тренда (рис.2, *б*), карту отклонений значений климатического параметра от этого тренда (рис.2, *в*). Вторая часть (две карты) включает отбор из первой и третьей карт эталонной выборки согласно наложенным на эти карты контурам областей оптимальных условий проживания. Интервал значений отдельного климатического параметра, попадающих внутрь данных контуров, определяет допустимый уровень круглосуточного воздействия конкретного параметра на человека. Третья часть отображает результаты районирования территории РФ и стран СНГ по превышению допустимого уровня (рис.2, *г*).

Расчет превышений выполнен по аналогии с индексом опасности в медицине. Итоговый параметр призван определять, во сколько раз сокращается рабочий стаж мигранта в данной географической области без ущерба для здоровья. Соответственно смыслу этого параметра, распределение его значений по территории стран СНГ названо распределением значений коэффициента напряженности. Его величина варьирует, согласно расчетам, от 0 до 2,5. При этом область, занятую значениями коэффициента напряженности от 0 до 1, можно считать областью, обладающей оптимальными условиями проживания по конкретному климатическому параметру. Например, для окрестностей г. Новый Уренгой коэффициент тяжести составляет в среднем 1,5 и в его расчете участвуют два ключевых параметра: степень ионизации воздуха и атмосферное

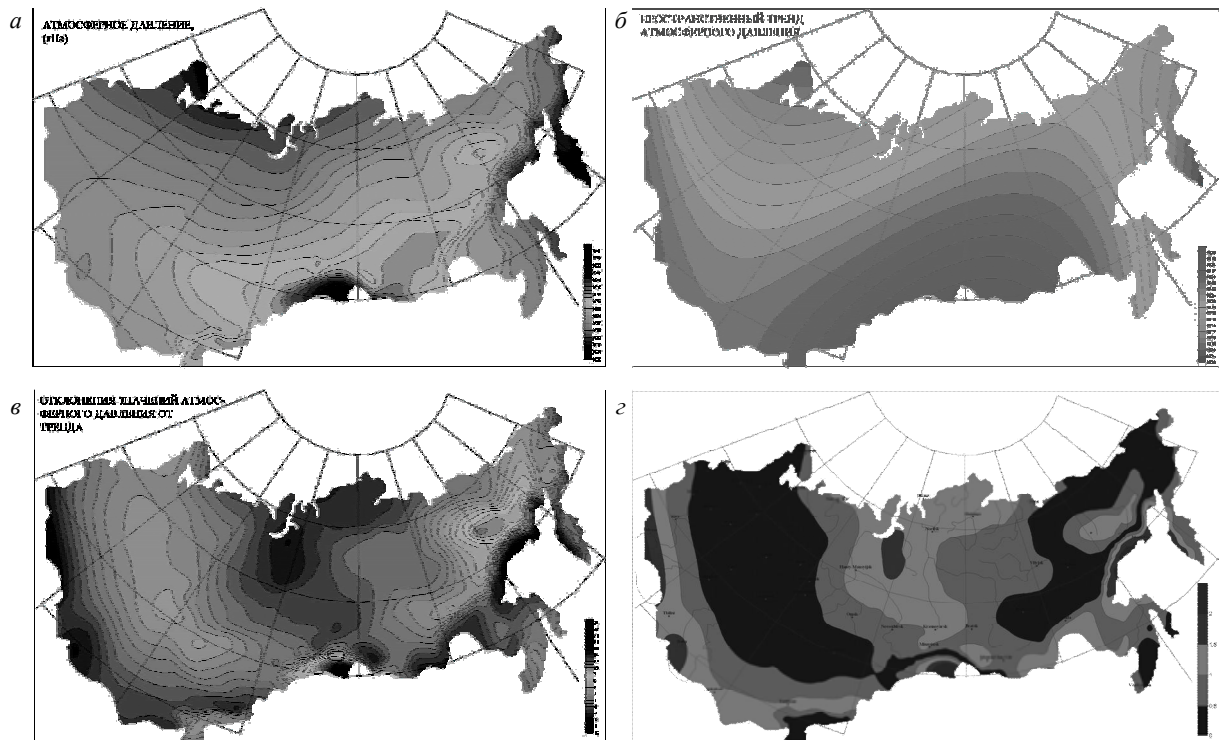


Рис.2. Образец оцифрованной карты климатического параметра и ее первичной обработки

давление. Ежедневное воздействие этих факторов определяемое, «коэффициентом тяжести», равным 1,5, означает что при рабочем стаже 40 лет имеет место сокращение допустимого рабочего стажа до 27 лет, что отвечает имеющейся медицинской статистике.

Выводы

В экологической отрасли, насыщенной развитой нормативной документацией относительно технологий производств, методов мониторинга, организации защитных зон, налогообложения и т.д. и оперирующей картографической информацией, отсутствуют жесткие нормативные требования к картографическому материалу. Этот нюанс при всей условности формальных оценок в экологии (от фоновых уровней загрязнений и их усреднения в пределах административных границ до картографического отображения

нестационарных полей) определяет актуальность картографических обобщений. Попытка увязать некоторые параметры надсистемы, климатические, производственные, социальные, с медицинскими показателями попадает в русло такого перспективного направления в развитии терапевтической медицины как создание единых баз данных и их увязка с природно-техническими аномалиями. Выявление последних зачастую опирается на архивные материалы, в том числе инструментального мониторинга, невостребованный объем которых превышает 50 %, что делает очевидной актуальность технологий перевода этих, преимущественно аналоговых материалов в цифровую (не растровую) форму, допускающую разного рода пересчеты.

Работа выполнена в Центре коллективного пользования научным оборудованием Горного университета при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации.

М.А.ПАШКЕВИЧ, *д-р техн. наук, профессор, mpash@spmi.ru*
Т.А.АНЦИФЕРОВА, *аспирант, tanya.antsiferova@yandex.ru*
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

M.A.PASHKEVICH, *Dr. in eng. sc., professor, mpash@spmi.ru*
T.A.ANTCIFEROVA, *post-graduate student, tanya.antsiferova@yandex.ru*
National Mineral Resources University (Mining University), Saint Petersburg

ОЦЕНКА РИСКА ТЕХНОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

Рассмотрен метод оценки экологической опасности производственных объектов топливно-энергетического комплекса, позволяющий выявлять основные предпосылки и источники сбоев в работе, которые могут привести к авариям или чрезвычайным ситуациям.

Ключевые слова: экологическая опасность, техногенные загрязнения, аварии, чрезвычайные ситуации.

RISK ASSESSMENT OF ANTHROPOGENIC IMPACT OF THE FUEL AND ENERGY COMPLEX

This paper discusses a method for assessing the ecological risk of production of the fuel and energy complex, to identify key assumptions and sources of failures that can lead to accidents or emergencies.

Key words: environmental hazards, anthropogenic pollution, accidents, emergencies.

В настоящее время безопасность в природно-техногенной сфере является важнейшей проблемой во всем мире. События последнего времени отчетливо показали человечеству, что научно-технический прогресс несет не только благо. Интенсивная хозяйственная деятельность, рост промышленного производства, повышение его концентрации и сложности, стремительное развитие городов и промышленных агломераций неразрывно связано с усилением воздействия на окружающую среду, увеличением вероятности возникновения чрезвычайных ситуаций (ЧС) и аварий как техногенного, так и природного характера.

Так, во многих промышленных регионах России сформировалась сложная экологическая обстановка. Опасность сложившейся ситуации характеризуется, в частно-

сти, следующими данными Госкомэкологии России: в настоящее время территория с крайне неблагоприятными экологическими условиями составляет до 17 % общей площади страны и на ней проживает 30-40 % населения России; более 40 % объема сточных вод, сброшенных в водоемы, отнесено к категории загрязненных, и, как следствие, около половины населения России использует для питья воду, не соответствующую гигиеническим нормам. В ряде регионов антропогенные нагрузки давно превысили установленные нормативы. Сложилась критическая ситуация, при которой возникают значительные изменения ландшафтов, происходит истощение и утрата природных ресурсов, значительно ухудшаются условия проживания населения, что в итоге приводит к росту заболеваемости.

В связи с этим в обществе нарастает беспокойство по поводу состояния природной среды, неоправданно интенсивного использования природных ресурсов, уменьшения биоразнообразия и растущей аварийности объектов техносферы. Так, по данным ВЦИОМ, в течение последних четырех лет доля россиян, оценивающих экологическую обстановку в месте своего проживания как благополучную, снизилась с 44 % в 2005 г. до 39 % в текущем году. Как и ранее, преобладают негативные оценки (58 %): 49 % опрошенных состояние окружающей среды кажется скорее неблагоприятным, 9 % – катастрофическим.

Одним из наиболее опасных техногенных источников воздействия на человека и объекты природной среды являются предприятия минерально-сырьевого комплекса (МСК), в частности нефтеперерабатывающие предприятия (НПП). НПП являются сложными высокотехнологичными промышленными предприятиями с высокой энергоемкостью и концентрацией токсичных, пожаро- и взрывоопасных веществ. В большинстве случаев, даже при нормальном функционировании этих объектов, имеет место выброс в атмосферу или сброс в водную среду тех или иных загрязняющих веществ*.

Основными веществами, загрязняющими атмосферный воздух в результате деятельности НПП, являются углеводороды (58,5 %); оксиды серы (16,5 %); оксиды азота (1,8 %); оксиды углерода (17,1 %); твердые вещества (4,2 %). Выбросы в атмосферный воздух специфических веществ (аммиака, ацетона, фенола, ксилола, толуола, бензола) составляют приблизительно 2 %.

Со сточными водами нефтеперерабатывающих предприятий в водоемы поступает значительное количество нефтепродуктов, сульфидов, хлоридов, соединений азота, фенолов, солей тяжелых металлов, взвешен-

ных веществ и др. На нефтеперерабатывающих заводах наблюдается загрязнение почвенного слоя нефтепродуктами на значительную глубину, а в подпочвенных горизонтах образуются линзы нефтепродуктов, которые мигрируя с грунтовыми водами, загрязняют окружающую среду и создают аварийные ситуации на водозаборных сооружениях.

В результате этих выбросов и сбросов в зоне влияния НПП сегодня имеет место превышение среднегодовых предельно-допустимых концентраций в атмосферном воздухе и поверхностных водных объектах, загрязнение подземных вод. Высокая степень загрязнения атмосферного воздуха и воды приводит к накоплению загрязняющих веществ в почвах.

Но наиболее масштабные и опасные техногенные загрязнения происходят при авариях и ЧС. Так, аварийные выбросы и сбросы (разливы) нередко приводят к катастрофическим последствиям. Известно, что ежегодно в мире на нефтеперерабатывающих предприятиях происходит до 1500 аварий, 4 % которых связаны с массовой гибелью людей; материальный ущерб в среднем составляет свыше 100 млн долларов в год. Аварийность предприятий непрерывно растет. Так, в США за 30 лет число аварий в нефтепереработке увеличилось в 3 раза, число человеческих жертв – почти в 6 раз, материальный ущерб – в 11 раз**. Не лучше обстоят дела и в российской нефтеперерабатывающей промышленности. Ежегодно на предприятиях отрасли происходит около 50 крупных аварий и 20 тыс. случаев, сопровождающихся значительными разливами нефти, гибелью людей, большими материальными потерями. Ситуация осложняется тем, что на отечественных объектах по переработке нефти часто отсутствуют надежные системы предотвращения и локализации аварийных ситуаций.

* *Абросимов А.А.* Экология переработки углеводородных систем: Учебник / Под ред. М.Ю.Доломатова, Э.Г.Теляшева. М., 2002. 608 с.

Abrosimov A.A. Ecology of hydrocarbon material processing: Textbook / Ed. by M.Yu.Dolomatov, E.G.Telyashev, Moscow, 2002. 608 p.

** *Модели и механизмы управления безопасностью / В.Н.Бурков, Е.В.Грацианский, С.Е.Дзюбко, А.В.Щепкин. М., 2001. 160 с.*

Models and mechanisms for managing safety / V.N.Burkov, E.V.Gratsiansky, S.I.Dzyubko, A.V.Shepkin. Moscow, 2001. 160 p.

Таким образом, в настоящее время проблема предупреждения техногенных происшествий (аварий и ЧС) на НПП приобретает особую актуальность. Для решения этой проблемы необходимо проводить изучение и оценку экологической ситуации, прогнозирование развития опасной ситуации, а также выявлять виды опасности и оценивать уровень риска их возникновения.

Как правило, основной причиной возникновения аварийных ситуаций с опасными веществами является несоблюдение правил техники безопасности обслуживающим персоналом. Опасности, связанные с переработкой опасных веществ, кроме того, могут быть обусловлены аварийными ситуациями с оборудованием и трубопроводами. К оборудованию, которое может служить потенциальным источником возникновения аварийных ситуаций, можно отнести резервуары, емкости, трубопроводы, производственные технологические установки, насосные и компрессорные станции и другое. Не исключены и внешние опасности, которые могут стать причиной возникновения аварийной ситуации: лесные пожары, смерчи и ураганы, удары молнии, а также террористические акты и авиакатастрофы.

Исходя из этого, можно выделить три группы причин, способствующих возникновению и развитию аварий:

- отказы технологического оборудования и трубопроводов (отказы оборудования и трубопроводов по причине коррозии, эрозии и усталостных изменений в конструкционных материалах; конструкционные недостатки оборудования и трубопроводов; использование нерегламентированных комплектующих элементов);

- ошибки обслуживающего и ремонтного персонала (собственно ошибочные действия персонала; халатность в проведении технологических операций; нарушение правил техники безопасности; неправильные действия в ликвидации аварий);

- неподдающиеся расчету внешние воздействия природного и техногенного характера (штормовые ветры и ураганы, снежные заносы, ливневые дожди, грозовые разряды, механические повреждения, диверсии и террористические акты).

Задачи, связанные с оценкой экологического риска и разработкой мер по его снижению, требуют учета таких факторов, как вероятность осуществления нежелательных событий и эколого-экономических последствий наступления этих событий (аварий, чрезвычайных ситуаций, утечек и т.д.).

Выделяют качественный и количественный анализ риска возможных аварий. Качественный анализ представляет собой выявление опасностей, определение возможных сценариев аварий, а также причин и факторов их реализации. Выполняя данный анализ, главное – не пропустить важных обстоятельств и подробно описать все возможные аварийные ситуации. По результатам качественного анализа проводится количественное определение вероятности наступления того или иного события, т.е. численное выражение риска.

Как уже было отмечено, главной особенностью НПП является использование в производстве большого количества пожаро- и взрывоопасных веществ. Исходя из их физических и химических свойств, возможны аварии, сопровождающиеся взрывами, пожарами, факельным горением и выбросами токсических веществ. Основными поражающими факторами в случае аварии являются тепловое излучение, открытое пламя, ударная волна и осколки разрушенного оборудования; не исключены отравления персонала и населения химически опасными веществами.

Для определения вероятности того или иного сценария аварии предлагается использовать метод логического анализа ошибок (ЛАО). Основным преимуществом данного метода является возможность выявления системно-логических цепочек, предпосылок и источников сбоев в работе, которые могут привести к авариям. В основе метода лежит выявление логических связей элементарных событий.

Для этого строится дерево событий (ДС), приводящих к аварийной ситуации. Основной целью построения дерева событий является определение всего ряда факторов, непосредственное действие которых может вызвать аварийную ситуацию в последовательности от общих событий к более частным.

Предлагаются следующие этапы построения ДС и анализа исследуемого объекта:

1. Определение верхнего нежелательного события (ВНС). Для определения ВНС реальной аварии используются методы идентификации опасности, выявленной при анализе отказов, нарушений и ошибок операторов, анализ документации по ремонту оборудования, диспетчерских журналов или другой аналогичной информации, накопленной за время многолетней эксплуатации промышленного объекта.

2. Сбор сведений о работе системы, подлежащей анализу, всей информации, которая может помочь разобраться в принципах работы данной системы: принципиальные схемы, карты технологического процесса, схемы трубопроводов и приборного оснащения, технологический регламент, инструкции и т.д.

3. Последовательное определение тех событий, которые привели к ВНС при определенных условиях, и детальное рассмотрение для каждого из этих событий факторов, его вызывающих.

Для количественной оценки риска необходимо произвести расчет вероятности каждого элемента диаграммы ЛАО. Она проводится на основе статистического анализа отказов аналогичного оборудования, показателей надежности и безопасности,

после чего проводится качественный анализ. Он заключается в сопоставлении различных путей развития аварии от начальных событий к ВНС и выявлении критических (наиболее опасных) сценариев, приводящих к аварии. Качественный анализ позволяет выявить исходные события, способствующие наступлению ВНС, и выявить события, наступление которых должно быть исключено для предотвращения ВНС.

Таким образом, метод ЛАО особенно эффективен в тех случаях, когда сложная проблема может быть расчленена на то или иное количество сравнительно простых задач, каждая из которых решается отдельно, после чего производится своеобразный синтез сложного решения. В процессе прогнозирования чрезвычайных ситуаций и их моделирования использование данного метода позволяет выявить основные сценарии аварий, включающих несколько событий, и рассчитать вероятность их реализации, определить количественные характеристики риска, ранжировать по степени опасности звенья технологического процесса.

Работа выполнена в Центре коллективного пользования научным оборудованием Горного университета при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации.

М.А.ПАШКЕВИЧ, *д-р техн. наук, профессор, mpash@spmi.ru*
Т.А.АНЦИФЕРОВА, *аспирант, tanya.antsiferova@yandex.ru*
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

M.A.PASHKEVICH, *Dr. in eng. sc., professor, mpash@spmi.ru*
T.A.ANTCIFEROVA, *post-graduate student, tanya.antsiferova@yandex.ru*
National Mineral Resources University (Mining University), Saint Petersburg

ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА НА ОКРУЖАЮЩУЮ ПРИРОДНУЮ СРЕДУ ПРИ УКРУПНЕНИИ ПРОИЗВОДСТВА

Нефтеперерабатывающие предприятия являются одними из наиболее опасных техногенных источников загрязнения. В результате их производственной деятельности происходит изменение всех компонентов природной среды, особенно атмосферного воздуха и поверхностных вод. В работе дана оценка воздействия НПП на компоненты окружающей природной среды при вводе процессов глубокой переработки нефти.

Ключевые слова: глубокая переработка нефти, воздействие, загрязняющие вещества, чрезвычайные ситуации.

ASSESSMENT OF THE IMPACT OF FUEL AND ENERGY COMPLEX ON THE ENVIRONMENT IN THE ENLARGEMENT OF PRODUCTION

Refineries are among the most dangerous man-made sources of pollution. As a result of their productive activities are changing all the components of the environment, particularly air quality of surface waters. This paper assesses the impact of refineries at commissioning processes of deeper conversion of oil.

Key words: deeper conversion of oil, impact, pollutants, emergency.

К настоящему времени в мире уже переработано более 90 млрд т нефти. Современный уровень добычи нефти в России около 300 млн т в год, причем в ближайшей перспективе следует ожидать только увеличения потребления, так как нефть по-прежнему остается основным энергоносителем. Поэтому одной из важнейших государственных задач является рациональное использования углеводородного сырья – невосполнимого источника энергии и сырья для производства нефтехимических продуктов (топлива, битума, смазочных масел и

др.)*. Решение данной задачи может быть достигнуто путем углубления переработки нефти. Так, средняя глубина переработки нефти на отечественных нефтеперерабатывающих предприятиях (НПП) составляет около 65 %, тогда как в США – 90-98 %. Доказано, что инвестиции в углубление пе-

* *Абросимов А.А.* Экология переработки углеводородных систем: Учебник / Под. ред. М.Ю.Доломатова, Э.Г.Теляшева. М., 2002. 608 с.

Abrosimov A.A. Ecology of hydrocarbon material processing: Textbook / Ed. by M.Yu.Dolomatov, E.G.Telyashev. Moscow, 2002. 608 p.

переработки нефти в 5-7 раз эффективнее инвестиций в новые месторождения.* Рост глубокой переработки связан в основном с использованием ресурсов мазута для получения продукции повышенного платежеспособного спроса без применения вторичных деструктивных процессов нефтепереработки.

Тем не менее, несмотря на высокую экономическую привлекательность, с экологических позиций дополнительная переработка мазута не может не привести к увеличению материальной и энергетической нагрузки на природную среду и человека.

Рассмотрим, как изменится воздействие нефтеперерабатывающих предприятий на компоненты природной среды при внедрении технологии глубокой переработки нефти, примере ООО «КИНЕФ», где в настоящее время вводится в эксплуатацию завод глубокой переработки нефти (ЗГПН).

ООО «КИНЕФ» является одним из самых крупных нефтеперерабатывающих предприятий Российской Федерации. Ежегодно на предприятии перерабатывается более 16 млн т западно-сибирской и ухтинской нефти. На данный момент Киришский НПЗ – предприятие топливного профиля с неглубокой схемой переработки нефти.

Выбор технологических процессов глубокой переработки нефти обусловлен повышением выхода дизельной и керосиновой фракций, поскольку на сегодняшнем рынке углеводородных топлив именно эти виды топлива являются наиболее востребованными. В качестве основного сырья предполагается использовать остаток атмосферной перегонки.

Общая оценка результирующего интегрального воздействия создания ЗГПН может быть получена только путем сопоставления основных локальных, региональных и трансрегиональных воздействий. Локальное воздействие затрагивает экономические, медико-санитарные и экологические интересы

* Камминский Э.Ф. Глубокая переработка нефти: технологический и экологический аспекты / Э.Ф.Камминский, В.А.Хавкин М., 2001. 389 с.

Kaminsky E.F. Deep processing of oil: the technological and environmental aspects / E.F.Kaminsky, V.A.Khavkin. Moscow, 2001. 389 p.

сотрудников предприятия, населения г. Кириши и его окрестностей. Региональное и трансрегиональное воздействие распространяется на население регионов, потребляющих продукцию Киришского НПЗ, а также опосредованно сказывается на населении районов добычи нефти «Сургутнефтегаза».

Воздействие (в основном, социальное) на регионы и население, территориально удаленные от г. Кириши, в подавляющем числе проявлений носит определенно позитивный характер. Наибольшей техногенной нагрузке подвергается население и природная среда г. Кириши и района в целом, поэтому здесь необходимо более тщательное рассмотрение баланса воздействий для определения результирующих характеристик.

Рассмотрению подлежат воздействие на природные среды (атмосферу, гидросферу, литосферу и биоту), а также воздействие на здоровье и комфортность проживания населения. Среди них выделяются воздействие атмосферных выбросов от производственных и транспортных процессов и операций; воздействие остаточных веществ, сбрасываемых после очистки промышленных стоков в природные водоемы; воздействие на поверхностные и подземные воды, атмосферу не полностью обезвреженных отходов и социальное воздействие.

В силу специфики производства нефтеперерабатывающих предприятий, можно выделить ряд видов и факторов воздействия на окружающую среду. В данной работе рассмотрены только те из них, которые по опыту эксплуатации ООО «КИНЕФ» имеют значительное воздействие на компоненты окружающей среды, а именно:

- выбросы в атмосферу оксидов серы и азота, сероводорода, суперэкоксидантов диоксина и бензо(а)пирена, ароматических углеводородов;
- сбросы со сточными водами биогенных веществ, нефтепродуктов и тяжелых металлов;
- размещение на спецплощадках и хранилищах нефтешламов, избыточных активных илов, образующихся при микробиологическом обезвреживании бытовых и промышленных сточных вод.

Ввод в действие ЗГПН приведет к суммарному увеличению массы выбросов опасных веществ в атмосферу на 6209 т в год, что составляет прирост на 21,74 %. Это обусловлено дополнительной переработкой более 5 млн т мазута в год, что составляет 31 % от общей массы проектного производства продукции в настоящее время.

Для детального анализа выбраны наиболее массовые и опасные выбросы. В составе рассматриваемых выбросов появятся новые вещества, образующиеся вследствие ввода в эксплуатацию установки фирмы «Турмалин» для сжигания твердой фазы нефтешламов и избыточного ила биологических очистных сооружений, предварительно обезвоженного до содержания сухого вещества 20-25 %. Присутствующие в осадке очистных бытовых сточных вод хлорорганические соединения дают при сжигании выброс диоксинов.

Проведенный расчет рассеивания наиболее опасных и массовых выбросов и последующий анализ результирующих карт позволил сделать вывод о том, что отмеченный выше прирост концентраций этих веществ, в связи с созданием ЗГПН, на границе санитарно-защитной зоны (СЗЗ) и в черте города при типичных условиях рассеивания показывает увеличение приземных концентраций в пределах от 0,01 до 0,2 величины ПДК селитебной зоны, либо вообще не меняет их из-за незначительного дополнительного вклада. Кроме того, удачное расположение нового завода с наветренной стороны по отношению к городу и на расстоянии 7 км от последнего снижает опасность загрязнения.

Менее благоприятной выглядит ситуация с концентрацией загрязняющих веществ в атмосфере и их суммарным воздействием на территории промышленной площадки. По отдельным веществам (SO_2 , H_2S) в районе расположения источника выброса их концентрация превышает ПДК для атмосферного воздуха в 2 раза и более. Такая ситуация не является нарушением законодательства и нормативов, поскольку на промышленной площадке действуют нормативы рабочей зоны; они, как правило, в разы

выше требований к допустимым загрязнениям для селитебных территорий.

Киришский нефтеперерабатывающий завод является крупнейшим в регионе водопользователем. В водооборотных системах завода ежесуточная циркуляция воды исчисляется миллионами кубических метров. Одновременно с масштабами использования водных ресурсов предприятие традиционно располагает достаточно эффективным комплексом очистки сточных и других вод, используемых в нескольких специализированных оборотных системах. Коэффициент оборотного водоснабжения превышает 99 %. Широко используется подпитка расходов оборотных систем за счет очищаемых дождевых и талых вод. Потребление свежей речной воды составляет на действующем предприятии 308 тыс.м³/год. При вводе нового предприятия этот объем увеличится примерно в 3,5 раза.

Недостатком существующей системы очистки стоков является ресурсоемкость – очистные сооружения занимают значительные территории из-за наличия прудов-отстойников годичного отстоя стоков. Серьезным недостатком является образование значительного количества отходов – избыточного активного ила, который из-за присутствия в его составе ксенобиотиков не может быть возвращен в природную среду. Необходимо отметить и то, что сбрасываемые воды в настоящее время характеризуются повышенным содержанием биогенных веществ.

После ввода ЗГПН произойдет значительное увеличение водопотребления и соответственно увеличится водоотведение сточных вод после очистки в р. Черная. Увеличивается проектная производительность очистных сооружений производственно-дождевых сточных вод до 72000 м³/сут (в том числе 48000 м³/сут существующих и 24000 м³/сут новых). Соответственно увеличится и количество очищаемых сточных вод собственно ООО «КИ-НЕФ» и г. Кириши.

Проектом предусмотрена модернизация существующей системы очистки сточных вод. Например, вследствие применения со-

временной технологии биологической очистки, включающей процессы денитрификации-нитрификации и удержания фосфора в составе активного ила, сброс биогенных веществ будет происходить в соответствии с требованием нормативов и практически будет устранен один из отмеченных недостатков существующей системы очистки сточных вод.

Таким образом, строительство объектов ЗГПН служит созданию принципиально нового качества технологической схемы производства, значительно повышает его характеристики с точки зрения экономических и ресурсосберегающих показателей, в социальном плане – обеспечивает создание новых рабочих мест с высоким уровнем оплаты труда. Удаление из товарной продукции десятков тысяч тонн серы позволяет снизить опасность загрязнения диоксидом серы территории больших городов с высокой плотностью автомобильного движения.

Завод глубокой переработки нефти относится к числу «грязных» производств, представляющих достаточно серьезную опасность для окружающей среды; соответственно в строительном регламенте особое внимание уделяется вопросам экологической безопасности. Опыт показывает, что, какой бы совершенной не была экологическая составляющая строительного регламента, проблемы неизбежно возникают и иногда приводят к загрязнению компонентов окружающей среды. Поэтому как в процессе строительства, так и в период эксплуатации ЗГПН необходим постоянный контроль состояния природной среды в зоне повышенного экологического риска.

Работа выполнена в Центре коллективного пользования научным оборудованием Горного университета при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации.

УДК 621.929.3

М.В.СОКОЛОВ, *д-р техн. наук, доцент, msok68@mail.ru*

М.М.НИКОЛЮКИН, *аспирант, stavanger@bk.ru*

С.Н.ПОЛЯНСКИЙ, *магистр, gescort@gmail.com*

Тамбовский государственный технический университет

M.V.SOKOLOV, *Dr. in eng. sc., associate professor, msok68@mail.ru*

M.M.NIKOLYUKIN, *post-graduate student, stavanger@bk.ru*

S.N.POLJANSKI, *undergraduate, gescort@gmail.com*

Tambov State Technical University

ПОВЫШЕНИЕ СТЕПЕНИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ РЕЗИНОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Современный мир и технологии невозможно представить без самых различных изделий из резины и каучуков. Уже накоплено огромное количество резиновых изделий на свалках, специальных могильниках, накопительных площадках и пр. Один из шагов переработки резины – девулканизация. В дальнейшем это сырье может быть использовано в различных новых изделиях и современных промышленных технологиях: покрытиях дорог, наполнителях и т.п.

Ключевые слова: утилизация, экология, отходы, резина, переработка, грязная пыль.

INCREASED ENVIRONMENTAL SECURITY OF RUBBER INDUSTRY COMPANIES

Modern world and techniques can not be imagined without different rubber made goods. Nowadays big amount of rubber made goods are already piled up on a different junkyards, special mortuaries, storage areas, etc. One step of rubber treatment process is devulcanization. Than this feedstock can be used in new goods and advanced industrial processes: road carpet, filling compound, etc.

Key words: recycling, environment, waste, rubber, recycle, dirty.

В начале XXI в. экологическая ситуация во всем мире и во многих регионах нашей страны продолжает ухудшаться. Наступление человеческой цивилизации на окружающую среду проявляется в усилении парникового эффекта, выпадении кислотных осадков, уменьшении толщины озонового слоя, загрязнении гидросферы, уничтожении лесов и почвенного покрова, сокращении биоразнообразия. Все эти проблемы обсуждаются сегодня в средствах массовой информации и в научных кругах.

Одной из причин резкого наступления цивилизации на природу является демогра-

фический «взрыв» – резкое увеличение численности населения в мире в XX в., увеличение потребностей человека и человечества и усиление давления на окружающую среду. Не менее важную роль играет и потребительский характер нашей цивилизации: исходное представление, что природа бесконечно богата и ее единственная задача – служить людям, а также чрезмерное потребление ресурсов природы и загрязнение окружающей среды, в первую очередь, богатыми развитыми странами.

Однако в последнее время происходит изменение мировоззрения человечества: все

большому числу людей становится ясно, во-первых, что человек – не царь природы, а только ее часть, причем всецело зависящая от состояния биосферы в целом, и, во-вторых, что ресурсы природы конечны и близки к исчерпанию. Изменить отношение к природе, бережно относиться ко всему живому: и к природе, и к человеку, экономить природные ресурсы, перерабатывать отходы – вот задачи, которые стоят сегодня на переднем плане [3].

Химический комплекс является значительным источником загрязнения окружающей среды. По валовым выбросам вредных веществ в атмосферу он занимает десятое место среди отраслей промышленности, по сбросам сточных вод в природные поверхностные водоемы – второе место (после электроэнергетики).

Очевидно, что для преодоления препятствий на пути решения экологической проблемы нужны согласованные усилия государства и частного бизнеса, необходим комплекс мер промышленной политики.

Разработку и внедрение в производство инновационной продукции в химическом комплексе необходимо осуществлять на основе использования собственного научно-технического потенциала, обеспечивающего за счет результатов фундаментальной и прикладной химической науки реконструкцию действующих и создание новых высокоэффективных технологий, освоение выпуска наукоемкой продукции, производящейся в развитых индустриальных странах, использование зарубежного научно-технического и производственно-технологического потенциала путем привлечения прямых иностранных инвестиций, закупки лицензий на высокоэффективные новейшие технологии для освоения производства продукции новых поколений.

Для предприятий резиновой промышленности необходимо совершенствование структуры производства резиновых изделий для удовлетворения современных и перспективных требований к ним заказчиков по их долговечности, эксплуатационным свойствам, экономии ресурсов и экологической безопасности. В рамках данной задачи была

создана экспериментальная установка на базе червячной машины МЧХ-32/10 (рис.1) для изучения процесса девулканизации резиновых отходов с целью повышения эффективности повторного использования материалов [1]. Работает установка следующим образом: измельченные частицы каучука загружаются в загрузочный бункер и затем подаются в экструдер. Экструдер механически проталкивает каучук. Это механическое воздействие разогревает частицы и размягчает резину. При прохождении размягченной резины через полость экструдера она подвергается воздействию ультразвуковой энергии. Сочетание тепла, давления, ультразвукового воздействия и механического перетирания является достаточным для достижения различных степеней девулканизации.

В результате экспериментальных исследований был получен график зависимости давления в материальном цилиндре червячной машины (экструдера) от интервалов времени с применением ультразвука и без его воздействия (рис.2).

При применении ультразвука давление заметно снижается, следовательно, падает нагрузка на рабочие органы машины, уменьшается износ деталей и уменьшается потребляемая мощность электродвигателя, что повышает экономическую эффективность применения ультразвука в процессе экструзии длинномерных заготовок из отходов резинотехнических изделий (РТИ).

С помощью данного процесса возможна утилизация широкого спектра РТИ, что положительно сказывается не только на экологической составляющей, но и на повышении рентабельности производства. При проектировании данной установки учитывался положительный опыт применения данной технологии как иностранных исследователей, так и отечественных [1, 2]. В основе данного процесса переработки лежит ультразвуковая девулканизация, при которой каучук РТИ преобразуется под воздействием механических процессов, термической энергии и энергии ультразвуковых волн в такое состояние, в котором он может смешиваться, обрабатываться и вновь вул-

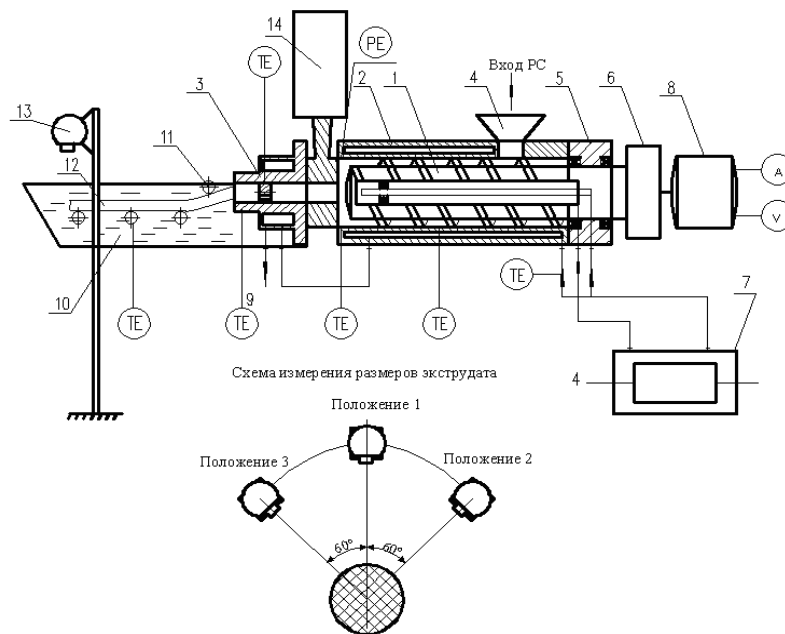


Рис. 1. Экспериментальная установка для исследования процесса девулканизации резиновой смеси
 1 – шнек; 2 – цилиндр; 3 – формующая головка; 4 – загрузочное устройство; 5 – привод шнека; 6 – редуктор; 7 – термостат;
 8 – электродвигатель; 9 – дорнодержатель; 10 – ванна с теплоносителем; 11 – прижимные ролики; 12 – экструдат;
 13 – цифровая фотокамера; 14 – ультразвуковой излучатель с экраном; ТЕ – датчики температуры; РЕ – датчик давления

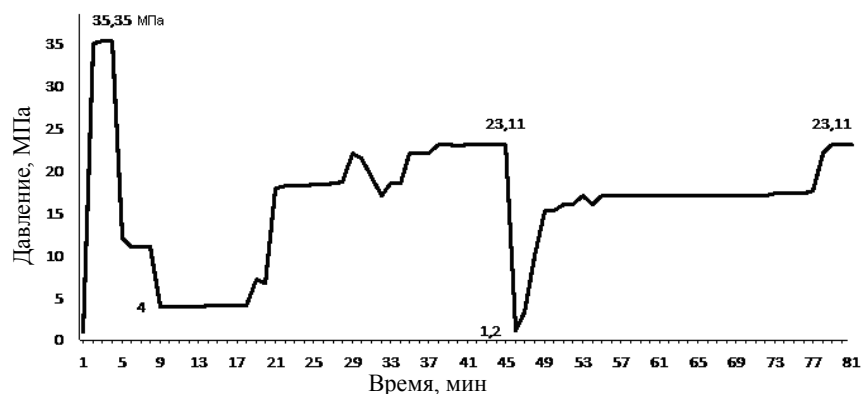


Рис. 2. Зависимость давления в материальном цилиндре червячной машины от интервалов времени
 1-4 мин, 18-45 мин и 47-81 мин без воздействия ультразвука;
 5-18 мин и 45-47 мин под действием ультразвука

канизироваться. Принцип этого процесса – девулканизация, которая заключается в разрушении межмолекулярных связей химической структуры, таких как углерод - сера или сера - сера. Они придают РТИ долговечность, эластичность и устойчивость к растворителям.

Имеющаяся информация об экологических последствиях девулканизации ограничивается химическим и ультразвуковым процессами. В обоих случаях имеют место выбросы атмосферных загрязнителей и жидких фильтратов.

Процесс ультразвуковой девулканизации довольно быстрый, простой, действенный и не требует растворителей и химических добавок. Девулканизация длится секунды и может привести к необходимому разрушению сернистых связей в вулканизированной резине. Процесс также годится для изменения структуры (с перекрещенными связями) резины и пластиков, не содержащих пероксидов, а также является весьма перспективным. В большом масштабе утилизация отходов резины возможна благода-

ря смешиванию с термопластами и грамотному применению в качестве наполнителя в асфальт или цемент [2].

Выводы

Для обеспечения экологической безопасности и рационального использования природных ресурсов необходима система мероприятий:

- создание безотходных и малоотходных технологий и их реализация в промышленности;
- снижение токсичных выбросов загрязняющих веществ (аммиак, хлор, ртуть и другие) и отходов при увеличении объемов производства за счет внедрения передовых технологических процессов, нового оборудования и материалов;
- переработка накопленных и образующихся промышленных отходов по экологически безопасным и экономически эффективным технологиям;
- повышение качества эксплуатации и ремонта оборудования химических предприятий, что позволит избегать чрезвычайных ситуаций;
- приведение российских правил и нормативов промышленной безопасности к международным стандартам;
- проведение экологической экспертизы проектной документации новых химических производств.

Все это будет способствовать созданию долговременных условий для устойчивого развития предприятий химического ком-

плекса и повышению их конкурентоспособности на глобальных рынках в условиях открытости экономики; преодолению технологического отставания химического комплекса России от ведущих стран мира; обеспечению экономической и экологической безопасности России.

Научно-технический прогресс предоставляет возможность перехода к безотходным технологиям, в которых за счет выбора исходного материала и изменения технологического процесса все продукты производства либо оказываются полезными, либо после очистки повторно используются, в результате чего устраняются источники загрязнения окружающей среды и достигается экономия ресурсов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Методология расчета оборудования для производства длинномерных резинотехнических заготовок заданного качества / М.В.Соколов, А.С.Клинок, П.С.Беляев, В.К.Скуратов, В.Г.Однолько. М., 2009. 352 с.
2. *Садан К.Д.* Справочник технолога по изготовлению РТИ / К.Д.Садан, Р.Уайт Джим. Шропшир, 2001. 576 с.
3. *Хотунцев Ю.Л.* Экология и экологическая безопасность. М., 2002. 480 с.

REFERENCES

1. The methodology for calculating equipment for the production of long preforms of rubber specified quality / M.V.Sokolov, A.S.Klinkov, P.S.Belyaev, V.K.Skuratov, V.G.Odnolko. Moscow, 2009. 352 p.
2. *Sadhan K.D.* Rubber Technologist's Handbook / K.D.Sadhan, R.White Jim. Shropshire, 2001. 576 p.
3. *Khotunzev U.L.* Ecology and Environmental Security. Moscow, 2002. 480 p.

А.В.ЧЕРНЯЕВ, *д-р техн. наук, профессор, alex_v_ch@mail.ru*

А.А.ПАВЛОВ, *ассистент, pavlovandrey@list.ru*

Российский государственный технологический университет имени К.Э.Циолковского, Москва

A.V.CHERNYAEV, *Dr. in eng. sc., professor, alex_v_ch@mail.ru*

A.A.PAVLOV, *assistant lecturer, pavlovandrey@list.ru*

Russian State Technology University, Moscow

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ РАСПРОСТРАНЕНИЯ НЕФТЯНЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ПО АКВАТОРИИ МАЛЫХ ВОДОТОКОВ

Рассмотрены вопросы построения математической модели процессов растекания и переноса нефтепродуктов течением малого водотока. Особое внимание уделено совместному рассмотрению процессов, происходящих во временной и пространственной областях.

Ключевые слова: разлив нефти, математическое моделирование, растекание нефти, перенос нефти, малый водоток.

MODELING OF SPREAD OIL POLLUTION ON SMALL RIVERS

The paper deals with a mathematical model of the processes of spreading and transport of petroleum products over a small watercourse. Particular attention is paid to the joint consideration of the processes occurring in the temporal and spatial domains.

Key words: oil spill simulation, the spreading of oil, the transfer of oil, a small watercourse.

Важность современных задач обеспечения экологической и техногенной безопасности, в частности безопасности магистральных нефтепроводов, требует интенсивного развития прикладных информационных систем. Без них практически невозможно создание эффективных систем прогнозирования, предупреждения и мониторинга аварий, рационального выбора защитных сил и средств. Все это делает актуальной задачу разработки новых подходов, основанных на применении математического моделирования.

Изучению и моделированию аварийных разливов нефти посвящено большое число научных работ. Однако не существует единого подхода к описанию процессов и общепринятой системы моделей. Дополнительной принципиальной сложностью является невозможность проведения полноценных на-

турных экспериментальных исследований, что затрудняет проверку адекватности и точности моделей аварийных разливов нефти.

Наименее изученной в этой области является проблема совместного рассмотрения растекания нефтяного загрязнения под действием гравитации и переноса нефтяного загрязнения течением водотока [3]. Это связано с необходимостью рассмотрения процессов, изменяющихся во временной области и в пространстве. Так, скорость гравитационного растекания зависит от времени с начала разлива, а скорость течения водотока является пространственной характеристикой водотока.

Существующие в настоящее время модели распространения загрязнения по акваториям водотоков основаны на рассмотрении только процесса переноса нефтяного

загрязнения течением водотока [2]. Согласно этой методике время подхода зоны загрязнения с максимальной концентрацией нефтяного загрязнения к заданному створу водотока:

$$t_{\max} = L/3,6V + t_0/2,$$

где L – длина расчетного участка реки, км; V – средняя скорость течения реки на участке, м/с; t_0 – продолжительность сброса АХОВ в реку, ч.

Как видно из формулы? в модели не учитывается увеличение площади нефтяного разлива вследствие гравитационного растекания и рассматривается только турбулентный режим течения жидкости в русле водотока, характеризующийся обобщенным значением средней скорости течения.

Необходимость построения имитационной математической модели обусловливается невозможностью проведения полномасштабных экспериментальных исследований происходящих процессов. Математическая модель, описывающая процессы распространения нефтяных разливов, необходима для построения адекватного прогноза перемещения нефтяного пятна, правильной реакции на аварийные разливы, оценки воздействия на окружающую среду, планирования чрезвычайных ситуаций и обучения персонала.

Цель работы – построить математическую модель, позволяющую рассчитывать скорость распространения нефтяного загрязнения по руслу малого водотока, вычислять время подхода нефтяного загрязнения к заданному створу и получить зависимость площади нефтяного загрязнения от времени с начала аварийного разлива. Таким образом, необходимо построить модель растекания нефтяного загрязнения по акватории малого водотока и разработать совокупную модель растекания и переноса нефтяного загрязнения в условиях турбулентного и ламинарного режимов течения. Для решения данных задач была построена математическая модель русла малого водотока [4], а также модель распространения нефтяного загрязнения под действием гравитационного растекания и переноса течением водотока.

Модель движения воды в русле водотока. Русло водотока может быть представлено набором линейных участков и элементарных площадок. Под линейными участками понимается площадь поверхности водотока прямоугольной формы, выбранная перпендикулярно оси течения русла водотока. Каждый линейный участок характеризуется скоростью течения водотока в случае турбулентного режима течения. В случае ламинарного режима движения жидкости в водотоке, линейный участок разбивается на множество элементарных площадок, каждая из которых характеризует скорость течения водотока. Таким образом задаются параметры, характеризующие скорость течения в русле водотока.

Модель растекания нефтепродуктов в стоячей воде русла водотока. Рассмотрим процесс растекания нефтепродуктов по руслу водотока в стоячей воде, т.е. при отсутствии течения. Как было показано в работах Фея [5], площадь нефтяного разлива зависит от времени с момента начала растекания. Для гравитационно-инерционной фазы растекания, площадь пятна

$$A_1 = c_1 \pi t \sqrt{\Delta g Q_0},$$

где A_1 – площадь разлива; Q_0 – объем нефтяного разлива;

$$\Delta = \rho_B - \rho_H / \rho_B;$$

ρ_B и ρ_H – плотность воды и нефти соответственно; g – ускорение свободного падения; t – время с начала разлива; $c_1 = 1,3$ – эмпирический коэффициент.

Для гравитационно-вязкой фазы растекания зависимость площади нефтяного разлива от времени имеет вид:

$$A_2 = c_2 \pi \sqrt{t^3 \Delta g Q_0^2 / \nu_B},$$

где A_2 – площадь разлива; $c_2 = 0,96$ – эмпирический коэффициент; ν_B – кинематическая вязкость воды.

В опытах Фея растекание нефти происходило на «свободной воде». Пятно нефти имело форму окружности. Тогда зависимость площади поверхности от времени может быть представлена в виде

$$\pi R_1^2 = c_1 \pi t \sqrt{\Delta g Q_0},$$

а зависимость радиуса нефтяного пятна от времени

$$R_1 = \sqrt{c_1 t \sqrt{\Delta g Q_0}}.$$

Продифференцировав данное выражение по времени, получим скорость увеличения радиуса нефтяного пятна, т.е. скорость его растекания:

$$V(t) = \frac{dR_1}{dt} = \frac{c_1 \sqrt{\Delta g Q_0}}{2\sqrt{c_1 t \sqrt{\Delta g Q_0}}}.$$

Ввиду того, что русло водотока в математической модели описывается линейными участками и элементарными площадками прямоугольной формы, возникает необходимость перехода от рассмотрения растекания нефтепродуктов на «свободной воде» в виде окружности к рассмотрению растекания нефти в условиях русла водотока в прямоугольнике. В случае, когда растекание нефти происходит в форме прямоугольника, зависимость скорости растекания от времени может быть получена из следующих соображений. Площадь прямоугольника $S = lm$. Введем коэффициент пропорциональности между сторонами прямоугольника $l = bm$.

Таким образом,

$$S(t) = \frac{l^2}{b} = c_1 \pi t \sqrt{\Delta g Q_0};$$

$$l(t) = \sqrt{c_1 \pi t b^4 \sqrt{\Delta g Q_0}};$$

$$V_1(t) = \frac{dl}{dt} = \frac{1}{2\sqrt{t}} \sqrt{c_1 \pi t b^4 \sqrt{\Delta g Q_0}}.$$

Аналогично, для гравитационно-вязкой фазы растекания

$$l(t) = \sqrt{c_2 \pi b^4 \sqrt[6]{t^6 \sqrt{\Delta g Q_0^2}}},$$

$$V_2(t) = \frac{1}{4\sqrt[4]{t^3}} \sqrt{c_2 \pi b^6 \sqrt{\Delta g Q_0^2}}.$$

Совместное рассмотрение процессов растекания и переноса током реки. В слу-

чае, когда мы рассматриваем водоток, растекание нефтяного разлива будет происходить вниз и вверх по течению водотока с различными скоростями. Так, скорость перемещения вниз по течению водотока будет складываться из скорости течения водотока и скорости растекания нефтяного разлива:

$$V_{в.п}(x, y, t) = V(x, y) + V_p(t).$$

Скорость перемещения нефтяного пятна при его движении вверх по течению реки есть разность между скоростью растекания и скоростью течения реки:

$$V_{в.п}(x, y, t) = V(x, y) - V_p(t).$$

Таким образом, скорость движения вниз по течению реки будет характеризовать движение переднего фронта нефтяного разлива, а скорость движения вверх по течению реки – скорость движения «хвоста» нефтяного разлива.

Рассмотрим распространение нефтяного разлива в случае турбулентного режима течения жидкости в русле водотока. В этом случае скорость течения водотока является средней скоростью движения жидкости в рассматриваемом линейном участке $V_{cp}(x)$. Скорость растекания $V_p(t_0)$ для первого расчетного такта вычисляется через интервал времени t_0 , определяемый пользователем модели, в зависимости от точности моделирования. Для того, чтобы соотнести перемещение нефтяного разлива с линейными участками русла водотока, предложен следующий подход. Сущность подхода заключается во введении расчетного такта, характеризующего перемещение нефтяного разлива на один линейный участок, в случае турбулентного режима течения и на одну элементарную площадку в случае ламинарного режима течения. Таким образом, время с начала разлива «привязывается» к расчетному такту с помощью учета интервалов времени для перемещения вниз $t_{п.в}$, необходимых для прохождения характерных расстояний (линейный участок, элементарная площадка):

$$t_{п.в}(T) = \frac{L}{V_{cp}(x) + V_p(T)},$$

где L – длина линейного участка.

«Привязывается» к расчетному такту и скорость растекания нефтяного разлива, зависящая от времени с начала разлива,

$$V_p(T) = V_p \left(t_0 + \sum_{i=1}^{T-1} t_{п.в}(i) \right).$$

Так как расчетный такт характеризует время прохождения определенного линейного участка с определенной скоростью течения, то расчетный такт «привязан» и к скорости течения русла $V_{ср}(T)$. Площадь нефтяного загрязнения, распространяющегося вниз по течению реки,

$$S_{вн}(T) = La(T-1).$$

Аналогичным образом, вводится расчетный такт для части нефтяного разлива, движущейся вверх по течению водотока.

Рассмотрим распространение нефтяного разлива в случае ламинарного режима течения жидкости. В этом случае имеет место слоистое перемещение водных масс без перемешивания, т.е. скорости течения водотока различны для элементарных площадок, входящих в линейный участок. Для вычисления скорости распространения нефтяного разлива в случае ламинарного режима течения был использован следующий подход. Сущность подхода заключается в том, что среди массива элементарных площадок выбираются площадки, имеющие максимальное значение скорости течения водотока. Так как скорость растекания нефтяного разлива зависит от времени, то распространение нефтяного разлива в условиях ламинарного режима течения будет происходить с наибольшей скоростью по выбранным элементарным площадкам. Для определенности назовем эти площадки центральными. Скорость распространения нефтяного разлива в центральных площадках рассчитывается так же, как и для случая турбулентного режима течения. Для прочих элементарных площадок скорость распространения нефтяного разлива может быть вычислена следующим образом. В случае, когда за интервал времени, необходимый нефтяному разливу для прохождения центральной площадки, нефтяной разлив не проходит границу элементарной

площадки, пройденное разливом расстояние

$$L_p(x, y, T) = [V_p(T) + V(x, y)] t_{п.в}(T).$$

Площадь нефтяного разлива

$$S_e(x, y, T) = L_p(x, y, T) \frac{a}{c}$$

где c – количество элементарных площадок на линейном участке.

В случае, когда за интервал времени, необходимый нефтяному разливу для прохождения центральной площадки, нефтяной разлив проходит границу элементарной площадки, вычисляются два расстояния: пройденное в элементарной площадке i -го линейного участка и в элементарной площадке линейного участка $i+1$. Расстояние, пройденное разливом в элементарной площадке i -го линейного участка, вычисляется как разность между длиной элементарной площадки и расстоянием, пройденным нефтяным разливом в предыдущий расчетный такт. А время, необходимое для прохождения нефтяным разливом элементарной площадки i -го линейного участка,

$$t_{вн-i}(x, y, T) = \frac{L - L_p(x, y, T)}{V_p(T) + V(x, y)}.$$

Расстояние, пройденное в элементарной площадке $i+1$ -го линейного участка,

$$L_p(x+1, y, T) = [V_p(T) + V(x+1, y)] \times \\ \times [t_{п.в}(T) - t_{вн-i}(x, y, T)].$$

Приращение площади нефтяного разлива может быть вычислено из следующего соотношения:

$$S_{вн}(x+1, y, T) = [L - L_p(x, y, T) + L_p(x+1, y, T)] \frac{a}{c}.$$

В рамках работы предложена модель прогнозирования распространения нефтяного загрязнения по поверхности водотока, позволяющая рассчитывать скорость распространения нефтяного загрязнения по руслу, вычислять время подхода нефтяного загрязнения к заданному створу и строить зависимость площади нефтяного загрязне-

ния от времени с начала аварийного разлива. Построена математическая модель движения жидкости в русле водотока, разработана совокупная модель растекания и переноса нефтяного загрязнения в условиях турбулентного и ламинарного режимов течения.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ларионов В.А.* Моделирование аварийных разливов нефти на суше с применением ГИС-технологий: методика. М., 2004.
2. Методика прогнозной оценки загрязнения открытых водоисточников аварийно химически опасными веществами в чрезвычайных ситуациях. М., 1996.
3. *Павлов А.А.* Моделирование процессов трансформации нефтяных загрязнений при разливах нефтепродуктов на акваторию малых рек / А.А.Павлов, А.В.Черняев // Изв. Волгоградского государственного технического у-та. Сер. Актуальные проблемы управления, вычислительной техники и информатики в технических системах. 2009. № 6.

4. *Павлов А.А.* Моделирование процессов осаждения нефтяных загрязнений на береговую поверхность малых рек / А.А.Павлов, А.В.Черняев // Информационные технологии, 2009. № 11.

5. *Fay J.A.* The spread of oil slicks on a calm sea. In *Oil on the Sea* / Ed. by D.Hoult. New York, 1969.

REFERENCES

1. *Larionov V.A.* Simulation of oil spills on land using GIS technology: a methodology. Moscow, 2004.

2. Methodology for predictive assessment of pollution of open water sources of emergency chemically hazardous materials in emergency situations. Moscow, 1996.

3. *Pavlov A.A.* Simulation of the transformation of oil pollution spills of petroleum products into the waters of small rivers / A.A.Pavlov, A.V.Chernyaev // Proceedings of the Volgograd State Technical University. Serie Actual problems of control, computing and informatics in technical systems. 2009. N 6.

4. *Pavlov A.A.* Simulation of the deposition of oil pollution on the coastal surface of small rivers / A.A.Pavlov, A.V.Chernyaev // Information Technologies. 2009. N 11.

5. *Fay J.A.* The spread of oil slicks on a calm sea. In *Oil on the Sea* / Ed. by D.Hoult. New York, 1969.

Проблемы рационального природопользования / Национальный
П 493 минерально-сырьевой университет «Горный». СПб, 2013. 241 с.
(Записки Горного института. Т.203)

ISBN 978-5-94211-629-3

УДК 502/504.622

ББК 20.18:65.28

«Записки Горного института» по решению Президиума Высшей аттестационной комиссии Министерства образования и науки Российской Федерации от 19 февраля 2010 года № 6/6 включены в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук.

Научное издание

ЗАПИСКИ ГОРНОГО ИНСТИТУТА

Том 203

ПРОБЛЕМЫ РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

РЕЦЕНЗИРУЕМЫЙ СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

Статьи публикуются в авторской редакции

Ответственный за выпуск *Л.А.Левина*

Корректор *Е.С.Дрибинская*

Печатается с оригинал-макета, подготовленного *Н.Н.Седых*

Лицензия ИД № 06517 от 09.01.02

Свидетельство о регистрации ПИ № **ФС77-22881** от **26.12.05**

Подписной индекс в каталоге агентства «Роспечать» 18067

Сборник включен в базу данных Российского индекса научного цитирования (РИНЦ)
Научной электронной библиотеки <http://elibrary.ru>

Подписано к печати 30.04.2013. Формат 60×84/8. Усл.печ.л. 28. Усл.кр.-отт. 28. Уч.-изд.л. 224
Тираж 2000 экз. Заказ 249. С 80.

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»
РИЦ Национального минерально-сырьевого университета «Горный»

Адрес университета и РИЦ: 199106 Санкт-Петербург, 21-я линия, 2

ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ РУКОПИСИ СТАТЬИ ДЛЯ ПУБЛИКАЦИИ В «ЗАПИСКАХ ГОРНОГО ИНСТИТУТА»

«Записки Горного института» издаются в соответствии с планом изданий, утвержденным ректором Национального минерально-сырьевого университета «Горный», в сроки, регламентированные агентством «Роспечать».

К статье прилагаются: экспертное заключение о возможности опубликования в открытой печати; отзыв специалиста сторонней организации; анкеты авторов (ФИО, место работы, должность, ученая степень, ученое звание, e-mail, почтовый адрес, контактные телефоны) и договор о предоставлении персональных данных. Авторы высылают статьи (распечатки на бумаге, электронные версии, сопроводительные документы) в РИЦ Горного университета.

Рукописи рецензируются редакционным советом сборника.

Рукописи, не принятые к печати, авторам не возвращаются.

За публикацию статей плата с аспирантов не взимается.

Гонорары за опубликованные в сборнике статьи не выплачиваются.

Объем статьи не должен превышать 0,5 авторского листа.

Состав статьи: УДК, название статьи и данные анкет авторов на русском и английском языках, реферат на русском и английском языках (по 5-10 строк), ключевые слова на русском и английском языках, собственно текст, библиографический список на русском и английском языках.

Авторы представляют набор статьи на электронном носителе в текстовом редакторе Word приложения Windows (Windows 2000, Windows 2003) и распечатку статьи на бумаге через 1,5-2 интервала (А4, набор 16 × 24,5 см).

Стиль основного текста: шрифт набора – Times New Roman, размер шрифта – 12 кегль, обычный, межстрочный интервал – 1,5; абзацный отступ – 1,25 см; запрет висячих строк; автоматический перенос слов (**категорически запрещается делать переносы вручную**); выравнивание – по ширине (**только автоматически! в данном случае недопустимо использование пробелов, табуляции и т.д.**). При наборе текста необходимо помнить, что клавиша Enter (перевод строки) используется только в конце абзаца! Для нумерации при перечислении **не пользоваться списком!** Инициалы от фамилии, наименования от единиц отбиваются **жестким пробелом: Ctrl + Shift + пробел.**

Стиль таблиц: Times New Roman, 9 кегль, обычный. Информацию в таблицах давать не единым массивом, а построчно, т.е. **не набирать все данные в одной строке!!!** Не сокращать слова. Размер таблиц должен соответствовать формату набора: не более 16 × 24 либо 7,3 × 24 см.

Сноска задается автоматически, шрифт – Times New Roman, 9 кегль, обычный.

Стиль набора формул: шрифт – Times New Roman, 12 кегль обычный, крупный индекс – 8 кегль, мелкий индекс – 7 кегль, крупный символ – 20 кегль, мелкий символ – 12 кегль. Редактор формул – только **Equation 3**. Латинские буквы набирают курсивом, обычным; русские, греческие буквы, цифры и химические символы, критерии подобия – прямым, обычным. Это правило распространяется и на набор индексов в символах.

Библиографический список (литература) составляется в алфавитном порядке в соответствии с ГОСТ 7.1-84 с изменением № 1 от 28.05.99. На всю приведенную литературу должны быть ссылки в квадратных скобках в тексте статьи.

Иллюстрации представляются готовыми для печати в виде компьютерной графики. Редактор, в котором выполнены иллюстрации, должен быть совместим с редактором Word. Размер иллюстраций должен соответствовать формату набора: не более 16 × 24 либо 7,3 × 24 см. Все рисунки должны иметь подрисуночные подписи.

Все цветные рисунки должны быть переведены в черно-белый вариант, для этого каждый элемент, выделенный цветом, необходимо заштриховать различными «узорами». Тоновые рисунки не принимаются.

ПОРЯДОК РЕЦЕНЗИРОВАНИЯ РУКОПИСЕЙ

1. Организация и порядок рецензирования.

Представленная автором рукопись направляется на рецензию членам редколлегии, курирующим тематику данного тома, или экспертам – ученым и специалистам в данной области (доктору, кандидату наук).

Рецензенты уведомляются о том, что направленные им рукописи являются частной собственностью авторов и относятся к сведениям, не подлежащим разглашению.

Рецензентам не разрешается снимать копии с поступивших рукописей, передавать рукописи на рецензирование другим лицам без согласования с главным редактором.

Рецензирование проводится конфиденциально. Рецензия носит закрытый характер и предоставляется автору рукописи по его письменному запросу без подписи и указания фамилии, должности, места работы рецензента. Рецензия может быть представлена по соответствующему запросу экспертных советов в ВАК РФ.

При наличии в рецензии указаний на необходимость исправлений рукопись направляется автору на доработку. В этом случае датой поступления в редакцию считается дата возвращения доработанной рукописи.

Решение о целесообразности публикации после рецензирования принимается председателем редколлегии тома, а при необходимости – редакционным советом и редколлекцией.

Автору рукописи, не принятой к публикации, редколлегия направляет по его запросу мотивированный отказ.

Не подлежат рецензированию:

- статьи членов Российской академии наук;
- статьи, рекомендованные к публикации научными форумами и конференциями.

Рецензентом не может быть автор или соавтор рецензируемой работы.

Не допускаются к публикации рукописи, оформленные с нарушением принятых правил издания.

После принятия решения о допуске статьи к публикации председатель редколлегии тома информирует об этом автора и указывает сроки публикации.

Оригиналы рецензий хранятся в редколлегии в течение трех лет.

Сроки рецензирования в каждом отдельном случае определяются председателем редколлегии тома с учетом создания условий для максимально оперативной публикации статей (но не более месяца со дня поступления рукописи).

2. Требования к содержанию рецензии.

Рецензия должна содержать квалифицированный анализ материала рукописи, объективную аргументированную оценку.

В заключительной части рецензии должны содержаться обоснованные выводы о рукописи в целом и четкая рекомендация о целесообразности ее публикации в сборнике.

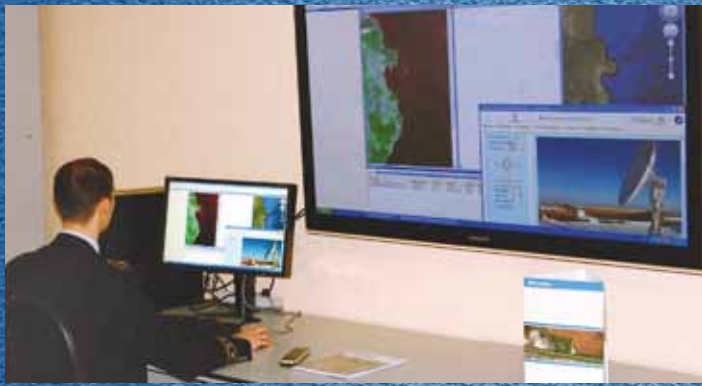
Рецензент может дать дополнительные рекомендации автору и редакции по улучшению рукописи. Замечания и пожелания рецензента должны быть объективными и принципиальными, направленными на повышение научного и методического уровней рукописи.

В случае отрицательной оценки рукописи рецензент должен обосновывать свои выводы.

3. Взаимодействие авторов и рецензентов.

По письменному запросу автора рецензии высылаются без указания фамилий рецензентов. Если автор желает возразить рецензенту, он может прислать в редколлекцию письмо, которое должно быть передано рецензенту в течение двух недель. Рецензент может по своему усмотрению ответить автору лично, передать ответ через редколлекцию или не отвечать.

Рукопись, не принятая к печати, авторам не возвращается.








НАЦИОНАЛЬНЫЙ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ УНИВЕРСИТЕТ «ГОРНЫЙ»


ПЕРВОЕ В РОССИИ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ – ЭТО

- лучшее академическое образование в области геологии, горного дела, металлургии, экономики;
- высшая квалификация профессорско-преподавательского состава;
- мировой уровень получаемой квалификации и выдаваемых дипломов;
- уникальная научно-исследовательская база;
- новейшие коммутационные сети, высший уровень компьютеризации учебного процесса и научных исследований;
- Горный музей и Главная библиотека — хранилища бесценных исторических экспонатов;
- обширные научные и деловые связи с крупнейшими промышленными предприятиями России и зарубежными фирмами:


 ОАО «Новатэк»

 ЗАО «Русская медная компания»


 Компания «Фосагро»


 ОАО «Алроса»

 ОАО «Сургутнефтегаз»

 ООО «Металл-групп»

 «Тоталь»

 ОАО «Уралкалий»

 ОАО «Газпромнефть»

