
УСПЕХИ СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

№ 12 2015

ISSN 1681-7494

**Импакт фактор
(пятилетний)
РИНЦ – 1,358**

Журнал основан в 2001 г.

Электронная версия размещается на сайте www.rae.ru

Учредитель – МОО «Академия
Естествознания»

Почтовый адрес –
105037, г. Москва, а/я 47,
АКАДЕМИЯ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ,
редакция журнала
«УСПЕХИ СОВРЕМЕННОГО
ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ»

Издательство и редакция:
Издательский Дом
«Академия Естествознания»

Ответственный секретарь редакции –
Бизенкова Мария Николаевна –
+7 (499) 705-72-30

E-mail: edu@rae.ru

Подписано в печать – 30.12.2015

Формат 60х90 1/8
Типография
ИД «Академия Естествознания»,
г. Саратов, ул. Мамонтовой, 5

Техническая редакция и верстка
Митронова Л.М.
Корректор
Кошелева Ж.В.

Способ печати – оперативный.
Усл.п.л. 22,63
Тираж – 1000 экз. Заказ. УСЕ/12-2015

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

*Ледванов Михаил Юрьевич,
д.м.н., профессор*

ЗАМ. ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

*Курзанов Анатолий Николаевич,
д.м.н., профессор*

Ответственный секретарь редакции

Бизенкова Мария Николаевна, к.м.н.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Химические науки

д.х.н., проф. Алоев Владимир Закиевич
д.х.н., проф. Великородов Анатолий Валериевич
д.х.н., проф. Дресвянников Александр Федорович
д.х.н., проф. Душкин Александр Валерьевич
д.х.н., проф. Ивашкевич Александр Николаевич
д.х.н., проф. Микитаев Абдулах Касбулатович
д.х.н., проф. Нилов Александр Петрович
д.х.н., проф. Танганов Борис Бадмаевич

Науки о Земле

д.г.-м.н., проф. Абилхасимов Хаирлы Бабашевич
д.г.-м.н., проф. Алексеев Сергей Владимирович
д.г.-м.н., проф. Бондарев Владимир Иванович
д.г.-м.н., проф. Гавришин Анатолий Иванович
д.т.н., проф. Ерофеев Владимир Иванович

д.г.-м.н., проф. Костицын Владимир Ильич
д.г.-м.н., проф. Лебедев Владимир Ильич
д.г.-м.н., проф. Мельников Александр Иванович

Сельскохозяйственные науки

д.с.-х.н., проф. Байрамбеков Шамиль Байрамбекович
д.с.-х.н., проф. Берсон Гарри Залманович
д.с.-х.н., проф. Зволинский Вячеслав Петрович
д.с.-х.н., проф. Коцарева Надежда Викторовна
д.с.-х.н., проф. Ланцева Надежда Николаевна
д.с.-х.н., проф. Морозова Нина Ивановна
д.с.-х.н., проф. Тихановский Анатолий Николаевич
д.с.-х.н., проф. Улимбашев Мурат Борисович
д.с.-х.н., проф. Ухтверов Андрей Михайлович
д.с.-х.н., проф. Хазиахметов Фаил Сабирянович
д.с.-х.н., проф. Шамшиев Бакытбек Нуркамбарович

Журнал «УСПЕХИ СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ» зарегистрирован в Федеральной службе по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия.

Свидетельство – ПИ № 77-11311.

Все публикации рецензируются. Доступ к журналу бесплатен.

Журнал представлен в Научной электронной библиотеке (НЭБ) – головном исполнителе проекта по созданию Российского индекса научного цитирования (РИНЦ).

Журнал включен в «Перечень рецензируемых научных изданий», в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук».

Импакт-фактор РИНЦ (пятилетний) = 1,109 (по данным на 18.02.2015).

Импакт-фактор РИНЦ 2014 (двухлетний) = 1,275 (по данным на 18.02.2015).

Импакт-фактор РИНЦ 2013 (двухлетний) = 1,598.

Индекс Хирша (десятилетний) = 20 (по данным РИНЦ на 24.02.2015)
(79 место из 7647 представленных в РИНЦ журналов).

Число цитирований журнала за год (по данным РИНЦ на 24.02.2015) = 1685
(85 место из 7647 представленных в РИНЦ журналов).

Журнал зарегистрирован в Centre International de l'ISSN. ISSN 1681-7494.

Журнал включен в Реферативный журнал и Базы данных ВИНТИ.

СОДЕРЖАНИЕ

Химические науки (02.00.00)

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ КОРМОВОЙ ПАТОКИ ИЗ ИК-ОБЛУЧЕННОГО ЗЕРНА ПШЕНИЦЫ <i>Аксенов В.В., Волончук С.К., Резепин А.И., Дубкова С.А.</i>	9
СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ ПЛАСТОВ И ДОБЫЧИ ПРИРОДНОГО БИТУМА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕПЛА СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ <i>Ахмеджанов Т.К., Нуранбаева Б.М.</i>	13
СООТНОШЕНИЕ СОРБЦИОННОЙ И ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ПОЛИТИТАНАТОВ КАЛИЯ К РАЗЛИЧНЫМ ОРГАНИЧЕСКИМ КРАСИТЕЛЯМ <i>Викулова М.А., Ковалева Д.С., Третьяченко Е.В., Гоффман В.Г., Гороховский А.В.</i>	17
КАЧЕСТВЕННОЕ И КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКДИСТЕРОИДОВ И ПОЛИФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ТРАВЫ УШАНКИ МЕЛКОЦВЕТКОВОЙ (<i>OTITES PARVIFLORUS GROSSH.</i>) <i>Дармограй В.Н., Ерофеева Н.С., Дармограй С.В., Филиппова А.С., Морозова В.А., Дубоделова Г.В.</i>	21
СИНЕРГИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ ПРИ ОБРАЗОВАНИИ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ НА ОСНОВЕ НИТРАТА АММОНИЯ <i>Иванов В.В.</i>	26
СИНТЕЗ НОВЫХ КОНДЕНСИРОВАННЫХ СОЕДИНЕНИЙ НА ОСНОВЕ РЕАКЦИИ ДИХЛОРИДА СЕРЫ С 6-АЛЛИЛ-3-МЕТИЛФЕНОЛОМ <i>Ишигеев Р.С., Потапов В.А., Амосова С.В.</i>	29
СИНТЕЗ ТЕМПЛАТНЫХ СОРБЕНТОВ НА ОСНОВЕ ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ И М-АМИНОФЕНОЛА <i>Касымова Э.Д., Виноградов В.В., Кыдралиева К.А., Жоробекова Ш.Ж.</i>	33
ХИМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МЕХАНИЗМОВ РЕПАРАЦИИ ДНК МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ <i>Лопатина А.Б.</i>	37
СИНТЕЗ НОВОГО 3-МЕТОКСИМЕТИЛ-4-НИТРОЗО-5-ФЕНИЛ-1Н-ПИРАЗОЛА И ЕГО ВОССТАНОВЛЕНИЕ <i>Любяшкин А.В., Ефимов В.В., Субоч Г.А., Товбис М.С.</i>	42
СИНТАКТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ С ВЫСОКИМИ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ НА ОСНОВЕ КРЕМНИЙОРГАНИЧЕСКОГО ПОЛИМЕРА <i>Михайлов В.А.</i>	47
ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКОЙ ПРИРОДЫ МОДИФИЦИРУЮЩИХ ДОБАВОК НЕОРГАНИЧЕСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ НА ЭЛЕКТРОКИНЕТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ УГОЛЬНЫХ ДИСПЕРСИЙ <i>Муллина Э.Р., Мишурина О.А., Чупрова Л.В., Ершова О.В.</i>	51
ДЕФОСФОРАЦИЯ КОНВЕРТЕРНОГО ШЛАКА МЕТОДОМ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ С ЦЕЛЬЮ ДАЛЬНЕЙШЕГО РЕЦИКЛИНГА В МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОМ ПЕРЕДЕЛЕ <i>Султанмурат Г.И., Боранбаева Б.М., Исанова Б.Х., Актаева Н.А., Асауова А.Е., Шакаримов М.Ж., Минуарбеккызы Ф.</i>	56
ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ЭПОКСИДНОЙ СМОЛЫ, МОДИФИЦИРОВАННОЙ АЛКОКСИСИЛАНАМИ МЕТОДОМ БИОТЕСТИРОВАНИЯ <i>Чухланова Н.В.</i>	61

Сельскохозяйственные науки (06.01.00, 06.03.00)
**СОСТОЯНИЕ ЛЕСОВ ЛИПЕЦКОЙ ОБЛАСТИ КАК РЕЗУЛЬТАТ
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПРИРОДЫ И ЧЕЛОВЕКА**

Аничкина Н.В. 64

**ОСНОВНЫЕ ВРЕДИТЕЛИ ТОМАТОВ САРЫАГАШСКОГО РАЙОНА
ЮЖНО-КАЗАХСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ**

Бозиатаева Г.Т., Оспанова Г.С., Турабаева Г.К. 68

**ОПЫТЫ БИОЛОГИЧЕСКОЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ НА ХВОСТОХРАНИЛИЩАХ
ЗАПАДНОЙ ЯКУТИИ**

Миронова С.И., Гаврильева Л.Д., Кудинова З.А., Петров А.А. 72

**ВИДОВОЙ СОСТАВ ФАУНЫ НАСЕКОМЫХ ТОМАТОВ В САРЫАГАШСКОМ РАЙОНЕ
ЮЖНО-КАЗАХСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ**

Оспанова Г.С., Бозиатаева Г.Т., Турабаева Г.К. 77

**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЭКСТРАКТОВ
ИЗ РАСТЕНИЙ СЕМЕЙСТВА АМАРАНТОВЫХ**

Уажанова Р.У., Оспанов А., Казбекова А. 81

Науки о Земле (25.00.00)
**ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ РЕАГЕННЫХ
РЕЖИМОВ ФЛОТАЦИИ УГЛЕЙ**

Гришин И.А., Князбаев Ж.С. 87

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ РАЗЛИВОВ НЕФТИ

Демельханов М.Д., Оказова З.П., Чупанова И.М. 91

**РАЗРАБОТКА ЭФФЕКТИВНЫХ СПОСОБОВ БОРЬБЫ С ПУЧЕНИЕМ
ПОРОД ПОЧВЫ В ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТКАХ УГОЛЬНЫХ ШАХТ**

Демин В.Ф., Яворский В.В., Демина Т.В., Стефлюк Ю.Ю. 95

**МНОГОФАКТОРНАЯ ОЦЕНКА КОРРОЗИОННОЙ АГРЕССИВНОСТИ ГРУНТОВ
О. КОТЕЛЬНЫЙ (АРКТИКА)**

Доманский В.О., Рузов И.В., Доманская О.В., Кулакова А.Ю. 100

**ОЦЕНКА БЛАГОПРИЯТНЫХ УЧАСТКОВ ДЛЯ ЗАХОРОНЕНИЯ ДРЕНАЖНЫХ
РАССОЛОВ КАРЬЕРА «ЮБИЛЕЙНЫЙ» В КРИОГЕННЫХ ТОЛЩАХ**

Дроздов А.В., Мельников А.И. 107

**ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО И ЕГО КОМПОНЕНТЫ В ПОВЕРХНОСТНЫХ
ВОДАХ ГУМИДНОЙ ЗОНЫ**

Зобкова М.В., Ефремова Т.А., Лозовик П.А., Сабылина А.В. 115

**ГЕОТЕРМИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ОСНОВАНИЙ ПОВЕРХНОСТНЫХ
СООРУЖЕНИЙ АЛМАЗОДОБЫВАЮЩИХ РУДНИКОВ ЯКУТИИ**

Курилко А.С., Дроздов А.В., Хохолов Ю.А., Соловьев Д.Е., Мельников А.И. 121

РЕЙТИНГ УЧАСТКОВ С ДЕРЕВЬЯМИ НА КАДАСТРОВЫХ КВАРТАЛАХ ГОРОДА

Мазуркин П.М., Кудряшова А.И. 127

АНАЛИЗ ВИДОВОГО СОСТАВА ЛУГОВОЙ ТРАВЫ

Михайлова С.И., Мазуркин П.М. 133

**ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОЗЕР ОАЗИСОВ ХОЛМОВ
ЛАРСЕМАНИ И ШИРМАХЕРА (ВОСТОЧНАЯ АНТАРКТИДА)**

Нигаматзянова Г.Р., Федорова И.В. 140

СЕЙСМОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЮГО-ЗАПАДА ТУВЫ	
<i>Овсюченко А.Н., Бутанаев Ю.В., Прудников С.Г., Кужугет К.С.</i>	145
ИЗМЕНЕНИЕ УДЕЛЬНОГО КОМБИНАТОРНОГО ИНДЕКСА ЗАГРЯЗНЕННОСТИ ВОДЫ РЕКИ ТЕРЕК РЕСПУБЛИКИ СЕВЕРНАЯ ОСЕТИЯ-АЛАНИЯ	
<i>Оказова З.П., Катаева М.В.</i>	150
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПЕРСПЕКТИВЫ ПЕРЕРАБОТКИ ГИДРОТЕХНОГЕННЫХ ГЕОРЕСУРСОВ МЕДНОКОЛЧЕДАННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ	
<i>Орехова Н.Н., Чалкова Н.Л., Чалкова К.Д.</i>	155
КУЛЬТУРНОЕ НАСЛЕДИЕ И КУЛЬТУРНО-ИСТОРИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ: ОЦЕНКА ГЕОИНФОРМАЦИОННЫМИ СИСТЕМАМИ	
<i>Петин А.Н., Королева И.С., Игнатенко Е.А.</i>	158
КОПТО-БАЙСЮТСКИЙ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ РАЙОН ДРЕВНЕЙ ТУВЫ	
<i>Прудников С.Г., Прудникова Т.Н.</i>	164
РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ПРЕСНЫХ ВОД В РЕСПУБЛИКЕ СЕВЕРНАЯ ОСЕТИЯ-АЛАНИЯ	
<i>Тавасиев В.Х.</i>	169
ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОПЕРЕНОСА В ПРОМЫШЛЕННЫХ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРАХ С ЭЛЕГАЗОВЫМ ОХЛАЖДЕНИЕМ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ВИБРАЦИИ	
<i>Хисматуллин А.С., Вахитов А.Х., Феоктистов А.А.</i>	173
КВАНТОВО-МЕХАНИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ ДЕГИДРОКСИЛАЦИИ МИНЕРАЛОВ	
<i>Шишелова Т.И., Липовченко Е.Л.</i>	177

CONTENTS

Chemical sciences (02.00.00)

IMPROVED METHOD OF PRODUCING FODDER MOLASSES FROM IR-IRRADIATED FROM GRAIN WHEAT <i>Aksenov V.V., Volonchuk S.K., Resepin A.I., Dubkova S.A.</i>	9
METHOD OF IMPROVING OIL RECOVERY AND EXTRACTION OF NATURAL BITUMEN FROM THE HEAT UTILIZATION OF SOLAR ENERGY <i>Akhmedzhanov T.K., Nuranbayeva B.M.</i>	13
RELATION BETWEEN SOPTION AND PHOTOCATALYTIC ACTIVITY OF MODIFIED POTASSIUM POLYTITANATES TO DIFFERENT ORGANIC DYES <i>Vikulova M.A., Kovaleva D.S., Tretyachenko E.V., Goffman V.G., Gorokhovskiy A.V.</i>	17
QUALITATIVE AND QUANTITATIVE DETERMINATION OF POLYPHENOLIC AND ECDYSTEROID COMPOUNDS FROM EARFLAPS (OTITES PARVIFLORUS GROSSH.) <i>Darmogray V.N., Erofeeva N.S., Darmogray S.V., Filippova A.S., Morozova V.A., Dubodelova G.V.</i>	21
SYNERGISTIC EFFECT IN THE FORMATION OF THE SOLID SOLUTIONS ON BASE AMMONIUM NITRATE <i>Ivanov V.V.</i>	26
SYNTHESIS OF NOVEL CONDENSED COMPOUNDS BASED ON THE REACTION OF SULFUR DICHLORIDE WITH 6-ALLYL-3-METHYLPHENOL <i>Ishigeev R.S., Potapov V.A., Amosova S.V.</i>	29
SYNTHESIS OF TEMPLATE SORBENTS BASED ON HUMIC ACIDS AND M-AMINOPHENOL <i>Kasymova E.D., Vinogradov V.V., Kydraliev K.A., Zhorobekova S.Z.</i>	33
CHEMICAL NATURE OF DNA REPAIR MECHANISMS IN THE MICROBIAL SYSTEMS <i>Lopatina A.B.</i>	37
SYNTHESIS AND HYDROGENIZATION OF NEW 3-METHOXYMETHYL- 4-NITROSO-5-PHENYL-1H-PYRAZOLE <i>Lyubyashkin A.V., Efimov V.V., Suboch G.A., Tovbis M.S.</i>	42
SYNTACTIC MATERIALS WITH HIGH DIELECTRIC PROPERTIES BASED ON SILICONE POLYMER <i>Mikhailov V.A.</i>	47
INFLUENCE OF THE CHEMICAL NATURE OF THE MODIFYING ADDITIVES OF THE INORGANIC ORIGIN ON THE ELECTROKINETIC POTENTIAL OF COAL DISPERSIONS <i>Mullina E.R., Mishurina O.A., Chuprova L.V., Ershova O.V.</i>	51
DEPHOSPHORIZATION CONVERTER SLAG LEACHING FOR FURTHER RECYCLING THE METALLURGICAL <i>Sultanmurat G.I., Boranbaeva B.M., Isanova B.H., Aktaeva N.A., Asauova A.E., Shakarimov M.Z., Minuarbekkyzy F.</i>	56
INVESTIGATION OF PROPERTIES OF THE EPOXY RESIN MODIFIED BY ALKOXYSILANES BY THE METHOD OF BIOTESTING <i>Chukhlanova N.V.</i>	61

Agricultural sciences (06.01.00, 06.03.00)

THE STATE OF FORESTS IN LIPETSK REGION AS A RESULT OF INTERACTION OF NATURE AND HUMAN <i>Anichkina N.V.</i>	64
MAIN WRECKERS OF TOMATOES OF THE SARYAGASHSKY REGION OF THE SOUTHERN KAZAKHSTAN AREA <i>Bozshatayeva G.T., Ospanova G.S., Turabayeva G.K.</i>	68
EXPERIENCES OF BIOLOGICAL RECULTIVATION ON TAILINGS DAMS WESTERN YAKUTIA <i>Mironova S.I., Gavrilyeva L.D., Kudinova Z.A., Petrov A.A.</i>	72
SPECIFIC STRUCTURE OF FAUNA OF INSECTS OF TOMATOES IN THE SARYAGASHSKY REGION OF THE SOUTHERN KAZAKHSTAN AREA <i>Ospanova G.S., Bozshatayeva G.T., Turabayeva G.K.</i>	77
PHYSICAL AND CHEMICAL CHARACTERISTIC OF EXTRACTS FROM PLANTS OF AMARANTOV FAMILY <i>Uazhanova R.U., Ospanov A., Kazbekova A.</i>	81

Earth Science (25.00.00)

MAIN DIRECTIONS OF IMPROVEMENT OF THE REAGENCY MODES OF FLOTATION OF COALS <i>Grishin I.A., Knyazbayev Z.S.</i>	87
ENVIRONMENTAL IMPACTS OF OIL SPILLS <i>Demelhanov M.D., Okazova Z.P., Chupanova I.M.</i>	91
DEVELOPING EFFECTIVE WAYS OF COMBATING SOIL SPECIES IN SWELLING CAPACITY OF PREPARATORY EXCAVATIONS OF COAL MINES <i>Demin V.F., Javorskij V.V., Demina T.V., Steflyuk Y.Y.</i>	95
MULTIFACTOR EVALUATION OF GROUNDS CORROSION OF THE KOTELNY ISLAND (ARCTIC) <i>Domanskii V.O., Ruzov I.V., Domanskaya O.V., Kulakova A.Y.</i>	100
ESTIMATION OF FAVORABLE SITES FOR THE BURIAL PLACE OF DRAINAGE BRINES OF THE OPENCAST MINE PIPE «JUBILEJNYJ» IN CRYOGENIC THICKNESSES <i>Drozдов A.V., Melnikov A.I.</i>	107
ORGANIC MATTER AND ITS COMPONENTS IN SURFACE WATER OF HUMID ZONE <i>Zobkova M.V., Efremova T.A., Lozovik P.A., Sabylina A.V.</i>	115
GEOHERMAL CONTROL OF THE BASES OF SUPERFICIAL CONSTRUCTIONS DIAMOND-MINING MINES OF YAKUTIA <i>Kurilko A.S., Drozdov A.V., Khokholov Y.A., Solovov D.E., Melnikov A.I.</i>	121
A RATING OF LOTS OF TREES ON THE CADASTRAL DISTRICTS OF THE CITY <i>Mazurkin P.M., Kudryashova A.I.</i>	127
ANALYSIS OF COMPOSITION MEADOW GRASS <i>Mikhailova S.I., Mazurkin P.M.</i>	133

ASSESSMENT OF THE ECOLOGICAL STATE OF THE LARSEMANN HILLS AND THE SHIRMACHER OASES LAKES (EAST ANTARCTICA)	
<i>Nigamatzyanova G.R., Fedorova I.V.</i>	140
SEISMOGEOLOGICAL RESEARCHES OF THE SOUTHWEST OF TUVA	
<i>Ovsyuchenko A.N., Butanaev Y.V., Prudnikov S.G., Kuzhuget K.S.</i>	145
CHANGE OF THE SPECIFIC COMBINATORY INDEX OF IMPURITY OF WATER OF THE TEREK RIVER OF THE REPUBLIC NORTHERN OSSETIA-ALANYA	
<i>Okazova Z.P., Kataeva M.V.</i>	150
TECHNOLOGICAL PROSPECTS OF PROCESSING OF GIDROTEKHNOGENNYKH RESOURCES OF MEDNOKOLCHEDANNYKH OF DEPOSITS	
<i>Orehova N.N., Chalkova N.L., Chalkova K.D.</i>	155
CULTURAL HERITAGE AND CULTURAL AND HISTORICAL POTENTIAL OF THE BELGOROD REGION: ASSESSMENT BY GEO-INFORMATIONAL SYSTEMS	
<i>Petin A.N., Koroleva I.S., Ignatenko E.A.</i>	158
COPTO-BAYSYUT MINING AND METALLURGICAL AREA OF ANCIENT TUVA	
<i>Prudnikov S.G., Prudnikova T.N.</i>	164
ETHNO-DEMOGRAPHIC PROBLEMS IN THE REPUBLIC OF NORTH OSETIA-ALANIA	
<i>Tavasiev V.H.</i>	169
INVESTIGATION OF HEAT TRANSFER IN INDUSTRIAL POWER TRANSFORMERS GAS COOLING THE EFFECT OF VIBRATION	
<i>Hismatullin A.S., Vahitov A.H., Feoktistov A.A.</i>	173
QUANTUM MECHANICAL CALCULATION OF MINERALS DEHYDROXYLATION	
<i>Shishelova T.I., Lipovchenko E.L.</i>	177

УДК 664.727.085

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ КОРМОВОЙ ПАТОКИ ИЗ ИК-ОБЛУЧЕННОГО ЗЕРНА ПШЕНИЦЫ

Аксенов В.В., Волончук С.К., Резепин А.И., Дубкова С.А.

Сибирский научно-исследовательский и технологический институт переработки сельскохозяйственной продукции РАН, Новосибирск, e-mail: volonchuk 2015@yandex.ru

В статье приведены результаты исследований процесса получения кормовой патоки из ИК-облученного зерна пшеницы. Установлено, что вследствие деструкции крахмала зерна и значительного уменьшения прочности зерна при ИК-облучении возрастает скорость протекания биохимических преобразований, содержание углеводов в патоке существенно повышается, по сравнению с патокой, полученной из необработанного зерна. При этом затраты времени и энергии значительно уменьшаются. На основании статистически обработанных результатов исследований получена эмпирическая зависимость, математически отражающая влияние переменных факторов процесса на содержание сахаров в патоке. Делается вывод о целесообразности использования результатов работы при разработке усовершенствованной технологии получения кормовой патоки из разнообразных видов зернового сырья, подвергнутого ИК-обработке.

Ключевые слова: биохимическая конверсия, зерно, инфракрасное излучение (ИК), деструкция крахмала, кормовая патока

IMPROVED METHOD OF PRODUCING FODDER MOLASSES FROM IR-IRRADIATED FROM GRAIN WHEAT

Aksenov V.V., Volonchuk S.K., Resepin A.I., Dubkova S.A.

Siberian research and technology institute of agricultural production processing, Novosibirsk, e-mail: volonchuk 2015@yandex.ru

The article presents the results of studies on the processing of IR-irradiated wheat to molasses. It is established that in consequence of the destruction of starch grains and a significant reduction of grain strength under IR-radiation increases the rate of biochemical transformations. The content of sugar in molasses is significantly increased, compared to syrup obtained from raw grain. While time and energy are significantly reduced. On the basis of statistical processing of results of studies obtained empirical relationships, mathematically reflecting the influence of variable factors of the process on the sugar content in the molasses. The conclusion about expediency of use of research results in the development of improved technology to obtain molasses of various types of grain IR-radiation.

Keywords: biochemiical convesion, heat grain, infrared radiation (IR), destruction of starch, a fodder molasses

Общепризнано, что во всех физиологических процессах животных важная роль принадлежит углеводам. Углеводы, с одной стороны, являются одним из основных источников энергии для животных, а с другой стороны, – питательной средой для синтеза микробного белка. Недостаток углеводов в рационах крупного рогатого скота (КРС) снижает перевариваемость и усвояемость питательных веществ кормов, приводит к разбалансировке биохимических процессов у животных, снижает молочную продуктивность и продуктивное долголетие, а также дает ряд других негативных последствий. Особенно сильно проявляются отрицательные явления при недостатке углеводов в рационах высокопродуктивных животных, что не позволяет им реализовать свой генетический потенциал продуктивности и существенно уменьшает продуктивное долголетие [5].

В мировой и отечественной практике кормопроизводства существуют различные способы и технологии обработки зернового

сырья с целью повышения его питательной ценности и усвояемости. К ним относятся: замачивание, поджаривание, экструдирование, кондиционирование зерна, а также другие способы обработки. Вышеперечисленные технологии обладают рядом существенных недостатков: низкая конверсия зернового крахмала в сахара (5–7%), высокие энергозатраты и высокая температура обработки [1].

В связи с вышеизложенным, назрела острая необходимость разработки новых технологий, позволяющих перерабатывать имеющееся в хозяйствах зерновое крахмалосодержащее сырье на кормовые патоки малозатратными и экологически безопасными способами.

Одним из путей совершенствования процесса получения кормовой патоки является использование в качестве сырья зерна, разрушенного под действием тепловых и электромагнитных излучений, когда идут изменения крахмальной цепочки. Например, «взрыв» зерна по аналогии

с получением воздушной кукурузы [8]. Движущей силой этого процесса является влага зерновки, которая вследствие термо- влагопроводности (термодиффузии) по капиллярам и порам перемещается к центру зерна. Осуществить это можно, например, ИК-облучением зерна. Так как величина плотности потока ИК-излучения достаточно большая, то влага, сконцентрированная в центре зерновки, нагревается до 110–150 °С, испаряется очень быстро, что приводит к мгновенному повышению давления водяных паров. При этом зерно разрушается, но не рассыпается, уменьшаются его прочностные характеристики, что способствует снижению энергозатрат при его дальнейшей обработке (помоле, плющении и т.д.), а также облегчается разжевывание животными [2, 6].

Анализ научных и других источников свидетельствует о том, что имеются данные о результатах отдельных работ, направленных на разработку способов и технологических процессов получения и использования полуфабрикатов из зернового сырья на кормовые цели [4, 7]. Однако в литературе отсутствуют данные о получении кормовой патоки из ИК-облученного зерна пшеницы.

Ранее нами были проведены исследования по определению зависимости степени деструкции крахмала и прочностных характеристик зерна пшеницы от влажности и плотности потока ИК-излучения, с учетом, того что влажность зерна при уборке урожая вследствие различных погодных условий находится в диапазоне 12–18 %. Было установлено, что крахмал частично подвергается деструкции, а прочностные характеристики зерна уменьшаются до 6 раз [3]. Эти данные позволяли предположить, что процесс ферментативной биоконверсии облученного зерна должен протекать за более короткие промежутки времени и с меньшими затратами энергии.

Цель исследования

Целью исследования является изучение режимов биоконверсии зерна пшеницы, подвергнутого ИК-облучению при определенных значениях плотности потока и влажности, в кормовую патоку, обеспечивающих увеличение выхода сахаров, снижение продолжительности процесса и, соответственно, энергозатрат.

Материалы и методы исследования

Для исследований было подготовлено цельное зерно пшеницы, обработанное инфракрасным из-

лучением по 9 вариантам, и зерно пшеницы, необработанное, в качестве контроля. Для исследования процесса осахаривания зерна в процессе получения кормовой патоки использовались мультитэнзимные композиции. Исследование влияния параметров биотехнологической конверсии зерна в кормовую патоку проводилось на разработанной в ГНУ СибНИТИП оригинальной установке – гидромеханическом диспергаторе (рисунок).

При проведении исследований контролировалось содержание сахаров в пробах, отобранных при различных временных выдержках и энергозатраты на производство кормовой патоки.

Общий сахар в патоке определялся по гостированной методике.

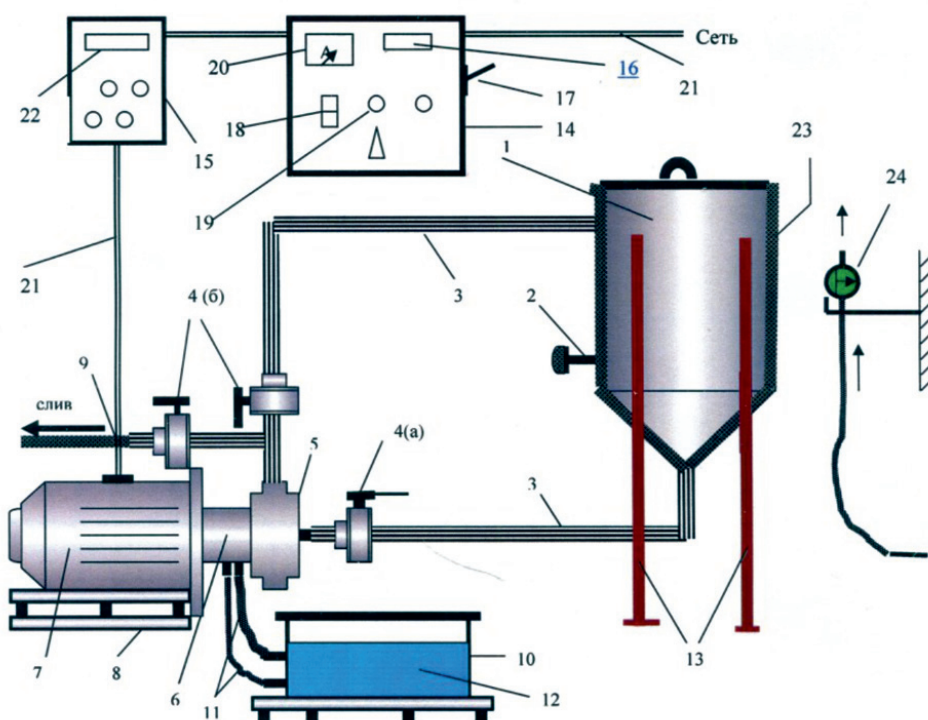
Основными элементами гидромеханического диспергатора являются емкость рециркуляции (1) и кавитационная ячейка с рабочими органами (5). В емкость рециркуляции заливается вода, включается диспергатор и порциями вносится ИК-обработанное зерно. По окончании внесения зерна вносятся мультитэнзимные композиции, емкость закрывается и далее подвергается гидромеханической обработке. Пробы патоки отбираются через равные промежутки времени. В процессе гидромеханической обработки реакционная масса многократно проходит через рабочие органы. В результате интенсивных гидродинамических и гидромеханических воздействий на водо-зерновую суспензию идет ее диспергирование и саморазогрев: стадия желатинизации-клейстеризации. Последующие стадии процесса разжижения и осахаривания проводятся в присутствии мультитэнзимных композиций.

Аналогичные операции проводились и с необработанным зерном.

Результаты исследования и их обсуждение

Результаты исследований приведены в таблице. Установлено, что при ферментативной биоконверсии необлученного цельного зерна значимый выход углеводов в патоке достигает значений 16,80 % (таблица, строка № 1) через 210 минут обработки. После ИК-облучения зерна той же влажности (12 %) близкие результаты по содержанию углеводов в патоке достигаются уже за 60 минут обработки, когда выход углеводов составил 16,98 % (таблица, строка № 2). Увеличение плотности потока ИК-излучения при 12 % влажности зерна приводит к повышению выхода сахаров в среднем на 2,5 % (таблица, строки № 2–4).

Биоконверсия ИК-облученного зерна с большей влажностью (15 % и 18 %) показала, что содержание сахаров в патоке увеличивается на 2 % по сравнению с зерном 12 % влажности (таблица, строки № 5–10). По сравнению с необлученным зерном этот показатель возрастает на 8 % (таблица, строка № 1).



Лабораторная установка гидродинамического диспергирования. 1 – емкость рециркуляции; 2 – датчик температуры; 3 – продуктопровод; 4 (а-б) – затворы; 5 – кавитационная ячейка; 6 – сальниковый узел; 7 – электродвигатель; 8 – рама-компенсатор; 9 – канал для слива; 10 – модуль охлаждения сальникового узла; 11 – водоподводящие шланги; 12 – вода; 13 – стойки; 14 – щит управления; 15 – частотный преобразователь; 16 – индикатор температуры; 17 – выключатель; 18 – кнопки «Пуск» и «Стоп»; 19 – кнопка аварийного отключения; 20 – амперметр; 21 – подводный кабель; 22 – индикатор скорости вращения двигателя; 23 – теплоизоляция; 24 – расходомер воды

Экспериментальные данные по ферментативному гидролизу ИК-облученного и необлученного зерна

№ п/п	Контролируемые параметры		Продолжительность обработки, мин					
	Исходная влажность зерна, %	Плотность потока ИК-излучения, кВт/м ²	30	60	90	130	170	210
			Содержание общего сахара в патоке, %					
1	12,0	необлученное зерно	9,876	12,040	13,893	14,510	15,436	16,801
2	12,0	17,0	12,040	16,980	17,906	19,141	19,759	19,141
3	12,0	20,0	6,174	13,275	14,819	17,598	18,524	21,611
4	12,0	23,0	15,128	15,438	15,445	17,906	18,529	21,617
5	15,0	17,0	22,229	18,524	19,141	20,685	21,920	17,598
6	15,0	20,0	20,685	21,610	21,611	21,614	21,928	22,229
7	15,0	23,0	6,174	8,644	9,570	11,423	14,819	24,696
8	18,0	17,0	12,349	15,436	18,524	19,141	20,067	22,229
9	18,0	20,0	6,792	13,584	15,436	17,906	19,141	20,685
10	18,0	23,0	18,524	20,067	21,611	23,155	23,772	24,699

В результате множественного регрессионного анализа экспериментальных данных содержания сахаров в патоке, связанных с влиянием изменяемых параметров, а именно, влажности зерна и плотности

потока ИК-излучения, получена эмпирическая зависимость:

$$Y = 2,142 + 0,291 \cdot X_1 + 0,754 \cdot X_2,$$

где Y – содержание сахаров, %;

X1 – влажность зерна, %;

X2 – плотность потока ИК-излучения, кВт/м².

Анализируя регрессионное уравнение, отражающее зависимость выхода общего сахара от влажности зерна и плотности потока ИК-излучения, можно заключить, что на реакционную способность в большей степени влияет плотность ИК-излучения, в то время как влажность зерна оказывает существенно меньшее влияние.

Установлено, что продолжительность процесса биоконверсии ИК-облученного зерна сокращается в среднем в 3,5 раза, а энергозатраты уменьшаются в 2,5 раза.

Выводы

Результаты исследования показывают, что предложенный способ дает достоверный результат и может быть использован для разработки усовершенствованной технологии получения кормовой патоки путем механо-биохимического воздействия.

При получении кормовой патоки из предварительно ИК-обработанного зерна, снижаются время биоконверсии зерна и энергетические затраты по сравнению с существующим процессом. Вероятно, это происходит за счет уменьшения прочности зерна и повышения атакующести деструктурированного крахмала ферментами мульти-энзимной композиции.

Значимость работы заключается в том, что полученные результаты могут быть использованы при разработке технологии получения кормовой патоки из других видов зернового сырья, подвергнутого ИК-облучению.

Список литературы

1. Аксенов В.В. Комплексная переработка растительного крахмалосодержащего сырья в России / В.В. Аксенов. Вестник КрасГАУ. – 2007. – № 5. – С. 213–218.
2. Березовикова И.П. Обоснование режимов микронизации зерна пшеницы для производства цельнозерновых продуктов / И.П. Березовикова, П.Е. Влощинский. Техника и технология пищевых производств. – 2011. – № 3. – С. 5–7.
3. Волончук С.К. Подготовка зерна пшеницы инфракрасным облучением для получения кормовой патоки / С.К. Волончук, В.В. Аксенов, С.А. Дубкова, А.И. Резепин. Современные наукоемкие технологии. – 2015. – № 10. – С. 12–14.
4. Зверев С.В. Повышение качества фуражного зерна высокотемпературная микронизация / С.В. Зверев, А.М. Соловьев, М.В. Брусков и др. – М.: ДеЛипринт, 2001. – 35 с.
5. Мотовилов К.Я. Нанозообитехнология производства зерновых паток для животноводства: методические рекомендации / К.Я. Мотовилов, О.К. Мотовилов, В.В. Аксенов В.В., и др. – Новосибирск, 2015. – 60 с.
6. Панфилова И.А. Разработка технологии быстро-развариваемой крупы и хлопьев из целого зерна пшеницы профилактического назначения с использованием ИК-обработки: автореф. дис.. канд. техн. наук: / Панфилова Ирина Аркадьевна. – М., 1998. – 22 с.
7. Патент РФ №2012125099/13, 10.06.2012. / В.И. Сыроватка, Ю.А. Иванов, Т.С. Комарчук, А.Н. Векленко. Способ производства вспученного фуражного зерна // Патент России № 2518726. Публ. 10.06.2014.
8. Производство взорванных зерен [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://msd.com.ua/pishhevye-koncentraty/proizvodstvo-vzorvannykh-zeren/> (дата обращения 23.06.2015).

УДК 622.276; 622.279; 622.276.4+276.6+279.4+279.6

СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ ПЛАСТОВ И ДОБЫЧИ ПРИРОДНОГО БИТУМА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕПЛА СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ

Ахмеджанов Т.К., Нуранбаева Б.М.

*Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева,
Алматы, e-mail: ahm_tlev_49@mail.ru, bulbulmold@mail.ru*

Для повышения нефтеотдачи пластов при разработке месторождений высоковязкой нефти наиболее эффективными способами являются тепловые, основанные на закачке горячей воды и пара. Однако при существующих способах наблюдаются большие материальные затраты и загрязнение окружающей среды при сжигании топлива для получения пара. В статье приведен новый способ вскрытия пластов для обработки паром и принципиальная технологическая схема круглогодичного получения горячей воды и высокотемпературного пара с применением тепла солнечной энергии. Разработанный новый солнечный коллектор, позволяет также опреснять морскую и пластовую воды. При этом его можно разместить непосредственно у скважин и получать пар, а также электроэнергию на местах расположения нагнетательных скважин.

Ключевые слова: нефть, пласт, закачка, пар, тепло, солнечная энергия, нефтеотдача

METHOD OF IMPROVING OIL RECOVERY AND EXTRACTION OF NATURAL BITUMEN FROM THE HEAT UTILIZATION OF SOLAR ENERGY

Akhmedzhanov T.K., Nuranbayeva B.M.

*Kazakh national research technical University named after K.I. Satpayev, Almaty,
e-mail: ahm_tlev_49@mail.ru, bulbulmold@mail.ru*

For enhanced oil recovery in the development of heavy oil the most effective methods are thermal, injects hot water and steam. However, with current methods there are large, tangible costs and environmental pollution from fuel combustion for steam production. The article presents a new method of opening reservoir for steaming and technological scheme of the year-round production of hot water and high temperature steam with the use of passive solar design. Developed a new solar collector, allows also to desalinate sea water and formation. While it can be placed directly in wells to obtain steam and electricity at the locations of the injection wells.

Keywords: oil, reservoir, pumping, steam, heat, solar energy, oil recovery

Общеизвестно возрастающее значение нефти в мировой экономике. В этой связи возникает необходимость более полного извлечения нефти из пластов, т.к. до настоящего времени неизвлеченные остаточные запасы составляли 60–80 % от геологических. Сейчас создаются новые технические средства и технологические приемы, обеспечивающие более высокую полноту извлечения нефти из недр к которым можно отнести и тепловые технологии.

Исследования показывают, что существенно увеличить коэффициент нефтеотдачи можно путем изменения технологии вскрытия пластов и добычи нефти, с учетом физических и физико-химических свойств вытесняющего агента, применения углеводородных растворителей, углекислоты, мицеллярных растворов, поверхностно-активных веществ, полимерных растворов и других агентов и, наконец, изменения температурного режима процесса вытеснения нефти из пласта [1].

Особое место термических методов воздействия на пласт обусловлено тем, что для их реализации используют широкодоступные агенты – воду и пар. Масштабы

применения этих методов не зависят от возможностей получения больших количеств химических реагентов, необходимых для внедрения физико-химических методов повышения нефтеотдачи пластов.

Развитию термических методов добычи нефти во многих нефтедобывающих странах мира уделяют большое внимание. В США, Венесуэле, Канаде термические методы широко применяют на многих месторождениях. Интерес к термическим методам добычи нефти с каждым годом возрастает. Вместе с тем термические методы, основанные на подогреве воды и получении пара, отличаются высокой степенью затрат на образования тепла и его большими потерями. Для подогрева пластовой нефти наиболее распространенным способом является закачка водяного пара высокой температуры [2].

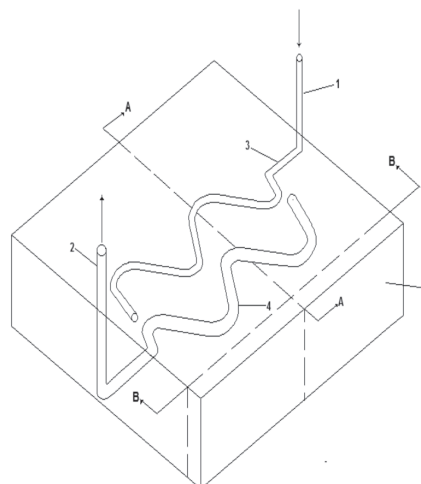
На основании лабораторных и промышленных опытов установлено, что наиболее эффективным рабочим агентом, используемым для увеличения нефтеотдачи, является насыщенный водяной пар высоких давлений (8–15 МПа).

При этом закачка водяного пара является более эффективным методом, чем закачка го-

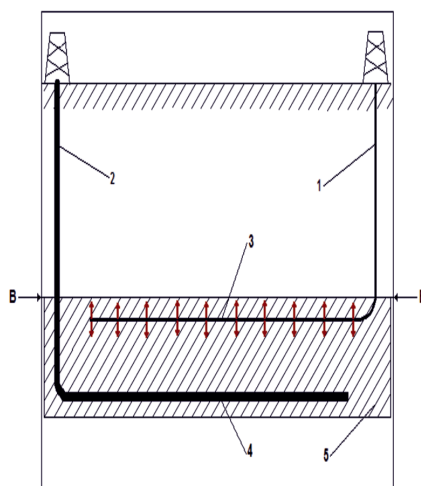
рячей воды. Уже доказана высокая эффективность от нагнетания высокотемпературного пара и горячей воды при различных геолого-физических условиях», например, на месторождениях Кенкиак, Гремихинское и др. Это указывает на то, что при соответствующей небольшой модификации оборудования можно перейти от обычного заводнения к тепловому воздействию посредством нагревания нагнетаемой в пласт воды и пара [3].

Эффективность внедрения паротепловых методов воздействия на пласт во многом зависит от геолого-физических условий залегания нефтяных пластов и схем подачи пара в пласт и откачки подогретой нефти. К геолого-физическим условиям относятся глубина залегания; тип коллектора; характер насыщения коллектора нефтью, водой и газом, физико-химические свойства нефти, теплофизические свойства продуктивных горных пород пластов, насыщенных водой, нефтью и газом. Схемы подачи пара и откачки подогретой нефти зависят от способов вскрытия и подготовки нефтяного пласта к эксплуатации.

Нами предлагается новый способ вскрытия, обеспечивающий возможность интенсивного прогрева углеводородного пласта и увеличения коэффициента охвата воздействием [4]. Для этого выбирают участок месторождения высоковязкой нефти или природного битума, и на этом участке проводят два вертикальных ствола скважины, один из которых пересекает кровлю углеводородного пласта, а второй проводят до подошвы пласта. Затем продолжают бурить скважины так, чтобы одна проходила из ствола по кровле пласта высоковязкой нефти или природного битума в виде лежащей синусоиды, а с противоположной части, напротив нагнетательной синусоидальной скважины в параллельном направлении бурят добывающую лежащую синусоидальную скважину большего диаметра, чем нагнетательная, над подошвой пласта высоковязкой нефти и природного битума, при этом нагнетательную синусоидальную скважину располагают над добывающей синусоидальной скважиной параллельно на определенном расстоянии и производят закачку теплоносителя из обеих скважин. После определенного времени закачанный теплоноситель, достигнув до кровли пласта, начнет перемещать разжиженную углеводородную массу вниз и таким образом создается гидродинамическая связь между скважинами и объемная паровая камера в пласте, обеспечивающие гравитационный режим движения углеводородов.



Разрез по B-B



Разрез по A-A

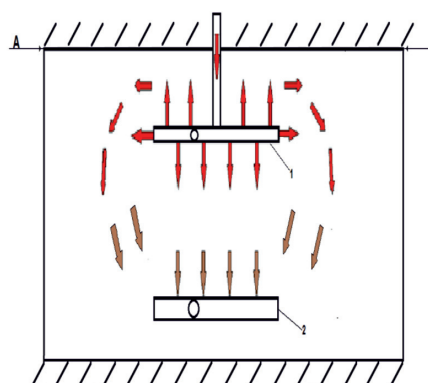


Рис. 1. Схема расположения скважин для тепловой обработки пласта и добычи высоковязкой нефти, природных битумов и газогидратов. 1,3 – нагнетательные скважины; 2,4 – добывающие скважины; 3,4 – горизонтальные участки скважин в виде лежащей синусоиды; 5 – продуктивный пласт

После снижения вязкости нефти или природного битума до требуемой текучести в пласте, создают зону перепада давления между участками синусоидальной добывающей скважины и синусоидальной нагнетательной скважины и производят отбор нагретой продукции из добывающей скважины. Сущность изобретения поясняется чертежом, как показано на рис. 1.

На определенном участке месторождения высоковязкой нефти или природного битума проводят два ствола вертикальных скважин на определенном расстоянии друг от друга, одна из которых (1) пересекает кровлю, а другая (2) – до подошвы пласта, и из первого ствола скважины проводят горизонтальную скважину 3 в виде лежащей синусоиды в кровле, а из второго ствола аналогичную скважину 4 в подошве пласта, причем скважина 4 имеет больший диаметр, чем скважина 3.

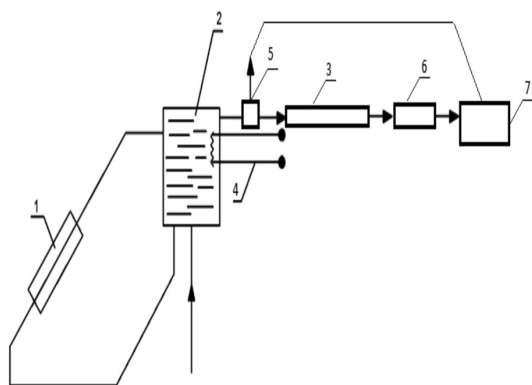


Рис. 2. Принципиальная технологическая схема геологической установки горячего водопароснабжения: 1 – солнечный коллектор, «черный ящик» для получения горячей воды; 2 – теплообменник; 3 – солнечный коллектор для получения пара; 4 – резервный источник нагрева воды в бессолнечный период; 5 – циркуляционный насос; 6 – высокотемпературный водяной пар; 7 – скважина

Способ работает следующим образом. В целях подогрева углеводородов в пласте в скважины 1, 2, 3, 4 подается горячий пар до тех пор, пока не возникнет гидродинамическая связь между синусоидальными скважинами, затем производят отбор нагретой продукции из пласта по скважинам 2 и 4, а подачу пара через скважину 1 и 3 продолжают до конца отработки углеводородов в объеме пласта между скважинами 3 и 4. При этом за счет использования лежащих синусоидальных скважин увеличивается коэффициент охвата пласта

воздействием, а за счет того, что диаметр скважины 4 больше диаметра скважины 3 создается гравитационный режим движения подогретых масс углеводородов.

Основными недостатками всех паротепловых методов воздействия на пласты являются большие затраты на получение горячей воды и пара.

Нами предлагается инновационная схема получения горячей воды и пара с использованием солнечных коллекторов тепла, расположенных непосредственно у нагнетательных скважин.

При этом предлагается следующая технологическая схема получения и транспортировки горячей воды и пара (рис. 2).

Для получения горячей воды можно использовать солнечные коллекторы типа «черного ящика» различной конструкции.

Нами разработана новая конструкция солнечного коллектора, обеспечивающего возможность одновременного опреснения морских и пластовых вод солнечным излучением и получением горячей воды и высокотемпературного водяного пара для закачки в нефтяной пласт [5].

Сущность разработанного нами солнечного коллектора поясняется чертежом, как показано на рис. 3.

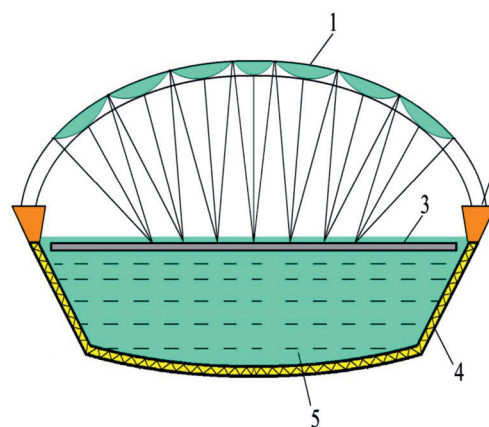


Рис. 3. Солнечный коллектор для подогрева воды и получения высокотемпературного пара

Солнечный коллектор имеет корпус, состоящий из рабочей испарительной теплоизолированной емкости (котла) с овальным дном 4, окрашенной с внешней стороны коррозионностойкой черной, а с внутренней теплоотражающей серебристой красками и заполняемой водой 5 (морской или очищенной от нефти пластовой

или технической), до уровня максимального фокусирования солнечных лучей, направленных на плавающую на этом уровне в емкости металлическую пластину черного цвета 3, подогреваемую за счет концентрации и фокусирования прямой и рассеянной солнечной радиации с помощью вогнутых линз 1, вмонтированных в светопроницаемую и термостойкую крышку, которой плотно перекрывают емкость с водой в виде крышки овальной формы или под определенным углом наклона таким образом, чтобы конденсирующиеся пары, в виде влаги на внутренней овальной или наклонной поверхности внутренней части крышки стекали в желоба 2 и затем в емкость для сбора опресненной воды. Опресненная вода подается в другой солнечный коллектор аналогичной конструкции, отличающейся тем, что пар не конденсируется, а подается в нагнетательную скважину при достижении требуемой температуры.

Устройство для получения пара работает следующим образом. В целях испарения опресненной воды автоматически заполняется испарительная емкость до уровня максимального фокусирования солнечных лучей, направленных на испарительную поверхность черного цвета, которая находится на поверхности воды в емкости. За счет нагрева испарительной поверхности сфокусированными солнечными лучами подогревается и испаряется опресненная вода, а водяной пар под высоким давлением подается в скважину. Избытки пара могут быть использованы также для получения и аккумуляции электрической энергии, ко-

торую используют для подогрева воды при отсутствии солнечной радиации.

Заключение

1. Для увеличения охвата пласта воздействием высокотемпературного пара предлагается новая схема вскрытия пласта с применением горизонтальных скважин с синусоидальным профилем, пройденным в кровле и подошве пласта.

2. Для получения горячей воды и пара предлагается использовать новый концентратор солнечного тепла, устанавливаемый непосредственно вблизи нефтяных скважин, через которые нагнетаются горячая вода или высокотемпературный пар.

3. Предлагаемый солнечный концентратор для получения высокотемпературного пара можно использовать и для опреснения нагнетаемых в пласт морских и пластовых вод.

Список литературы

1. Ахмеджанов Т.К., Игембаев И.Б. «Разработка высоковязких нефтяных месторождений с использованием параллельных горизонтальных скважин и парогенератора» // Материалы межд. конф. «Коллоиды и нанотехнологии в индустрии». – Алматы, 2010. – С. 110.
2. Ахмеджанов Т.К., Нуранбаева Б.М. и др. Солнечный коллектор. Инновационный патент РК № 30007 на изобретение от 19.01.2014 г.
3. Ахмеджанов Т.К., Нуранбаева Б.М. и др. Способ разработки месторождений высоковязкой нефти и природного битума. Инновационный патент РК № 29575 от 16.03.2015 г., бюл. № 3.
4. Байбаков Н.К. Тепловые методы разработки нефтяных месторождений. – 1988. – 344 с.
5. Бурже Ж.П., Сурио М., Комбарну М. Термические методы повышения нефтеотдачи пластов. – М.: Недра. 1988. – 422 с.

УДК 544.47 / 544.723 / 546.824

СООТНОШЕНИЕ СОРБЦИОННОЙ И ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ПОЛИТИТАНАТОВ КАЛИЯ К РАЗЛИЧНЫМ ОРГАНИЧЕСКИМ КРАСИТЕЛЯМ

Викулова М.А., Ковалева Д.С., Третьяченко Е.В., Гоффман В.Г., Гороховский А.В.

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., Саратов,

e-mail: vikulovama@yandex.ru

Проведен синтез ряда нанокompозитных порошков путем обработки базовой и протонированной форм полититаната калия (ПТК и ПТКП, соответственно) в водных растворах солей переходных металлов. Была исследована сорбционная и фотокаталитическая активность (фотораспад) полученных полупроводниковых материалов по отношению к пяти модельным органическим красителям, относящимся к различным классам. На основании полученных результатов проанализированы возможности использования синтезированных продуктов в качестве фотокатализаторов распада органических соединений или фотоактивных полупроводников, сенсibilизированных органическими красителями.

Ключевые слова: полититанаты калия, нанокompозиты, органические красители, адсорбция, фотокатализ, сенсibilизаторы

RELATION BETWEEN SORPTION AND PHOTOCATALYTIC ACTIVITY OF MODIFIED POTASSIUM POLYTITANATES TO DIFFERENT ORGANIC DYES

Vikulova M.A., Kovaleva D.S., Tretyachenko E.V., Goffman V.G., Gorokhovskiy A.V.

Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Saratov,

e-mail: vikulovama@yandex.ru

A series of nanocomposite powders was produced by the treatment of the basic and protonated forms of the potassium polytitanate (PPT and PPTP respectively) in the aqueous solutions of transition metal salts. Sorption and photocatalytic activity of the obtained powders were investigated in the case of five model organic dyes corresponded to different groups. Possibilities to use the synthesized products as photocatalysts or photoactive semiconductor materials sensitized with organic dyes were analyzed taking into account the obtained results.

Keywords: potassium polytitanates, nanocomposites, organic dyes, adsorption, photocatalysis, sensitizers

В настоящее время, использование нанопорошков полупроводниковых материалов в значительной степени связано с двумя направлениями:

1) производство высокоэффективных фотокатализаторов разложения органических соединений загрязняющих воду, в частности – различных красителей [4, 6, 8];

2) изготовление фотоактивных слоев приборов и устройств фотовольтаики [5, 7, 9].

При этом требования к материалу в каждом из этих случаев различны. Если в первом случае необходимо, чтобы материал обладал одновременно и высокой сорбционной, и высокой фотокаталитической активностью, то во втором случае высокая сорбционная способность должна сопровождаться низкой активностью субстрата в процессе фотодегradации сорбированного на его поверхности соединения.

В качестве полупроводникового фотокатализатора чаще всего рассматривается TiO_2 , но высокая скорость рекомбинации электронно-дырочных пар на его поверхности, а также активность лишь в УФ-области солнечного спектра ограничивают его промышленное использование.

В настоящей работе в качестве гетерогенных катализаторов предлагается использовать слоистые полититанаты калия (ПТК), характеризующиеся большим межслойным расстоянием [10]. В результате, они обладают высокой сорбционной емкостью, благодаря чему при обработке полититанатов калия в водных растворах солей переходных металлов могут быть получены композитные наноматериалы, фотокаталитическая активность которых под действием солнечного излучения в видимой области спектра выше, чем у исходного ПТК [1, 2].

Задачей исследования является параллельное изучение сорбционной и фотокаталитической активности базовой и протонированной форм полититаната калия, модифицированных в водных растворах солей переходных металлов, по отношению к различным видам органических красителей с целью выявления перспектив их использования в качестве фотокатализаторов или полупроводниковых материалов для изготовления систем фотовольтаики, преобразующих световую энергию в электрическую.

Материалы и методы исследования

Образцы базового полититаната калия получены в расплаве солей в соответствии с методикой, описанной в работе [10]. Протонирование ПТК проводили при $t = 25^\circ\text{C}$, для чего водную суспензию базового полититаната калия обрабатывали серной кислотой при постоянном перемешивании. Затем твердую фазу отделяли центрифугированием и тщательно промывали дистиллированной водой, а полученный протонированный полититанат калия (ПТКП) высушивали при температуре 40°C . Для получения композиционных материалов на основе ПТК и ПТКП, модифицированных переходными металлами, порошки базового или протонированного полититаната калия обрабатывали в водном растворе сульфата соответствующего металла (Fe^{3+} , Ni^{2+}) в соответствии с методикой работ [1, 2] при комнатной температуре и постоянном перемешивании в течение определенного времени (3–18 ч). Затем центрифугированием отделяли твердую часть и просушивали при 40°C .

Анализ фотокаталитической активности модифицированных ПТК проводили с использованием 3 катионных красителей: метиленовый синий (МС), метиловый фиолетовый (МФ) и родамин 6Ж (РЖ); и 2 анионных: метиловый оранжевый (МО) и ализариновый красный С (АК).

Для исследования фотокаталитической активности полититанатов калия, модифицированных переходными металлами, к навеске фотокатализатора (0,2 г) добавляли 0,2 л водного раствора красителя (исходная концентрация метилового оранжевого 10 мг/л, ализаринового красного С и родамина 6Ж – 20 мг/л, метиленового синего и метилового фиолетового – 40 мг/л). В течение 1 часа полученную суспензию выдерживали в темноте для установления адсорбционного равновесия, а затем подвергали облучению видимым светом в течение 5 часов. Для контроля снижения концентрации красителя через каждый час отбирали пробы (5 мл), центрифугировали их для удаления взвешенных частиц катализатора, а остаточное содержание красителя в растворе определяли спектрофотометрическим методом с использованием спектрофотометра Evolution-3000 при длине волны, соответствующей максимуму поглощения красителя [1, 2].

Эффективность фотокаталитического разложения исследуемых красителей при облучении видимым светом в присутствии модифицированных полититанатов калия определяли с помощью традиционно используемого для этой цели уравнения [3] в логарифмических координатах:

$$\lg\left(\frac{C_0}{C}\right) = at + b,$$

где a – эффективность фоторазпада адсорбированных частиц красителя, мин^{-1} ; b – логарифм адсорбционной емкости Γ (мг/г) соответствующего полититаната калия.

Результаты исследования и их обсуждение

Фотокаталитическая деградация красителя осуществляется в два этапа: предварительная адсорбция молекулы красителя на катализаторе и ее последующий фоторазпад за счет фотогенерируемых носителей заряда. Таким образом, для сравнения механизма дей-

ствия различных фотокатализаторов и оценки роли каждого из этих процессов необходимо сопоставить значения параметров a и b . Результаты, полученные для различных видов модифицированных и немодифицированных видов ПТК, представлены на рис. 1–5.

Сорбционная емкость полититанатов калия, модифицированных переходными металлами, за исключением ПТКП-Fe, по отношению к ализариновому красному С снижается, а фотокаталитическая активность увеличивается (кроме ПТК-Ni) по сравнению с чистыми образцами ПТК и ПТКП. Также установлено, что сорбционная емкость образцов на основе ПТКП гораздо выше, чем у фотокатализаторов на основе базового полититаната калия (рис. 1).

По отношению к метиловому оранжевому все катализаторы проявили низкую сорбционную способность. Однако отмечено, что адсорбция МО на чистых ПТК и ПТКП выше, чем на модифицированных ионами металлов, а также, что сорбционная емкость образцов на основе ПТКП гораздо выше, чем на основе базового полититаната калия. Низкая величина фоторазпада красителя обусловлена очень низкой величиной адсорбции (рис. 2).

Установлено, что различные модификации полититаната калия эффективно обесцвечивают водные растворы метиленового синего. При этом адсорбция красителя на образцах, модифицированных переходными металлами ниже, чем на исходных базовом и протонированном ПТК. В то же время эффективность фотокаталитического разложения МС в присутствии полититанатов калия, модифицированных Ni^{2+} , возрастает, ПТКП-Fe – не изменяется, а ПТК-Fe – снижается, по сравнению с немодифицированными катализаторами (рис. 3).

Метиловый фиолетовый, как и МС, характеризуется хорошей сорбцией на полититанатах калия, при этом краситель лучше сорбируется на немодифицированных ПТК и ПТКП, кроме ПТКП-Ni. Отмечено также, что у модифицированных образцов на основе ПТК эффективность фоторазложения МФ выше, а на основе ПТКП – ниже, чем у немодифицированных катализаторов (рис. 4).

ПТК-Ni и ПТК-Fe показали более высокую сорбционную способность по отношению к РЖ, чем ПТК, а ПТКП-Ni и ПТКП-Fe – более низкую, чем ПТКП. Однако эффективность фоторазложения красителя в присутствии катализаторов, модифицированных соединениями переходных металлов, выше, чем в присутствии исходных полититанатов калия (рис. 5).

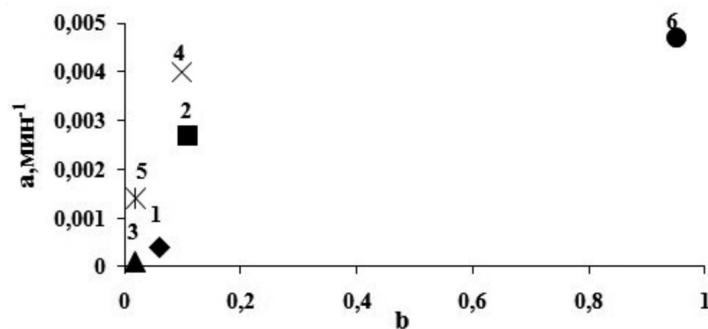


Рис. 1. Зависимость величины относительной адсорбции от эффективности фотокаталитической деградации АК в присутствии:
1 – ПТК, 2 – ПТКП, 3 – ПТК-Ni, 4 – ПТКП-Ni, 5 – ПТК-Fe, 6 – ПТКП-Fe

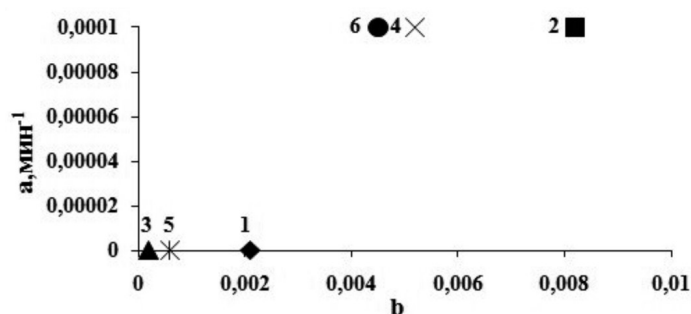


Рис. 2. Зависимость величины относительной адсорбции от эффективности фотокаталитической деградации метилового оранжевого в присутствии:
1 – ПТК, 2 – ПТКП, 3 – ПТК-Ni, 4 – ПТКП-Ni, 5 – ПТК-Fe, 6 – ПТКП-Fe

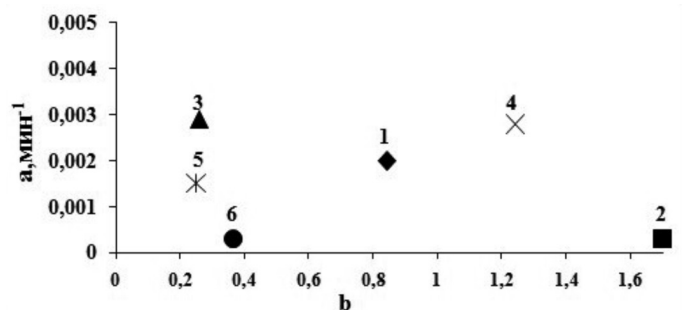


Рис. 3. Зависимость величины относительной адсорбции от эффективности фотокаталитической деградации метиленового синего в присутствии:
1 – ПТК, 2 – ПТКП, 3 – ПТК-Ni, 4 – ПТКП-Ni, 5 – ПТК-Fe, 6 – ПТКП-Fe

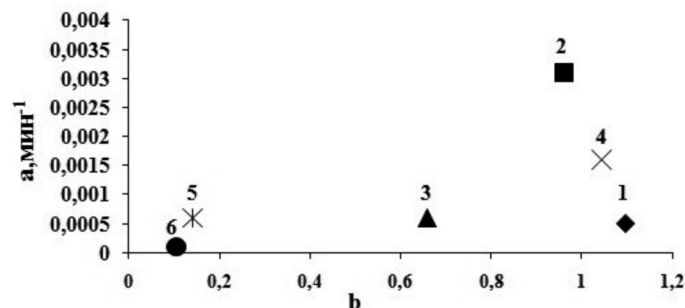


Рис. 4. Зависимость величины относительной адсорбции от эффективности фотокаталитической деградации метилового фиолетового в присутствии:
1 – ПТК, 2 – ПТКП, 3 – ПТК-Ni, 4 – ПТКП-Ni, 5 – ПТК-Fe, 6 – ПТКП-Fe

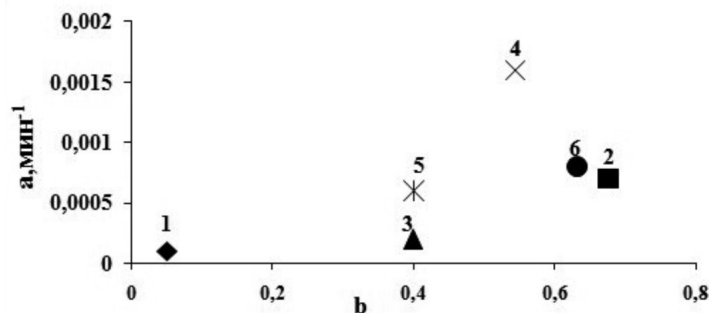


Рис. 5. Зависимость величины относительной адсорбции от эффективности фотокалалитической деградации родамина 6Ж в присутствии:

1 – ПТК, 2 – ПТКП, 3 – ПТК-Ni, 4 – ПТКП-Ni, 5 – ПТК-Fe, 6 – ПТКП-Fe

Выводы

1. Полититанаты калия, модифицированные в растворах солей переходных металлов, обладают меньшей величиной сорбционной емкости по отношению к органическим красителям, по сравнению с немодифицированными ПТК и ПТКП, что, в соответствии с данными работы [9] может быть обусловлено блокированием части поверхности полититаната калия наночастицами окисно-гидроксидных комплексов переходного металла.

2. Для использования в качестве катализатора процессов фоторазложения катионных красителей целесообразно использовать нанопорошки ПТКП и ПТКП-Ni, характеризующиеся сочетанием высокой сорбционной способности (для различных красителей, $b = 0,7 - 1,7$) и фотокалалитической ($a = 0,0015 - 0,003 \text{ мин}^{-1}$) активности.

3. Для очистки от анионных красителей более перспективна система ПТКП-Fe, в которой, при высокой сорбционной способности по отношению к данной группе красителей ($b = 0,1 - 0,95$), фотокалалитическая активность относительно невелика ($a = 0,0001 - 0,0005 \text{ мин}^{-1}$).

4. В качестве полупроводниковых материалов для изготовления систем фотовольтаики перспективными выглядят нанопорошки систем ПТКП-РЖ, ПТКП-Fe-РЖ, ПТК-МФ и ПТКП-МС, в которых высокая сорбционная емкость по отношению к катионному красителю ($b = 0,7 - 1,7$) сочетается с низкой фотокалалитической ак-

тивностью полупроводникового материала ($a = 0,0001 - 0,0005 \text{ мин}^{-1}$).

5. В случае анионного красителя привлекающего сочетание сорбционной и фотокалалитической активности носителя для исследованных систем не наблюдается.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского Научного Фонда (проект № 15-13-00089).

Список литературы

1. Гороховский А.В. Влияние химического состава на фотокалалитическую активность полититанатов калия, интеркалированных ионами никеля // Журнал прикладной химии. – 2013. – № 3. – С. 371–378.
2. Третьяченко Е.В. Адсорбционные и фотокалалитические свойства модифицированных полититанатов калия // Нанотехника. – 2012. – № 3. – С. 56–59.
3. Ahmed S.R. Influence of parameters on the heterogeneous photocatalytic degradation of pesticides and phenolic contaminants in wastewater: A short review // Journal of Environmental Management. – 2011. – № 92. – P. 311–330.
4. Akpan U.G., Hameed B.H. Parameters affecting the photocatalytic degradation of dyes using TiO₂-based photocatalysts: A review // Journal of Hazardous Materials. – 2009. – № 170. – P. 520–529.
5. Bach U. Solid-state dye-sensitized mesoporous TiO₂ solar cells with high photon-to-electron conversion efficiencies // Nature. – 1998. – № 395. – P. 583–585.
6. Chen F. Photocatalytic performance of a visible light TiO₂ photocatalyst prepared by a surface chemical modification process // Catalysis Com. – 2009. – № 10. – P. 1510–1513.
7. Grätzel M. Dye-sensitized solar cells. Review // J. Photochem. Photobiol. C: Photochem. Rev. – 2003. – № 4. – P. 145–153.
8. Konstantinou I.K., Albanis T.A. TiO₂-assisted photocatalytic degradation of azo dyes in aqueous solution: kinetic and mechanistic investigations: a review // Applied Catalysis B: Environmental. – 2004. – Т. 49, № 1. – P. 1–14.
9. Law M. Nanowire dye-sensitized solar cells // Nature Materials. – 2005. – № 4 – P. 455–459.
10. Sanchez-Monjaras T., Gorokhovskiy A.V., Escalante-Garcia J.I. Molten salt synthesis and characterization of polytitanate ceramic precursors with varied TiO₂/K₂O molar ratio // J. Am. Ceram. Soc. – 2008. – Vol. 91, № 9. – P. 3058–3065.

УДК 615.32 + 582.669.2

КАЧЕСТВЕННОЕ И КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКДИСТЕРОИДОВ И ПОЛИФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ТРАВЫ УШАНКИ МЕЛКОЦВЕТКОВОЙ (OTITES PARVIFLORUS GROSSH.)

**Дармограй В.Н., Ерофеева Н.С., Дармограй С.В., Филиппова А.С.,
Морозова В.А., Дубоделова Г.В.**

*ГБОУ ВПО «Рязанский государственный медицинский университет
имени академика И.П. Павлова» Министерства здравоохранения Российской Федерации,
Рязань, e-mail: rzgmu@rzgmu.ru*

Изучен химический состав ушанки мелкоцветковой (*Otites parviflorus* Grossh.) на наличие полифенольных и стероидных соединений. В результате исследования травы методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) идентифицировано 14 соединений полифенольной природы и 2 экдистероида (экдистерон, полипидин В). Исследовано актопротекторное действие экдистерона и водно-спиртового извлечения из травы ушанки мелкоцветковой, выраженный актопротекторный эффект экдистерона и водно-спиртового извлечения сопоставимы.

Ключевые слова: ВЭЖХ, полифенольные соединения, виченин, экдистерон, полипидин В, ушанка мелкоцветковая (*Otites parviflorus* Grossh.), актопротекторное действие

QUALITATIVE AND QUANTITATIVE DETERMINATION OF POLYPHENOLIC AND ECDYSTEROID COMPOUNDS FROM EARFLAPS (OTITES PARVIFLORUS GROSSH.)

**Darmogray V.N., Erofeeva N.S., Darmogray S.V., Filippova A.S.,
Morozova V.A., Dubodelova G.V.**

I.P. Pavlov Ryazan State Medical University, Ryazan, e-mail: rzgmu@rzgmu.ru

The chemical composition of the earflaps (*Otites parviflorus* Grossh.) polyphenolic and steroid compounds was studied. As a result of examination of the sample by high performance liquid chromatography (HPLC) identified 14 compounds of polyphenol nature and 2 ecdysteroid substances (ecdysterone, polipodin B). Actoprotective effect of ecdysterone and aqueous-alcoholic extract of the herb *Otites parviflorus* was studied in the article, and their actoprotective effect were close in value.

Keywords: HPLC, polyphenolic compounds, ecdysterone, polipodin B, vichenin, *Otites parviflorus*, actoprotective effect

Интерес к использованию фитоэкдистероидов, как адаптогенов растительного происхождения, с годами не только не снижается, а только возрастает. Адаптогены – это вещества, способствующие приспособлению, адаптации. Биорегуляторы в форме фитоэкдистероидов способствуют включению синтоксических программ адаптации с параводом клеточного метаболизма на более низкий уровень, определяющий экономичность обменных процессов, создавая условия для одновременного протекания анаэробного и аэробного окисления. Включение синтоксических адаптивных программ позволяет организму сопереживать с раздражителями внешней и внутренней среды путём активации холинореактивных структур гипоталамуса с дальнейшей активацией антиоксидантных и противосвёртывающих механизмов крови и явлениями иммуносупрессии. Недостаточное выделение синтоксинов в организме животных (АМФГФ, ТБГ и др.) сопровождается соответствующими патологическими процессами или к доминирова-

нию кататоксических программ адаптации, также оказывающих негативное влияние на организм, а введение синтоксинов нормализует баланс программ адаптации и способствует нормализации всех процессов и возрастанию жизнеспособности организма в целом (5). В ходе научных экспериментов постоянно расширяется спектр положительного воздействия экдистероидов на организмы теплокровных.

Экдистероиды – это группа липофильных полигидроксированных стероидов, участвующих в обмене веществ практически всех организмов (8). У насекомых они являются гормонами линьки, у человека – регулируют множество функций и оказывают различные эффекты: анаболический, ранозаживляющий, ноотропный, гипогликемический, иммуномодулирующий и др. (6). Важным представителем экдистероидов является экдистерон, обладающий основными эффектами, присущими данному классу соединений, и достаточно широко распространенный в растениях центральной поло-

сы России. Например, экистерон обладает выраженным актопротекторным эффектом, также отмечено его антигипоксическое и антиишемическое действие (7), позволяет добиться стихания воспалительного процесса в более ранние сроки по сравнению с традиционным лечением нагноительных заболеваний лёгких и плевры (3). Экистероиды обнаружены у представителей более 100 семейств покрытосеменных растений, но лишь немногие виды экистероидсодержащих растений пригодны в качестве сырья для получения фитоэкистероидов (1).

Цель исследования – проанализировать химический состав ушанки мелкоцветковой (*Otites parviflorus* Grossh.) семейства гвоздичных (*Caryophyllaceae* Juss.) на наличие полифенольных и стероидных соединений, изучить актопротекторную активность экстракта ушанки мелкоцветковой как экистероидсодержащего растения в сравнении с действием экистерона.

Материалы и методы исследования

Сбор растений ушанки мелкоцветковой (*Otites parviflorus* Grossh.) семейства гвоздичных (*Caryophyllaceae* Juss.) в фазе цветения производили в Рязанской области (окрестности с. Заборье, на песках, Рязанский район), сушку сырья осуществляли воздушно-теневым способом.

Изучение качественного состава полифенольных и стероидных соединений проводили на высокоэффективном жидкостном хроматографе фирмы «GILSON», модель 305, ФРАНЦИЯ; инжектор ручной, модель RHEODYNE 7125 USA, с последующей компьютерной обработкой результатов исследования с помощью программы Мультихром для «Windows».

В качестве неподвижной фазы была использована металлическая колонка размером 4,6х250 мм KROMASIL C18, размер частиц 5 микрон.

В качестве подвижной фазы – метанол: вода: фосфорная кислота (400:600:5). Анализ проводили при комнатной температуре. Скорость подачи элюента 0,8 мл/мин. Продолжительность анализа 60 мин. Детектирование проводилось с помощью УФ-детектора «GILSON» UV/VIS модель 151, при длине волны 254 нм.

Для исследования сырьё измельчали до размера частиц, проходящих сквозь сито с диаметром отверстий 2 мм по (ГОСТ 214-83). Около 3,0 г лекарственного сырья помещали в колбу вместимостью 150 мл, прибавляли по 20 мл спирта этилового 70%, присоединяли к обратному холодильнику и нагревали на кипящей водяной бане в течение 1 часа с момента закипания спиртоводной смеси в колбе. После охлаждения смесь фильтровали через бумажный фильтр в мерную колбу объёмом 25 мл и доводили спиртом этиловым 70% до метки (исследуемый раствор).

Параллельно готовили серию 0,05% растворов сравнения в 70% спирте этиловом: рутина, кверцетин, лютеолина, лютеолин-7-гликозида, галловой кислоты, кофейной кислоты, хлорогеновой кислоты, гиперозида, гесперидина, апигенина, кемпферола, феруловой кислоты, цикориевой кислоты, умбеллиферона, диги-

дрокумарина, скополетина, эскулетин, кумарина, дигидрокверцетина, катехина, эпикатехина, эпигаллокатехингаллата (ЭПГКГ), экистерона, вицинина, полиподина В. По 20 мкл исследуемых растворов и растворов сравнения вводили в хроматограф и хроматографировали в вышеприведенных условиях.

Для количественного определения вицинина, полиподина В, экистерона в траве ушанки мелкоцветковой методом ВЭЖХ сырьё измельчали до размера частиц, проходящих сквозь сито с диаметром отверстий 2 мм по ГОСТ 214-83. Около 3,0 г лекарственного сырья помещали в колбу вместимостью 150 мл, прибавляли по 20 мл спирта этилового 70%, присоединяли к обратному холодильнику и нагревали на кипящей водяной бане в течение 1 часа с момента закипания спиртоводной смеси в колбе. После охлаждения смесь фильтровали через бумажный фильтр в мерную колбу объёмом 25 мл и доводили спиртом этиловым 70% до метки (исследуемый раствор). Параллельно готовили растворы РСО вицинина, полиподина В в 70% спирте этиловом. Для этого около 0,020 г (точная навеска) вицинина, полиподина помещали в мерную колбу вместимостью 25 мл, прибавляли 20 мл спирта этилового 70%, перемешивали до растворения и доводили объём до метки тем же растворителем. (PCO). По 20 мкл исследуемого раствора и растворов РСО вводили в хроматограф и хроматографировали по вышеприведенной методике.

Расчёт количественного содержания вицинина, полиподина В, экистерона производили методом абсолютной калибровки с помощью компьютерной программы «Мультихром» для «Windows» и с помощью формулы

$$X\% = \frac{S_{\text{ис}} \times C \times V \times 100 \times 100 \times P}{S_{\text{ст}} \times a \times 1(100 - W) \times 100},$$

где $S_{\text{ис}}$ – площадь пика вицинина, полиподина В или экистерона в исследуемом растворе; $S_{\text{ст}}$ – площадь пика стандартного раствора (PCO) вицинина или полиподина В; $X\%$ – концентрация вицинина или полиподина В в%; C – концентрация РСО вицинина или полиподина В в г/мл; a – навеска исследуемого образца; W – потери в массе при высушивании в%; P – чистота стандартов вицинина, полиподина В или экистерона.

Актопротекторное действие изучалось на 24 беспородных белых крысах самцах средней массой 230 ± 20 г. Все животные были разделены на 4 серии. 1 серия – контроль – животные ($n = 8$), которым вводили воду очищенную, 2 серия – контроль препарата – животные ($n = 8$), которым вводили экистерон (0,1% раствор экистерона, выделенный из смолёвки поникшей (*Silene nutans* L.) и смолёвки татарской (*Silene tatarica* (L.) Pers.), 3 серия – введение животным ($n = 8$) экстракта из – ушанки мелкоцветковой (*Otites parviflorus* Grossh.) семейства гвоздичных (*Caryophyllaceae* Juss.). Изучаемые вещества вводили per os 1 раз в день из расчета 5 мл/кг массы в течение 15 дней.

Перед началом эксперимента, на 5, 10 и 15 день исследования у крыс определяли физическую работоспособность. Её оценивали по времени плавания в ёмкости с водой при $t 21^\circ\text{C}$ с грузом весом 15% от массы тела у корня хвоста, до полного утопления, критерием которого служило 10-секундное погружение животного под воду (2,4). Фиксировали время первого плавания и время второго плавания (после 60-минутного отдыха), а затем также рассчитывали и общее время плавания.

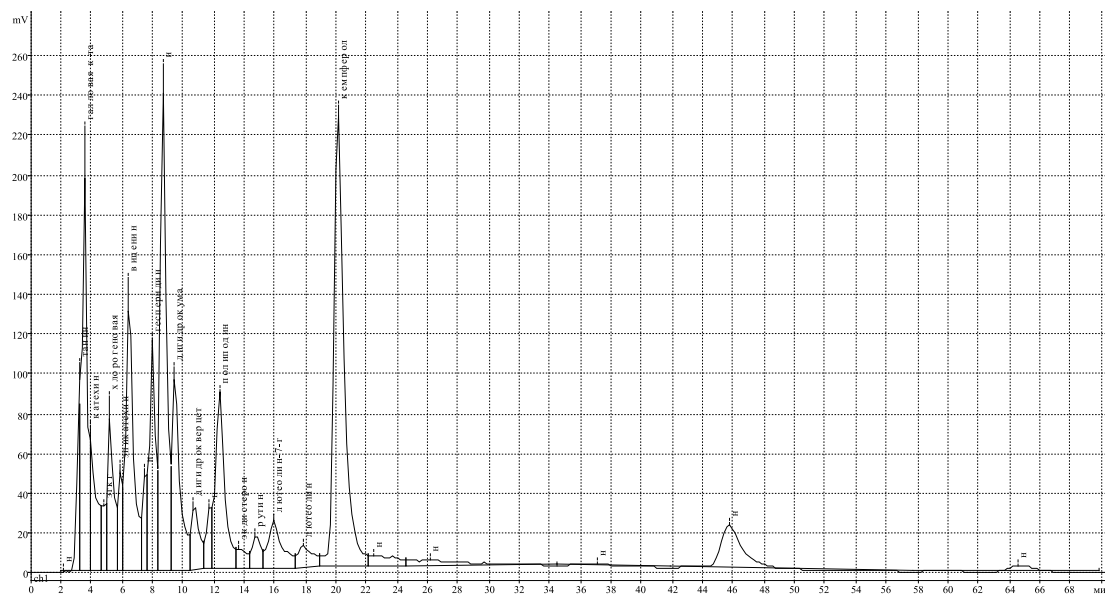


Рис. 1. Хроматограмма ВЭЖХ водно-спиртового извлечения
(детектирование при длине волны 254 нм)

Таблица 1

Результаты идентификации некоторых полифенольных и стероидных соединений ушанки мелкоцветковой (водно-спиртовое извлечение, детектирование 254 нм)

№ п/п	Время, мин	Высота, mV	Площадь, mV*сек	ФО	Конц. %	Название соединения
1	2,199	1,61	27,16	1,000	0,05	н
2	3,13	104,29	1548,77	1,000	2,72	танин
3	3,49	223,44	4378,49	1,000	7,69	галловая кислота
4	3,93	72,98	2107,85	1,000	3,70	катехин
5	4,755	33,73	412,56	1,000	0,72	эпгкг
6	5,16	87,59	2221,23	1,000	93,90	хлорогеновая кислота
7	5,866	53,20	1123,67	1,000	1,97	эпикатехин
8	6,42	147,30	4771,34	1,000	8,37	виценин
9	7,473	51,18	1057,37	1,000	1,86	н
10	7,926	117,03	2964,13	1,000	5,20	гесперидин
11	8,587	253,93	7017,13	1,000	12,32	н
12	9,4	102,05	3575,02	1,000	6,28	дигидрокумарин
13	10,66	34,01	1328,23	1,000	2,33	дигидрокверцетин
14	11,71	33,00	844,17	1,000	1,48	н
15	12,32	90,44	3850,82	1,000	6,76	полипидин В
16	13,66	11,08	469,62	1,000	0,82	экдистерон
17	14,7	17,24	755,47	1,000	1,33	рутин
18	18,88	24,90	1630,67	1,000	2,86	лютеолин-7-гликозид
19	17,79	11,73	890,85	1,000	1,56	лютеолин
20	20,05	231,56	10936,14	1,000	19,20	кемпферол
21	22,32	6,76	806,67	1,000	1,42	н
22	26,17	4,01	1072,25	1,000	1,88	н
23	37,01	1,12	201,64	1,000	0,35	н
24	45,63	21,84	2431,06	1,000	4,27	н
25	64,6	3,60	549,67	1,000	0,96	н
25	70,51	1739,63	5671,98	0,050	100,00	

Полученные результаты обрабатывали статистически с использованием программы «Statistica 7.0», при этом рассчитывали медиану и верхний и нижний квартили. Различия между сериями оценивали с помощью критерия Манна-Уитни, а различия внутри серий – с помощью критерия Вилкоксона. За уровень достоверности принята достоверность различий 95,0% ($p < 0,05$).

Результаты исследования и их обсуждение

Приводим результаты ВЭЖХ-исследований некоторых полифенольных и стероидных соединений ушанки мелкоцветковой.

Ряд пиков остался неидентифицированным, что даёт повод продолжить изучение качественного состава травы ушанки мелкоцветковой.

Идентифицировано 14 полифенольных (танин, галловая кислота, катехин, эпигаллокатехингаллат, хлорогеновая кислота, эпикатехин, виценин, гесперидин, дигидрокумарин, дигидрокверцетин, рутин, лютеолин-7-гликозид, лютеолин, кемпферол) и 2 стероидных (экдистерон, полипидин В) соединений.

Таблица 2

Результаты количественного определения виценина, полипидина В и экдистерона в траве ушанки мелкоцветковой

виценин, %	полипидин В, %	экдистерон, %
0,72	0,15	0,02

При анализе актопротекторного действия выяснено, что введение экспериментальным животным воды очищенной в течение 15 дней достоверно не влияло на время 1 плавания. Введение экдистерона (препарата сравнения) увеличивало

время плавания животных с грузом через 10 дней введения на 6,8% ($p < 0,05$), а через 15 дней – 19,2% ($p < 0,05$). Применение водной вытяжки из ушанки приводило к повышению времени первого плавания на 10-й день исследования на 18,1% ($p = 0,05$), а, на 15-й день опыта – на 45,1 ($p < 0,05$). На 15-й день эксперимента время плавания животных, получавших ушанку, превышало показатели контроля на 49,3 ($p < 0,05$).

У контрольных животных на 10-й день эксперимента происходило повышение времени второго плавания на 10,6% ($p < 0,05$), на 15-й день – на 29,1% ($p < 0,05$). Введение экдистерона (препарата сравнения) увеличивало время плавания животных с грузом через 5 дней на 16,4% ($p < 0,05$), через 10 дней – на 23,9% ($p < 0,05$). Однако время плавания животных, получавших экдистерон, было меньше показателей контроля на 15,9% ($p < 0,05$). Применение водной вытяжки из ушанки приводило к повышению времени второго плавания на 15-й день исследования на 20,0% ($p < 0,05$).

Влияние изучаемых веществ на суммарное время плавания представлено в табл. 3. У контрольных животных происходило повышение общего времени плавания – на 10,4% ($p < 0,05$) только на 15-й день эксперимента. Введение экдистерона (препарата сравнения) увеличивало время плавания животных с грузом через 10 дней на 16,3% ($p < 0,05$), а через 15 дней – на 21,3% ($p < 0,05$). Применение водной вытяжки из ушанки приводило к повышению времени второго плавания на 5-й день эксперимента на 9,9% ($p < 0,05$), на 10-й день – 16,2% ($p = 0,05$), на 15-й день – на 31,0% ($p < 0,05$).

Таблица 3

Показатели общей физической работоспособности крыс при введении экдистерона и экстракта из ушанки мелкоцветковой (суммарный показатель двойного плавания)

Серии эксперимента \ Сроки определения, продолжительность плавания, с	Исходные данные, 1 день	5 дней	10 дней	15 дней
Вода очищенная	139,0 (128,0; 147,0)	145,5 (129,0; 162,5)	142,0 (128,0; 187,0)	153,5 (142,0; 178,0)*
Экдистерон	141,0 (138,0; 148,0)	145,0 (139,0; 168,0)	164,0 (158,0; 175,0)*	171,0 (159,0; 172,0)*
Ушанка	142,0 (136,0; 149,0)	156,0 (150,0; 194,0)*	165,0 (154,0; 195,0)*	186,0 (171,0; 199,0)*

Примечание. * – $p < 0,05$ – достоверные различия с исходными данными.

Выводы

1. В траве ушанки мелкоцветковой (*Otites parviflorus* Grossh.) семейства гвоздичные (*Caryophyllaceae* Juss.) нами идентифицировано 14 полифенольных соединений, 2 экидистероида (экидистерон и полиподин В).

2. Определено количественное содержание экидистерона, полиподина В и виценина в траве ушанки мелкоцветковой, оно соответственно равно 0,02%, 0,15%, 0,72%.

3. Экстракт из ушанки мелкоцветковой при введении *per os* в количестве 5 мл/кг массы обладает выраженным актопротекторным действием, превосходящим эффект экидистерона.

Список литературы

1. Володина С.О. Ресурсы, биотехнология и использование экидистероидсодержащих растений // Известия Самарского научного центра РАН. – 2010. – Т. 12, № 1(3). – С. 668–674.

2. Ласкова И.Л., Утешев Б.С. Иммуномодулирующее действие энергизирующих препаратов при физических нагрузках // Экспериментальная и клиническая фармакология. – 1995. – № 2. – С. 44–47.

3. Михеев А.В., Игнатов И.С. Опыт применения экидистеронидов в лечении нагноительных заболеваний лёгких и плевры // Наука молодых (Eruditio Juvenium). – 2013. – № 3. – С. 27–33.

4. Молодавкин Г.М., Воронина Т.А., Мдзинаришили А.Л. Особенности влияния фармакологических веществ разных классов на вынужденное плавание у крыс // Экспериментальная и клиническая фармакология. – 1994. – № 1. – С. 3–5.

5. Морозов В.Н. Фитозэкидистероиды (естественные синтоксины), как модуляторы адаптивных программ организма при действии раздражителей внешней и внутренней среды. – Тула, 2006. – С. 51.

6. Сыров В.Н. Фитозэкидистероиды: биологические эффекты в организме высших животных и перспективы использования в медицине // Эксперим. и клинич. фармакология. – 1994. – № 5. – С. 61–66.

7. Щулькин А.В. Изучение антигипоксического и антиишемического эффектов фитозэкидистерона // Российский медико-биологический вестник имени академика И.П. Павлова. – 2011. – № 3. – С. 30–36.

8. Lafont R., Dinan L. Practical uses for ecdysteroids in mammals including humans: an update // J. Insect. Sci. – 2003. – Vol. 3, № 7. – P. 1–30.

УДК 548.1

СИНЕРГИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ ПРИ ОБРАЗОВАНИИ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ НА ОСНОВЕ НИТРАТА АММОНИЯ

Иванов В.В.

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова,
Новочеркасск, e-mail: valivanov11@mail.ru

Обсуждается модель синергического эффекта для теплоты образования твердых растворов замещения на основе нитрата аммония. Сравнительный анализ полученных результатов подтверждает предположение о том, что теплоту смешения для твердых растворов замещения $(\text{NH}_4)_{1-x}\text{Me}_x\text{NO}_3$ можно считать проявлением синергического эффекта при образовании их из исходных чистых компонентов. Аналогичные модели синергизма были успешно использованы при расчете трибологических свойств (в частности, коэффициента трения и скорости линейного износа) для антифрикционных композиционных покрытий на основе систем «никель – фосфор» и «никель – бор».

Ключевые слова: твердые растворы замещения, синергический эффект, теплота образования, теплота смешения, нитрат аммония

SYNERGISTIC EFFECT IN THE FORMATION OF THE SOLID SOLUTIONS ON BASE AMMONIUM NITRATE

Ivanov V.V.

Platov South-Russian state polytechnic university (NPI), Novocherkassk, e-mail: valivanov11@mail.ru

The model of synergy for the heat of formation of solid ammonium nitrate solutions of substitution type was discussed. Comparative analysis of the results obtained confirms the assumption that the heat of mixing for solid solutions $(\text{NH}_4)_{1-x}\text{Me}_x\text{NO}_3$ of substitution type can be considered a manifestation of synergies in the formation of their from source of pure components. Similar models synergies have been successfully used in the calculation of the tribological properties (in particular the friction coefficient and the linear speed of wear) of anti-frictional composite coatings based on nickel – phosphorus and nickel – boron systems.

Keywords: solid solutions of substitution type, synergistic effect, the heat of formation, the heat of mixing, ammonium nitrate

Энтальпия образования твердых растворов (ТР) вида $A_{1-x}B_x$ X может быть рассчитана по формуле [23]:

$$\Delta H = x \Delta H_{\text{BX}} + (1 - x) \Delta H_{\text{AX}} + \Delta H_{\text{см}}, \quad (1)$$

где ΔH_{BX} и ΔH_{AX} – энтальпии образования чистых компонентов. В соответствии с энергетической теорией изоморфизма [24] величина теплоты смешения $\Delta H_{\text{см}}$ определяется электрохимическим фактором $(\Delta \epsilon)^2$, учитывающим изменение характера химической связи при переходе от AX к BX, и размерным фактором $(\Delta R)^2$, характеризующим изменение размеров атомов при изоморфном замещении А на В. В случае близости характера связи, т.е. при $\Delta \epsilon \approx 0$, величина $\Delta H_{\text{см}}$ в формуле (1) может быть определена по формуле

$$\Delta H_{\text{см}} = \delta_{\text{AH}} |\Delta H_{\text{BX}} - \Delta H_{\text{AX}}|, \quad (2)$$

в которой относительная величина синергизма свойств чистых компонентов δ_{AH} пропорциональна относительному размерному фактору $(\Delta R/R(x))^2$, числу кристаллографических позиций n для атомов сорта А и В в объеме элементарной ячейки ТР, их координационному числу p относительно анио-

нов X и вероятности проявления синергического эффекта $x(1 - x)$ при смешении:

$$\delta_{\text{AH}} = x(1 - x) n p (\Delta R/R(x))^2. \quad (3)$$

Отметим, что в рамках обобщенной энергетической теории ТР [24] при изовалентном изоморфизме $A_{1-x}B_x$ «X» ($\alpha + \gamma = 0$) величина $\Delta H_{\text{см}}$ определяется практически по аналогичному соотношению:

$$\Delta H_{\text{см}} = x(1 - x) n p \alpha \gamma C (\Delta R/R(x))^2, \quad (4)$$

в котором C – энергетическая постоянная для анализируемого класса ТР.

В кристаллохимических теориях изоморфной смесимости [23, 24] учет локальных смещений атомов (теория Хизталы) и учет частичного ближнего упорядочения (теория Вазашерны-Хови) в катионной под решетке ТР на основе галогенидов щелочных металлов приводят к близким результатам [24]. Величина теплоты смешения в первом случае есть

$$\Delta H_{\text{см}} = x(1 - x) [1 + 0,6(1 - 2x) \Delta R] / (9V/4\beta) (\Delta R/R(x))^2, \quad (5)$$

где V – объем элементарной ячейки ТР, а β – коэффициент сжимаемости.

Таблица 1

Значения энергетических множителей (кДж/моль)

Система	$ \Delta H^\circ \text{KNO}_3 - \Delta H^\circ \text{NH}_4\text{NO}_3 $	C	A/R(x)	V/β
$(\text{NH}_4)_{1-x}\text{K}_x\text{NO}_3$	128	126	6,5	546
$(\text{NH}_4)_{1-x}\text{Rb}_x\text{NO}_3$	125	126	6,5	557
$(\text{NH}_4)_{1-x}\text{Cs}_x\text{NO}_3$	129,5	126	6,5	625

Таблица 2

Зависимости $\Delta H_{\text{см}} = f(x)$ и значения $\Delta H_{\text{см}}$ (Дж/моль) при фиксированных x для $(\text{NH}_4)_{1-x}\text{Me}_x\text{NO}_3$

Формула	Me = K $\Delta H_{\text{см}}$ при x = 0,0245	Me = Rb $\Delta H_{\text{см}}$ при x = 0,0168	Me = Cs $\Delta H_{\text{см}}$ при x = 0,0127
(2)	$753x(1-x)$ 18,0	$180x(1-x)$ 3,00	$5098x(1-x)$ 63,9
(4)	$741x(1-x)$ 17,7	$181x(1-x)$ 2,99	$4959x(1-x)$ 62,2
(5)	$(638 - 72x)x(1-x)$ 15,2	$(160 - 18x)x(1-x)$ 2,64	$(5111 - 579x)x(1-x)$ 64,0
(6)	$758x(1-x)$ 18,1	$186x(1-x)$ 3,07	$5074x(1-x)$ 63,6

Во втором случае в соответствии с [24] имеем:

$$\Delta H_{\text{см}} = x(1-x) \left(\frac{A}{R(x)} 0,25 [\Theta(1-\sigma) + 2(1+\sigma)] (\Delta R/R(x))^2 \right) \quad (6)$$

где A – постоянная Маделунга, Θ – характеристическая постоянная для данного класса ТР, σ – степень ближнего порядка в катионной подрешетке.

Необходимо отметить, что для расчета $\Delta H_{\text{см}}$ по формулам (4), (5) и (6) используются эмпирические постоянные для анализируемой химической системы, а расчет по формуле (2) с учетом (3) проводится на основе стандартных значений энтальпий образования чистых компонентов ТР. В связи с этим, по-видимому, эвристические возможности синергической модели должны быть существенно выше.

Результаты исследования и их обсуждение

Проанализируем возможности формулы (1) на примере некоторых ТР замещения на основе нитрата аммония с трехпроцентной (по массе) добавкой нитратов щелочных металлов.

По данным [2, 3, 26] ТР $(\text{NH}_4)_{1-x}\text{Me}_x\text{NO}_3$ (Me = K, $x < 0,0245$; Rb, $x < 0,0168$; Cs, $x < 0,0127$) при комнатной температуре изоструктурны ромбической модификации IV- NH_4NO_3 (пространственная группа Pmmn,

$z = 2$). Катионная подрешетка ТР характеризуется структурной разупорядоченностью катионов: NH_4^+ и Me^+ с соответствующими концентрациям $(1-x)$ и x вероятностями занимают кристаллографические позиции 2(b) с позиционной симметрией C_{2v} и координатами $0\ 1/2\ z$ ($z \cong 1/2$). Центры тригональных анионов NO_3^- занимают аналогичные по симметрии позиции 2(a) с координатами $00z$ ($z \cong 0$) и обеспечивают для катионов координационное число $p = 6$. Если считать, что $\Delta R = (R_{\text{Me}} - R_{\text{NH}_4})$ и $R(x) = x R_{\text{Me}} + (1-x) R_{\text{NH}_4} + R_{\text{NO}_3}$, а значения постоянных множителей для систем «нитрат аммония – нитрат щелочного металла» принять такими, как указано в таблице 1 [2, 3, 23, 24, 26], то получим соответствующие зависимости $\Delta H_{\text{см}} = f(x)$ (табл. 2).

Сравнительный анализ приведенных в табл. 2 результатов подтверждает предположение о том, что $\Delta H_{\text{см}}$ для ТР замещения можно считать проявлением синергического эффекта при образовании их из исходных чистых компонентов. Интенсивность синергического эффекта $\delta_{\text{АН}} |\Delta H_{\text{BX}} - \Delta H_{\text{AX}}|$ удовлетворительно согласуется с результатами расчета по кристаллохимическим моделям теории смесимости. Следовательно представленная формулами (1) и (2) модель может быть использована для оценки величины $\Delta H_{\text{см}}$ при образовании ТР изовалентного замещения и для расчета теплоты

образования их по формуле (1). Необходимо отметить, что аналогичные модели синергизма были успешно использованы при расчете трибологических свойств (коэффициента трения и скорости линейного износа) антифрикционных композиционных покрытий на основе систем Ni-P и Ni-B [1, 4–22, 25, 27–31].

Выводы

Таким образом, разработана модель синергического эффекта для теплоты образования твердых растворов на основе нитрата аммония. Сравнительный анализ полученных результатов подтверждает предположение о том, что теплоту смешения для твердых растворов замещения можно считать проявлением синергического эффекта при образовании их из исходных чистых компонентов.

Список литературы

1. Балакай В.И., Иванов В.В. // Евразийский Союз Ученых / Евразийский Союз Ученых (ЕСУ). – М., 2014. – № 7. – Часть 1. Техн. науки. – С. 60–61.
2. Иванов В.В. // Междунар. журн. прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – № 8 (Часть 5). – С. 889–891.
3. Иванов В.В. // Междунар. журн. прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – № 8 (Часть 5). – С. 892–895.
4. Иванов В.В. // Соврем. наукоемкие технологии. – 2013. – № 4. – С. 75–77.
5. Иванов В.В. // Междунар. науч.-иссл. журнал = Research Journal of International Studies, 2013. – № 8–1. – С. 66–67.
6. Иванов В.В., Арзуманова А.В., Балакай И.В., Балакай В.И. // Журн. прикладной химии, 2009. – Т. 82. – Вып. 5. – С. 797–802.
7. Иванов В.В., Балакай В.И., Сметанкин Г.П., Балакай И.В. // Вестник ВЭЛНИИ, 2009. – Вып. 1 (57). – С. 32–41.
8. Иванов В.В., Иванов А.В., Щербаков И.Н., Башкиров О.М. // Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Техн. науки. – 2005. – № 3. – С. 46–49.
9. Иванов В.В., Иванов А.В., Балакай В.И., Арзуманова А.В. // Журн. прикладной химии, 2006. – Т. 79. Вып. 4. – С. 619–621.
10. Иванов В.В., Курнакова Н.Ю., Арзуманова А.В., и др. // Журн. прикладной химии, 2008. – Т. 81. – Вып. 12. – С. 2059–2061.
11. Иванов В.В., Иванова И.В. // Междунар. науч.-иссл. журнал = Research Journal of International Studies, 2014. – № 11(30). – Часть 2. – С. 17–20.
12. Иванов В.В., Щербаков И.Н. // Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Техн. науки. – 2008. – № 3. – С. 113–115.
13. Иванов В.В., Щербаков И.Н. // Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Техн. науки. – 2008. – № 4. – С. 116–118.
14. Иванов В.В., Щербаков И.Н. // Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Техн. науки. – 2011. – № 3. – С. 54–57.
15. Иванов В.В., Щербаков И.Н. // Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Техн. науки. – 2011. – № 5. – С. 47–50.
16. Иванов В.В., Щербаков И.Н. // Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Техн. науки. – 2011. – № 6. – С. 99–102.
17. Иванов В.В., Щербаков И.Н., Попов С.В. // Междунар. науч.-иссл. журнал = Research Journal of International Studies, 2014. – № 3(22). – Часть 2. – С. 22–23.
18. Иванов В.В., Щербаков И.Н., Попов С.В. // Междунар. науч.-иссл. журнал = Research Journal of International Studies, 2014. – № 3(22). – Часть 2. – С. 21–22.
19. Кукоз Ф.И., Иванов В.В., Балакай В.И. и др. // Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Техн. науки. – Спецвып. – 2007. – С. 94–99.
20. Кукоз Ф.И., Иванов В.В., Балакай В.И. и др. // Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Техн. науки. – 2007. – № 5. – С. 56–58.
21. Кукоз Ф.И., Иванов В.В., Сметанкин Г.П., Балакай И.В. // Вестник ВЭЛНИИ. – Новочеркасск, 2007. – Вып. 1 (53). – С. 92–97.
22. Марченко С.И., Иванов В.В. // Междунар. науч.-иссл. журнал = Research Journal of International Studies, 2014. – № 11(30). – Часть 2. – С. 20–22.
23. Урусов В.С. Теория изоморфной смесимости. – М.: Наука, 1977. – 252 с.
24. Урусов В.С. Энергетическая кристаллохимия. – М.: Наука, 1975. – 335 с.
25. Щербаков И.Н., Иванов В.В., Логинов В.Т., и др. Химическое наноконструирование композиционных материалов и покрытий с антифрикционными свойствами: монография. – Ростов н/Д: Изд-во журн. «Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Техн. науки», 2011. – 132 с.
26. Dejewski B., Sedzimir A. // Cryst. Res. Technol., 1988. – V. 23, № 8. – P. 997–1004.
27. Ivanov V.V. // Materials of conference (Munich, Germany [15–21 November 2014]) Fundamental and Applied Research in Nanotechnology / International Journal of Applied and Fundamental Research, 2014. – № 2. Режим доступа: URL:www.science-sd.com/457-24683 (29.10.2014).
28. Ivanov V.V. // Int. J. of Experimental Education, 2014. – № 4. – Part 2. – С. 58–59.
29. Ivanov V.V. // Int. J. of Experimental Education, 2014. – № 4. – Part 2. – С. 59–60.
30. Ivanov V.V. // European Journal of Natural History, 2015. – № 3. – С. 36–37.
31. Scherbakov I.N., Ivanov V.V. // European Journal of Natural History, 2015. – № 3. – С. 48.

УДК 547.379

СИНТЕЗ НОВЫХ КОНДЕНСИРОВАННЫХ СОЕДИНЕНИЙ НА ОСНОВЕ РЕАКЦИИ ДИХЛОРИДА СЕРЫ С 6-АЛЛИЛ-3-МЕТИЛФЕНОЛОМ

Ишигеев Р.С., Потапов В.А., Амосова С.В.

Иркутский институт химии имени А.Е. Фаворского Сибирского отделения

Российской академии наук, Иркутск, e-mail: v.a.potapov@mail.ru

Разработаны эффективные способы получения новых сераорганических конденсированных соединений. Впервые осуществлена и систематически изучена реакция дихлорида серы с 6-аллил-3-метилфенолом, на основе которой разработан метод синтеза бис(6-метил-2,3-дигидро-1-бензофуран-2-илметил)сульфида. Найдено, что для селективного образования продукта требуется добавление в реакционную смесь таких оснований, как NaOH, K₂CO₃, Na₂CO₃ или NaHCO₃. Установлено, что образование продукта более эффективно протекает в среде хлороформа – более полярного растворителя по сравнению с четыреххлористым углеродом. Окислением бис(6-метил-2,3-дигидро-1-бензофуран-2-илметил)сульфида периодатом натрия в метаноле получен ранее неизвестный бис(6-метил-2,3-дигидро-1-бензофуран-2-илметил)сульфоксид с выходом 95 %. Полученные соединения являются перспективными полупродуктами для органического синтеза и потенциально биологически активными веществами. Разработанные эффективные способы получения открывают возможности их практического использования.

Ключевые слова: 6-аллил-3-метилфенол, галогениды халькогенов, региоселективная реакция, нуклеофильное замещение, окисление, сульфиды, сульфоксиды

SYNTHESIS OF NOVEL CONDENSED COMPOUNDS BASED ON THE REACTION OF SULFUR DICHLORIDE WITH 6-ALLYL-3-METHYLPHENOL

Ishigeev R.S., Potapov V.A., Amosova S.V.

A.E. Favorsky Irkutsk Institute of Chemistry, Siberian Division of the Russian Academy of Sciences,

Irkutsk, e-mail: v.a.potapov@mail.ru

Effective methods for preparation of novel organosulfur compounds have been developed. The reaction of sulfur dichloride with 6-allyl-3-methylphenol has been realized for the first time and systematically studied. Regioselective synthesis of bis(6-methyl-2,3-dihydro-1-benzofuran-2-ylmethyl)sulfide has been elaborated based on this reaction. It has been found that an additive of such bases as NaOH, K₂CO₃, Na₂CO₃ or NaHCO₃ is required for selective formation of the product. It has been established that the formation of the product proceeds better in chloroform – more polar solvent in comparison with carbon tetrachloride. Earlier unknown bis(6-methyl-2,3-dihydro-1-benzofuran-2-ylmethyl)sulfoxide has been obtained in 95 % yield by oxidation of bis(6-methyl-2,3-dihydro-1-benzofuran-2-ylmethyl)sulfide with sodium periodate. The obtained compounds are prospective semi-products for organic synthesis and potential biologically active substances. The developed effective methods open possibilities of their practical application.

Keywords: 6-allyl-3-methylphenol, regioselective reaction, nucleophilic substitution, oxidation, chalcogen halides, sulfides, sulfoxides

Для получения практически важных гетероциклических соединений в современном органическом синтезе широко используются реакции циклофункционализации [8, 9]. Для синтеза сераорганических гетероциклических соединений используются реакции гетероциклизации с участием серасодержащих реагентов [7, 8]. Использование дихлорида серы в синтезе гетероциклических соединений в большинстве случаев основано на способности этого реагента присоединяться к двойным связям диеновых соединений [1]. Неорганические галогениды серы и селена в реакциях циклофункционализации практически не использовались [3].

Ранее нами показана возможность проведения реакций гетероциклизации и циклофункционализации с дигалогенидами селена – новыми электрофильными реагентами, которые в последнее время стали широко применяться в синтезе селеноорганических

соединений [2–6]. Впервые осуществлена реакция дибромид селена с 2-аллилфенолом, которая приводит к ранее неизвестному бис(2,3-дигидро-1-бензофуран-2-илметил)селениду [3]. Реакция дибромид селена с 2-аллилфенолом проводится путем смешивания реагентов при температуре – 20 °С в растворе четыреххлористого углерода с последующим кипячением реакционной массы. Выход бис(2,3-дигидро-1-бензофуран-2-илметил)селенида составляет 95 % [3].

Сведения о реакции дихлорида серы с 6-аллил-3-метилфенолом в литературе отсутствуют. Нами впервые осуществлена реакция дихлорида серы с 6-аллил-3-метилфенолом с целью разработки эффективного метода синтеза бис(6-метил-2,3-дигидро-1-бензофуран-2-илметил)сульфида.

Материалы и методы исследования

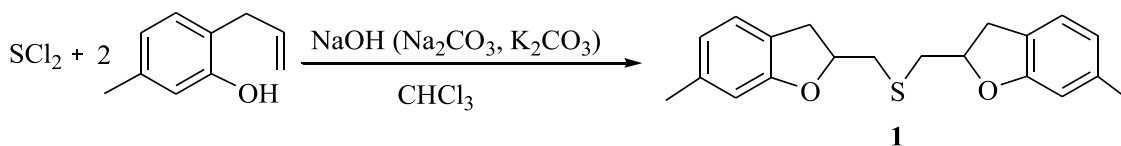
Спектры ЯМР ¹H и ¹³C регистрировали на приборе Bruker DPX-400 (рабочие частоты 400.13,

и 100.61 МГц, соответственно) в CDCl_3 , внутренний стандарт – ГМДС. Элементный анализ выполнен на приборе Thermo Finigan EA 1112.

Бис(6-метил-2,3-дигидро-1-бензофуран-2-илметил)сульфид (1). Охлажденный до -20°C раствор 0,185 г (1,79 ммоль) дихлорида серы в 10 мл хлористого метилена добавили по каплям к охлажденному до -20°C раствору 0,53 г (3,5 ммоль) 6-аллил-3-метилфенола в 10 мл хлористого метилена. Смесь перемешивали 5 ч при комнатной температуре, добавили 0,14 г (3,5 ммоль) предварительно растертого в порошок гидроксида натрия и оставили перемешиваться на ночь (16 ч). Смесь фильтровали, из фильтрата отогнали растворитель. Продукт выдел или колоночной хроматографией на силикагеле (элюент: хлороформ/гексан 1: 1). Получили 0,457 г (выход 80%) бис(6-метил-2,3-дигидро-1-бензофуран-2-илметил) сульфида, бесцветную вязкую жидкость.

Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д. (CDCl_3): 2.25 с (6H, CH_3), 2.86-3.05 м (6H, CH_2 , CH_2S), 3.27 м (2H, CH_2), 4.95 м (2H, OCH), 6.59-6.61 м (2H, C_6H_3), 6.65-6.67 м (2H, C_6H_3), 6.99-7.03 м (2H, C_6H_3).

ведение реакции в условиях, аналогичных реакции дибромид селена с 2-аллилфенолом [3], привело к целевому продукту, но с низким выходом. Установлено, что для селективного образования продукта с высоким выходом требуется добавление в реакционную смесь таких оснований, как NaOH, K_2CO_3 , Na_2CO_3 или NaHCO_3 . Следует отметить, что эффект анхимерного содействия атома селена в 2-галогенэтилхалькогенидах значительно превышает аналогичный эффект атома серы, и нуклеофильное замещение галогена в 2-галогенэтилхалькогенидах значительно быстрее протекает в случае атома селена [5]. Также установлено, что образование продукта более эффективно протекает в среде хлороформа – более полярного растворителя по сравнению с четыреххлористым углеродом.



Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м. д. (CDCl_3): 21,49 (CH_3), 34,00 (SCH_2), 37,87 (CH_2), 82,08 (OCH), 110,21 (C_6H_4), 121,29 (C_6H_4), 123,12 (C_6H_4), 125,21 (C_6H_4), 138,23 (C_6H_4), 159,40 (CO, C_6H_4).

Найдено, %: С 73,82; Н 6,96; S 10,08, $\text{C}_{20}\text{H}_{22}\text{O}_2\text{S}$. Вычислено, %: С 73,58; Н 6,79; S 9,82.

Бис(6-метил-2,3-дигидро-1-бензофуран-2-илметил)сульфоксид (2). К смеси 0,185 г (0,9 ммоль) периодата натрия и 10 мл метанола, охлажденной до 0°C , добавили раствор 0,2 г (0,61 ммоль) бис(6-метил-2,3-дигидро-1-бензофуран-2-илметил)сульфида в 10 мл метанола, охлажденный до 0°C . Смесь перемешивали 1 ч при 0°C и 16 ч при комнатной температуре. Смесь отфильтровали от осадка, из фильтрата отогнали растворитель, остаток сушили в вакууме. Получили 0,199 г (выход 95%) бис(6-метил-2,3-дигидро-1-бензофуран-2-илметил)сульфоксида в виде светло-желтого масла.

Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д. (CDCl_3): 2,23 с (6H, CH_3), 2,93-3,23 м (6H, CH_2 , CH_2S), 3,30-3,40 м (2H, CH_2S), 5,28 м (2H, OCH), 6,56-6,72 м (4H, C_6H_3), 7,01 м (2H, C_6H_3).

Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м. д. (CDCl_3): 21,57 (CH_3), 34,76 (CH_2), 57,22 (SCH_2), 76,57 (OCH), 110,48 (C_6H_4), 122,10 (C_6H_4), 124,72 (C_6H_4), 128,37 (C_6H_4), 138,58 (C_6H_4), 158,42 (CO, C_6H_4).

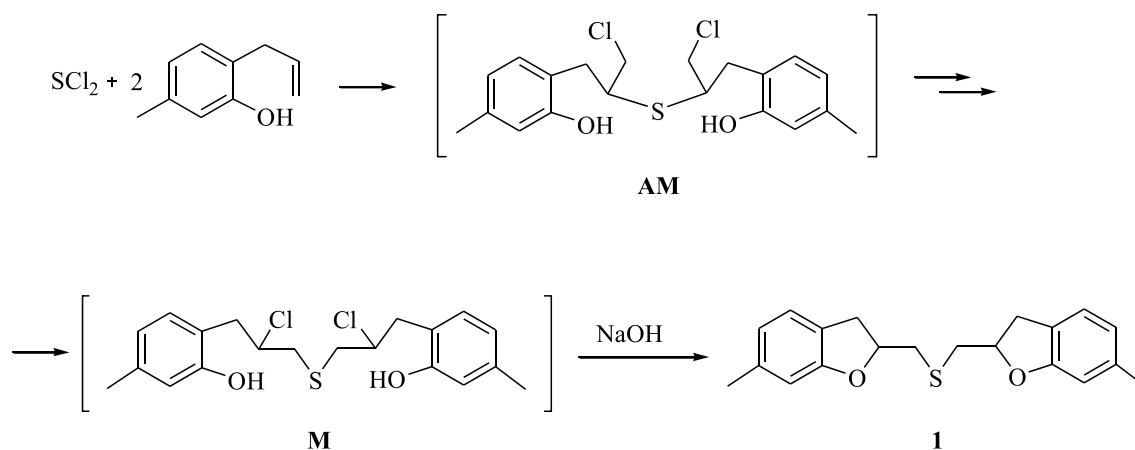
Найдено, %: С 69,86; Н 6,65; S 8,96, $\text{C}_{20}\text{H}_{22}\text{O}_3\text{S}$. Вычислено, %: С 70,15; Н 6,48; S 9,36.

Результаты исследования и их обсуждение

Нами систематически изучена реакция дихлорида серы с 6-аллил-3-метилфенолом с целью разработки эффективного метода синтеза бис(6-метил-2,3-дигидро-1-бензофуран-2-илметил)сульфида (1). Про-

Установлено, что для достижения высокого выхода продукта **1** (80%) необходимо смешивать реагенты при низкой температуре (-20°C) и после перемешивания реакционной массы при комнатной температуре добавлять основание (NaOH, K_2CO_3 , Na_2CO_3 или NaHCO_3).

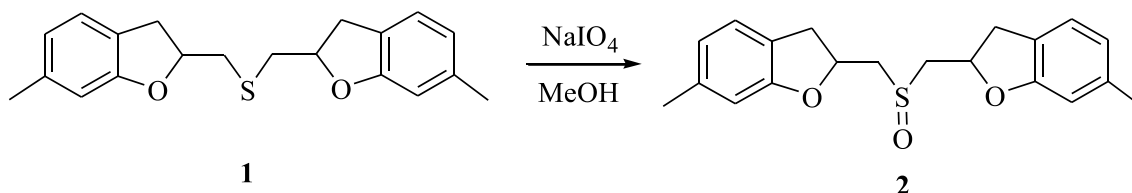
Известно, что реакции присоединения дигалогенидов серы и селена к алкенам, как правило, первоначально приводят к образованию кинетического продукта присоединения против правила Марковникова, который затем превращается в термодинамически более устойчивый продукт присоединения по правилу Марковникова [5], причем изомеризация легче протекает в более полярных растворителях. Можно предполагать, что аналогичным образом протекает и реакция дихлорида серы с 2-аллилфенолом, в которой для образования сульфида **1** требуется изомеризация кинетического продукта присоединения против правила Марковникова (AM) в термодинамически более устойчивый продукт присоединения по правилу Марковникова (M), и изомеризация быстрее идет в хлороформе, чем в четыреххлористом углероде. После добавления в реакционную смесь основания (NaOH, K_2CO_3 , Na_2CO_3 или NaHCO_3) в продукте присоединения по правилу Марковникова (M) реализуется реакция нуклеофильного замещения хлора гидроксильной группой, которая приводит к сульфиду **1**.



В случае реакции дибромида селена с 2-аллилфенолом изомеризация легко протекает в CCl_4 за счет высокого анхимерного эффекта атома селена, однако в синтезе сульфида **1** требуется более полярный растворитель. Необходимость использования основания для получения сульфида **1** объясняется не только меньшим эффектом анхимерного содействия атома серы по сравнению

с селеном, но тем, что нуклеофильное замещение атома хлора протекает медленнее, чем атома брома.

На основе реакции окисления сульфида **1** периодатом натрия в метаноле разработан эффективный способ получения ранее неизвестного бис(6-метил-2,3-дигидро-1-бензофуран-2-илметил)сульфоксида (**2**) с выходом 95 %.



Строение соединений **1** и **2** доказано методом ЯМР ^1H и ^{13}C и подтверждено данными элементного анализа. Сигнал группы CH_2S в спектре ЯМР ^{13}C бис(6-метил-2,3-дигидро-1-бензофуран-2-илметил)сульфоксида (57,22 м. д.) значительно смещен в область слабого поля по отношению к сигналу группы CH_2S в спектре ЯМР ^{13}C бис(6-метил-2,3-дигидро-1-бензофуран-2-илметил)сульфида (34,00 м. д.), что характерно для спектров ЯМР ^{13}C органических сульфоксидов.

Следует отметить, что ряд соединений, содержащий фурановый фрагмент, обладает высокой биологической активностью [10]. Можно предполагать, что полученные новые соединения **1** и **2**, содержащие дигидрофурановую, сульфидную и сульфоксидную функции, также могут проявить биологическую активность.

Выводы

Таким образом, разработаны удобные эффективные региоселективные способы получения ранее неизвестных бис(6-метил-2,3-дигидро-1-бензофуран-2-илметил)сульфида и -сульфоксида, которые делают эти соединения легкодоступными и открывают возможности их использования в органическом синтезе. Полученные соединения являются перспективными полупродуктами для органического синтеза и потенциально биологически активными веществами.

Работа выполнена в рамках проекта Российского научного фонда (№ 14-13-01085). Основные результаты получены с использованием материально-технической базы Байкальского аналитического центра коллективного пользования СО РАН.

Список литературы

1. Абрамов А.А., Анисимов А.В., Бобылева А.А. Синтез оксатиакраун-соединений на основе реакций дихлорида серы с ненасыщенными соединениями и их экстракционные характеристики // *Химия гетероцикл. соед.* – 2002. – С. 291–305.
2. Амосова С.В., Пензик М.В., Албанов А.И., Потапов В.А. Синтез 2,6-дихлор-1,4-тиаселенана из дивинилсульфида и дихлорида селена // *ЖОрХ.* – 2009. – Т. 45, № 8. – С. 1278–1279.
3. Мусалов М.В., Потапов В.А., Мусалова М.В., Амосова С.В. Региоселективный синтез бис(2,3-дигидро-1-бензофуран-2-илметил)селенида // *Журн. орган. химии.* – 2014. – Т. 50, № 11. – С. 1712–1713.
4. Потапов В.А., Куркутов Е.О., Амосова С.В. Реакция дигалогенидов селена с аллилбензиловым эфиром // *Журн. орган. химии.* – 2014. – Т. 50, № 12. – С. 1854–1856.
5. Accurso A.A., Cho S.-H., Amin A., Potapov V.A., Amosova S.V., Finn M.G. Thia-, aza-, and seleno[3.3.1]bicyclononane dichlorides: rates vs. internal nucleophile in anchimeric assistance // *J. Org. Chem.* – 2011. – Vol. 76, № 11. – P. 4392–4395.
6. Amosova S.V., Penzik M.V., Albanov A.I., Potapov V.A. Addition of selenium dibromide to divinyl sulfide: spontaneous rearrangement of 2,6-dibromo-1,4-thiaselenane to 5-bromo-2-bromomethyl-1,3-thiaselenolane // *Tetrahedron Lett.* – 2009. – Vol. 50, № 3. – P. 306–308.
7. Jagodzinski T.S. Thioamides as useful synthons in the synthesis of heterocycles // *Chem. Rev.* – 2003. – Vol. 103, № 1. – P. 197–228.
8. Mukerjee A.K., Ashare R. Isothiocyanates in the chemistry of heterocycles // *Chem. Rev.* – 1991. – Vol. 91, № 1. – P. 1–24.
9. Petragnani N., Stefani H.A., Valduga C.J. Recent advances in selenocyclofunctionalization reactions // *Tetrahedron.* – 2001. – Vol. 57. – P. 1411–1448.
10. Singh P., Mittal A., Kumar S. 2,3,5-Substituted tetrahydrofurans as cancer chemopreventives. Part 1: Synthesis and anti-cancer activities of 5-hydroxymethyl-2,3-diaryl-tetrahydro-furan-3-ols // *Bioorg. Med. Chem.* – 2007. – Vol. 15 – P. 3990–3996.

УДК 547.992.2(041)

СИНТЕЗ ТЕМПЛАТНЫХ СОРБЕНТОВ НА ОСНОВЕ ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ И М-АМИНОФЕНОЛА

Касымова Э.Д., Виноградов В.В., Кыдралиева К.А., Жоробекова Ш.Ж.

Институт химии и химической технологии Национальной Академии наук Кыргызской Республики, Бишкек, e-mail: kasymova_elvira@mail.ru

В данной работе рассмотрен новый подход синтеза функциональных материалов с использованием гуминовых кислот и м-АФ в качестве прекурсоров, а ионы 3d-элементов (Cu (II), Ni (II), Co (II)) – в качестве темплатов, сшивающий агент формалин. Проведение такого темплатного синтеза позволяет получить аминометаллокомплексные структуры, которые были использованы для создания настроенных на определенные ионы металла сорбентов, обладающих определенным размером пор, равным ионному радиусу и комплементарной структуре металла, содержащегося в комплексе на стадии синтеза. Приведены хроматограммы разделения ионов двухвалентных металлов на ионитах методом ступенчатого элюирования. Определено, при каких pH ацетатных буферных растворов происходит ступенчатое элюирование ионов кобальта, никеля. Для ионов меди элюатом является 0,1 н раствор HCl.

Ключевые слова: гуминовые кислоты, темплатный синтез, гидролизованные иониты, селективные сорбенты, настроенные сорбенты

SYNTHESIS OF TEMPLATE SORBENTS BASED ON HUMIC ACIDS AND M-AMINOPHENOL

Kasymova E.D., Vinogradov V.V., Kydralieva K.A., Zhorobekova S.Z.

Institute of Chemistry and Chemical Technology, National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic, Kyrgyz Republic, e-mail: kasymova_elvira@mail.ru

This paper is devoted to a new approach to the synthesis of functional materials by means of humic acids and *m*-AF as precursors, and ions 3d – elements (Cu (II), Ni (II), Co (II)) as templates, and crosslinking agent is a formalin. Such template synthesis allows to obtain aminometal complexes structures, which are applied to create sorbents customized for certain metal ions having certain pore size is equal to the ionic radius and complementary metal structure contained in the complex of step synthesis. Separation of divalent metal ions chromatograms in the ion exchangers are presented by means of stepwise elution. pH of acetate buffers are determined for stepwise elution of cobalt, nickel ions. For copper ions eluate is a solution of 0,1N HCl.

Keywords: humic acids, template synthesis, hydrolyzed ion exchangers, selective sorbents, customized sorbents

Синтез хелатных комплексов универсален, с его помощью можно получить множество координационных соединений с самыми разнообразными би- и полидентатными органическими лигандами. Темплатный синтез – это процесс комплексообразования, в котором ион металла с определенной стереохимией и электронным состоянием помимо своей основной функции (комплексообразователя) выступает еще и в качестве своеобразного лекала или шаблона для образования из соответствующих исходных веществ таких лигандов.

В качестве темплатов использовали ионы 3d-элементов (Cu (II), Ni (II), Co (II), Cd (II), Pb (II)). Характер связи зависит от природы комплексообразователя, его координационного числа, немаловажное значение также имеют электронные характеристики, в частности, эффективный заряд металла и способность отдавать *d*-электроны на *p*-орбиталь лиганда [1, 2, 5].

Неполное замещение координационной сферы Cu^{2+} приводит к образованию смешанно-лигандных комплексов с участием

молекул воды, в случае использования аминифенола – NH_2 -групп.

При проведении синтеза гуминовые кислоты (ГК) выступают как макромолекула с наличием набора функциональных групп с собственным набором донорных атомов, которые ориентируются вблизи иона металла, после чего в реакцию вступают другие функциональные группы – *m*-аминофенола в качестве сшивающего агента формалин с получением макроциклического соединения.

Проведение такого темплатного синтеза позволяет получить аминометаллокомплексные структуры на основе гуминовых кислот, которые были использованы для создания настроенных на определенные ионы металла сорбентов, обладающих определенным размером пор, равным ионному радиусу и комплементарной структуре металла, содержащегося в комплексе на стадии синтеза.

Проведение такого темплатного синтеза образует металлокомплексные системы гуминовых кислот [2, 5].

Материалы и методы исследования

К навеске 10 г ГК, растворенных в ДМФА, добавляли раствор соли, содержащий 15 мг-экв/г металла (CuCl_2 , CoCl_2 , NiCl_2 соответственно). После перемешивания добавляли 5 г м-АФ, растворенного в 50 мл раствора ДМФА. Полученный гель высушивали. Затем навеску 5 г металлокомплексного ионита заливали 50 мл 0,1 н раствора HCl и нагревали в течение 15 минут. Смесь фильтровали и промывали 50 мл 0,1 н раствора соляной кислоты, затем дистиллированной водой до исчезновения ионов хлора [4]. Таким образом, получали комплексы, обладающие избирательной сорбцией по отношению к целевым металлам.

Для исследования селективной сорбции одного иона из смеси бинарных соединений после установления равновесия были отфильтрованы и промыты дистиллированной водой, затем количественно перенесены в колонки для селективного элюирования ионов (Cu^{2+} , Co^{2+} , Ni^{2+}) в отдельности после их совместной сорбции.

Сорбированные на ионитах ионы селективно элюировали ацетатным буферным раствором с различными значениями pH. Ионы кобальта элюировали ацетатным буферным раствором с pH = 5,3, ионы никеля ацетатным буферным раствором с pH = 4,7. Ионы меди элюировали 0,1 н раствором соляной кислоты. Скорость элюирования составляла 0,5 мл/мин, собирали фракции по 5 мл.

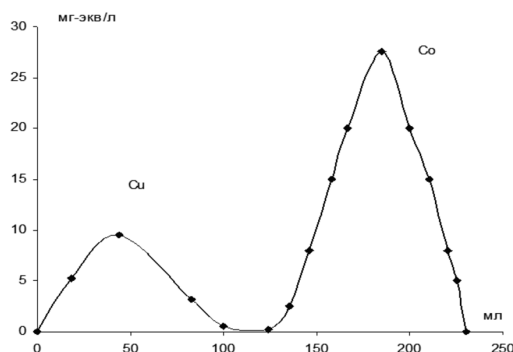


Рис. 1. Разделение ионов двухвалентных металлов на ионитах методом ступенчатого элюирования. Кобальт, элюент буферный раствор, pH = 5,3. Медь, элюент 0,1 н раствор HCl

Результаты исследования и их обсуждение

При промывании ионитов, извлеченных из бинарных смесей растворов солей, большая часть сорбированных металлов вымывается дистиллированной водой, лишь около 10% остается на ионите. Для выделения прочно связанных ионов применяли ступенчатое элюирование буферными растворами в колонках. Полученные хроматограммы свидетельствуют о правильном выборе ацетатных буферных растворов с pH = 5,3 для кобальта и pH = 4,6

для никеля, т.к. в выбранных условиях полностью вымывается из сорбированных смесей ионов только один вид ионов, кобальта или никеля, а затем ионы меди элюируются 0,1 н раствором HCl .

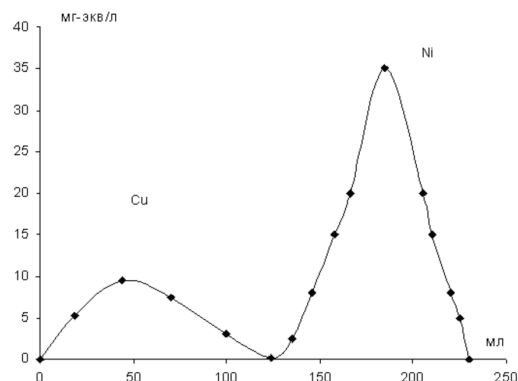


Рис. 2. Разделение ионов двухвалентных металлов на ионитах методом ступенчатого элюирования. Никель, элюент буферный раствор, pH = 4,7. Медь, элюент 0,1 н раствор HCl

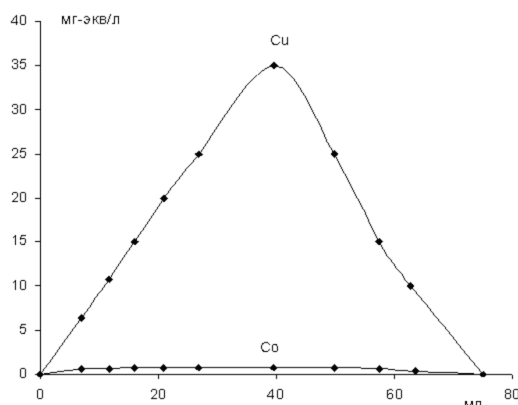


Рис. 3. Разделение ионов двухвалентных металлов на ионитах методом ступенчатого элюирования. Медь, элюент 0,1 н раствор HCl . Никель, элюент буферный раствор, pH = 4,7

Однако, проводя сорбцию из бинарных растворов, предполагали, что образуются иониты, ориентированные на определенный металл, но сорбировалось также незначительное количество нецелевого металла. Объяснить такое поведение можно, исходя из того, что синтезированные металлокомплексные иониты являются пространственными полимерами, содержащими функциональные группы как на периферии, так и внутри макромолекулы.

В результате элюирования из металлокомплексного ионита ионы кобальта и никеля образуют при этом внутренние поры и будут иметь радиусы, равные атомным радиусам ионов кобальта (0,78 Å) или никеля (0,79 Å). Гидролизированные иониты помещали в бинарные растворы $\text{CuCl}_2 + \text{CoCl}_2$ и $\text{CuCl}_2 + \text{NiCl}_2$, а Cu^{2+} , как более реакционноспособный металл, реагирует с периферийными функциональными группами, а внутренние ей не доступны, т.к. атомный радиус больше, чем у ионов кобальта и никеля, следовательно, и больше радиус пор. В результате с внутренними функциональными группами реагирует Co^{2+} в ионите Co или Ni^{2+} в ионите Ni [4].

При гидролизе металлокомплексный ионит Cu при сорбции ионов металлов из бинарной смеси солей, естественно, будет сорбировать только Cu^{2+} , т.к. Cu^{2+} может реагировать как с концевыми, так и внутренними группами. Радиус пор в этом случае равен радиусу иона Cu^{2+} (0,80 Å).

Проведена обработка спектров ЯМР ^{13}C исходных ГК, ионитов. Спектры ЯМР ^{13}C ГК регистрировали в 5 мм ЯМР-ампуле на приборе Bruker Aspect 3000 при рабочей частоте 100 МГц. Ширина развертки спектра составляла около 26000 Гц, время регистрации сигнала спада свободной индукции

(ССИ) 0,6 с, интервал между импульсами (T_d) 8 с, при ширине импульса 90° , длительность накопления спектра 72 часа. При регистрации был использован внешний стандарт $\text{MeOH}/\text{D}_2\text{O}$ ($\delta = 49,0$ м.д.). Навеску препарата 50–70 мг растворяли в 0,7 мл 0,3 М NaOD. Фурье-преобразование выполнялось с предварительным экспоненциальным взвешиванием сигнала ССИ с константой времени, эквивалентной уширению линий 35 Гц.

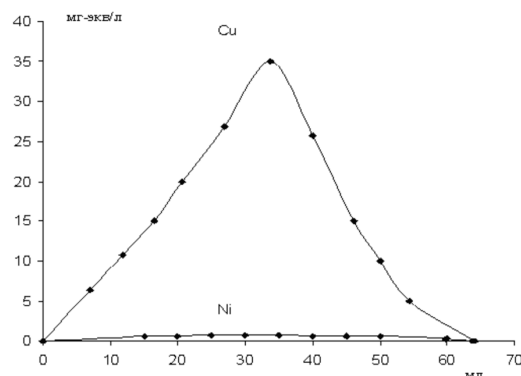


Рис. 4. Разделение ионов двухвалентных металлов на ионитах методом ступенчатого элюирования. Медь, элюент 0,1 н раствор HCl. Кобальт элюент буферный раствор, pH = 5,3

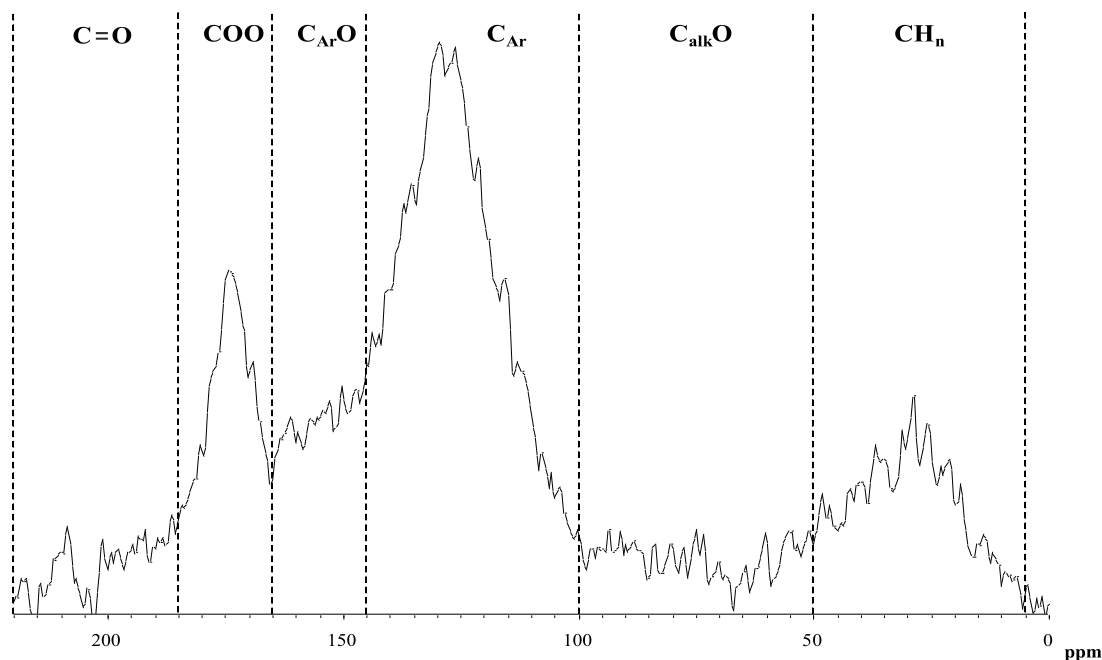


Рис. 5. Спектры ЯМР ^{13}C препарата ГК (спектры регистрировали на Bruker Aspect 3000 на рабочей частоте 100 МГц при 303 К, время задержки между импульсами — 8 сек, 5 мм датчик, растворитель — 0,3 М NaOD, навеска препарата — 50–70 мг)

Распределение углерода по структурным фрагментам определяли интегрированием спектра ЯМР ^{13}C (рис. 5) по шести спектральным областям, в которых находятся группы сигналов атомов углерода со сходным химическим окружением. Отнесения проводили согласно [3]:

I. 0 – 48 м.д.: сигналы алифатических атомов углерода (CH_n);

II. 48 – 100 м.д.: сигналы алифатических атомов углерода, связанных простой связью с гетероатомом (кислородом или азотом), в основном, принадлежащие фрагментам карбогидратов ($\text{C}_{\text{alk}}\text{O}$);

III. 100 – 145 м.д.: сигналы C- и H-замещенных ароматических атомов углерода (C_{ar});

IV. 145 – 167 м.д.: сигналы O-замещенных ароматических атомов углерода ($\text{C}_{\text{ar}}\text{O}$);

V. 167 – 185 м.д.: сигналы атомов углерода карбоксильных, сложноэфирных и амидных групп (COO);

VI. 185 – 220 м.д.: сигналы атомов углерода кетонных и хинонных групп ($\text{C}=\text{O}$).

Список литературы

1. Гарновский А.Д. Направленный синтез, строение, люминесцентные, магнитные и трибохимические свойства координационных соединений азометинов [Текст] / А.Д. Гарновский, В.С. Васильченко, Д.А. Гарновский // Химия и новые материалы. – 2014. – Т. 10, № 3. – С. 35–53.
2. Гэрбэлэу Н.В., Арион В.Б. Темплатный синтез макроциклических соединений [Текст] / Н.В. Гэрбэлэу, В.Б. Арион. – Кишинев, 1990. – С. 392.
3. Калабин Г.А., Каницкая Л.В. Количественная спектроскопия ЯМР природного органического сырья и продуктов его переработки. – М., 2000. – 407 с.
4. Касимова Э.Дж., Королева Р.П., Кыдралиева К.А., Жоробекова Ш.Ж. Использование темплатного синтеза для получения наносорбентов [Текст] / Э.Дж. Касимова, Р.П. Королева, К.А. Кыдралиева // Известия НАН КР. – 2010. – № 3. – С. 119–122.
5. Фридман Я.Д. Окислительно-восстановительные свойства комплексных соединений металлов и их устойчивость в растворах [Текст] / Я.Д. Фридман. – Фрунзе: «Илим», 1986. – С. 36.

УДК 663.1

ХИМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МЕХАНИЗМОВ РЕПАРАЦИИ ДНК МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Лопатина А.Б.

ГОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», Пермь,
e-mail: panachev@pstu.ru

В данном научном обзоре рассматриваются теоретические химического обеспечения механизмов репарации ДНК микробиологических систем на примере одноклеточных структур – бактерий. Описаны понятия самовосстановления и репарации ДНК за счет функционирования ферментных систем. Описаны механизмы распознавания повреждений, систем узнавания и выявления поврежденных участков и процессы подключения способов устранения поломок. Большое внимание уделяется механизмам повреждения бактерий ультрафиолетом. Однако описывается и механизм восстановления ДНК с помощью солнечного света. Подробно освещены механизмы репарации ДНК, такие как: фотореактивация, мисматч-репарация, эксцизионная репарация нуклеотидов, рекомбинационная репарация, воссоединение негомологичных концов. Все эти механизмы, изучаемые на примере одноклеточных структур, имеют место быть и в структурах многоклеточных, включая и организм человека. Поэтому изучение химического и ферментного обеспечения механизмов репарации ДНК на примере микробиологических систем является важной и актуальной задачей современной химии.

Ключевые слова: ДНК, репарация, фотореактивация, ферменты

CHEMICAL NATURE OF DNA REPAIR MECHANISMS IN THE MICROBIAL SYSTEMS

Lopatina A.B.

Perm National Research Polytechnic University, Perm, e-mail: panachev@pstu.ru

This scientific review discusses the theoretical chemical ensure DNA repair mechanisms of microbial systems on an example of single-celled structures – bacteria. Describes the concept of self-healing and DNA repair due to the functioning of enzyme systems. The mechanisms of damage recognition systems, recognition and identification of damaged areas and the process of connecting ways to eliminate breakdowns. Much attention is paid to the mechanisms of damage to the bacteria with ultraviolet light. In this work is described the mechanism of DNA repair by sunlight. Details covered DNA repair mechanisms such as photoreactivation, mismatch repair, nucleotide excision repair, recombination repair, non-homologous end reunion. All these mechanisms, has been studied in single-celled structures are in place to be multicellular structures, including the human body. Therefore, the study of chemical and enzymatic DNA repair mechanisms to ensure the example of microbial systems is an important and urgent task of modern chemistry.

Keywords: DNA, repair, photoreactivation, enzymes

В настоящее время современная наука все больше и больше внимания уделяет нанообъектам, молекулярной биологии и молекулярной химии. Безусловно, что первыми объектами для изучения на молекулярном уровне становятся одноклеточные структуры, такие как бактерии, вирусы. ДНК этих структур, являющихся носителями информации, в первую очередь подвергается расщеплению, попыткам синтеза, подвергается различным облучениям, солнечному, радиоактивному, с целью исследования ответной реакции на воздействие этих факторов. Безусловно, изучение химических реакций на уровне микробиологических структур экстраполируется на попытки понимания течения подобных процессов и реакций в структурах живого человеческого организма, что и делает эти опыты актуальными и важными. Исследование закономерности мутационных процессов на уровне клеток, а затем и организма челове-

ка в целом невозможно без понимания закономерностей происхождения мутаций на уровне одноклеточных субъектов. Попытки изучения ДНК и химических реакций, протекающих в клетках бактерий насчитывают уже десятки лет. Успехи современной химии, биохимии и молекулярной химии являются огромными, но даже при таком прогрессивном изучении молекулярных и субмолекулярных процессов загадки природы, сотворившей и встроившей процессы самовосстановления, саморегуляции и репарации ДНК, превосходят все мыслимые и немыслимые ожидания. 2015 год ознаменовался вручением Нобелевской премии трем ученым за вклад в изучение механизмов репарации ДНК. Целью данной работы является описание теоретических основ химического обеспечения механизмов репарации ДНК микробиологических систем, с экстраполяцией полученных результатов на макроуровень, в том числе на уровень ор-

ганизма человека, что делает изучение этой проблемы важной и актуальной задачей.

Исследования ДНК на одноклеточных организмах, бактериях выявили механизм восстановления ДНК бактерий после повреждений, нанесенных ультрафиолетом, при воздействии этого же самого солнечного света. То есть тот фактор, который является повреждающим, является также и восстанавливающим. Это явление было названо фотореактивацией и положило основу для дальнейших исследований механизмов репарации ДНК [9]. Подобные результаты исследований получили и другие ученые – Альберт Кельнер и Нобелевский лауреат, вирусолог [3].

В настоящее время известно несколько разных механизмов репарации ДНК. ДНК всех живых организмов постоянно подвергается воздействию повреждающих факторов: ультрафиолет, радиация, тысячи химически активных веществ в нашей пище, химические соединения, содержащиеся в кофе и кофейных напитках. Но гораздо важнее факторы внутренние, которых мы не можем избежать в принципе. Главных таких факторов три. Во-первых, весь наш обмен веществ основан на кислородном дыхании. Митохондрии – клеточные органеллы, в которых кислород используется для производства АТФ, «энергетической валюты» наших клеток, – работают не с абсолютной эффективностью, и промежуточные активные формы кислорода утекают из них и способны повреждать ДНК. Во-вторых, как известно, мы в среднем на 60 % состоим из воды, которая, в общем, тоже очень активное соединение и постоянно гидролизует ДНК. Наконец, еще одним важным источником повреждений в ДНК служат ошибки ферментов, которые ее копируют, – ДНК-полимераз; количество неверно включенных нуклеотидов составляет около 300 000 на каждое клеточное деление.

Фотореактивации – один из частных примеров механизма реактивации, или прямого восстановления, при котором поврежденное звено ДНК превращается в нормальное без каких-то промежуточных шагов. В случае фотореактивации происходит вот что. Под влиянием ультрафиолетового света соседние основания тимина в ДНК могут сшиваться друг с другом и образовывать так называемые циклобутановые пиримидиновые димеры, которые очень сильно искажают структуру ДНК и не дают возможности ДНК-полимеразам копировать поврежденный участок. Бактерии же содер-

жат фермент фотолиазу, который использует энергию видимого света для того, чтобы расщепить связи между основаниями в димере, превращая его опять в два тимина.

Фотолиазу открыл в конце 1950-х годов Стэн Руперт (Stan Rupert) [7], с которым когда-то работал нынешний нобелевский лауреат Азиз Санджар, который впервые клонировал фотолиазу, то есть выделил кодирующий ее ген, а потом произвел генно-инженерный белок. Тем самым Санджар сумел произвести изучаемый белок в нужных для исследования количествах, поскольку природной фотолиазы в бактериях очень мало. Фотолиаза – это пример сложной химической системы, осуществляющей фотокатализ: путь энергии, принесенной фотоном, поглощенным 5,10-метенилтетрагидроптероилполиглутаматом – хромофором в составе белка – через второй хромофор (флавинадениндинуклеотид) к циклобутановому пиримидиновому димеру сейчас прослежен вплоть до квантовомеханического описания. Помимо этого Санджар изучал и явление «темновой репарации». Бактерии, облученные ультрафиолетом, способны исправлять внесенные повреждения не только на свету – просто для этого нужно гораздо больше времени. Фотолиаза помогает темновой репарации, но без нее вполне можно обойтись, так как в эту работу включаются другие ферменты.

К тому времени было известно, что в темноте тиминового димеры постепенно исчезают из ДНК (это открытие сделал в начале 1960-х годов Ричард Сетлоу (Richard B. Setlow) [2, 10]. После облучения ультрафиолетом в клетках начинается синтез ДНК (автор этого открытия Филип Ханаволт (Philip Hanawalt). Были известны три гена, которые отвечали за темновую репарацию, их назвали *uvrA*, *uvrB* и *uvrC* (*uvr* – от английского «UV-resistant», устойчивый к ультрафиолету), но оставалось совершенно непонятно, как же всё это в клетке происходит. Опять же, в основном проблемы были в том, что белков этих в клетке очень мало, и исследовать их из-за этого очень трудно.

Санджар изобрел метод бактериальных «макси-клеток», который позволял получать огромный избыток нужного продукта при минимальном загрязнении другими клеточными белками. На рубеже 1970–80-х годов им пользовались десятки лабораторий для идентификации самых разных белков, а сам изобретатель с его помощью быстро охарактеризовал белковые продукты генов *uvrA*, *uvrB* и *uvrC* и показал, что они

образуют комплекс, который назвали эксцизунклеазой (Excinuclease) – он был способен вырезать (англ. excise) кусок ДНК размером 13 пар нуклеотидов вокруг тиминового димера. От этого весь механизм получил название эксцизионной репарации нуклеотидов (Nucleotide excision repair). Дальнейшие исследования позволили установить, что после вырезания фрагмента, содержащего повреждение, ДНК-полимераза синтезирует нормальный участок цепи ДНК и процесс репарации завершается ферментом ДНК-лигазой, которая восстанавливает целостность остова ДНК.

Эксцизионная репарация нуклеотидов для жизни в целом гораздо важнее, чем фотореактивация. Например, у человека фототиазы нет – из всех млекопитающих ее сохранили только сумчатые, а у остальных сохранились гомологи фототиазы, криптохромы, отвечающие за суточные. Поэтому вся репарация вызванных ультрафиолетовым светом повреждений у нас опирается исключительно на эксцизионную репарацию нуклеотидов. Белки этой системы в организме человека не похожи на бактериальные, но принцип работы тот же – вырезать отрезок ДНК и заменить его новым. Дефекты эксцизионной репарации нуклеотидов вызывают тяжелейшее наследственное заболевание – пигментную ксеродерму, при которой малейшее пребывание на солнце приводит к ожогам, и за несколько лет жизни развивается рак кожи. Для этого заболевания очень характерен рак кончика языка – человек на свету облизывает пересохшие губы, и этих нескольких секунд облучения достаточно, чтобы в ДНК возникло столько повреждений, что они в отсутствие репарации вызывают мутации и рак. Еще более важно то, что фотореактивация – процесс, специфичный только для тиминового димеров, другие повреждения ею не исправляются, а вот эксцизионная репарация нуклеотидов универсальна и помогает бороться с огромным числом самых разнообразных повреждений ДНК, например, с теми, что вызываются канцерогенами в табачном дыме.

Эксцизионная репарация нуклеотидов исправляет до 10% всех повреждений, возникающих в ДНК человека. При ее некомпетентности или недостаточности подключаются другие механизмы восстановления ДНК, такие как мисматч-репарация (DNA mismatch repair, от английского слова mismatch – неправильная, неподходящая пара, мезальянс). Аналогом этого названия

является термин «репарация гетеродуплексов», «репарация неканонических пар оснований». Это система, которая исправляет ошибки ДНК-полимераз, если те включают в ДНК при синтезе не те нуклеотиды, что нужно, – образуют не пары А:Т и Г:С, а что-то другое, например Г:Т. Такое случается редко, но всё же случается, потому что ни один фермент не работает со стопроцентной точностью. Системой распознавания неправильно включенного нуклеотида являются другие ферменты. Помимо этого, важно понимать, что могут быть не поврежденные, а нормальные нуклеотиды, просто не подходящие друг другу по паре оснований. И для этого в организме также существуют специфические ферменты.

Многие бактерии маркируют материнскую цепь при помощи метильных групп, которые специальный фермент, ДНК-метилаза Dam, вводит в основания аденина, находящиеся в последовательностях -GATC-. Таким образом, сразу после синтеза ДНК эта последовательность на протяжении нескольких минут остается полуметилированной – то есть несет метильные группы в материнской цепи и не содержит их во вновь синтезированной дочерней цепи. Этого времени системе мисматч-репарации достаточно для того, чтобы сработать. В организме человека механизм, различающий материнскую и дочернюю цепь, другой и более сложный, основанный на асимметричном связывании некоторых белков при репликации, – но он всё равно существует, мисматч-репарация без такого механизма работать не может.

После маркировки цепей метильными группами образуются дуплексы между цепочками ДНК бактериофагов, отличающихся на один нуклеотид. Это позволило изучать дальнейшие процессы в неправильных парах нуклеотидов и с изолированными белками системы репарации, и в клетках бактерий. Сразу после репликации с полуметилированными последовательностями -GATC- связывается белок MutH. Одновременно с неправильной парой нуклеотидов связываются две молекулы белка MutS. Две молекулы белка оказались очень похожими на сложенные в молитве ладони, между которыми зажата ДНК. Когда расстояние между MutH и димером MutS позволяет им взаимодействовать (в чем им помогает третий член системы, MutL), белок MutH превращается в эндонуклеазу, которая расщепляет неметилированную цепь в последовательности -GATC-. Начиная с этого разрыва, до-

черная цепь ДНК затем удаляется в направлении связанного белка MutS. Достигнув неправильной пары оснований, разрушение ДНК останавливается, после чего недостающий участок ДНК вновь синтезируется.

Полом Модричем были открыты основные принципы мисматч-репарации и у бактерий, и у человека [6]. Система мисматч-репарации в организме человека очень похожа на бактериальную, за исключением принципа определения материнской и дочерней цепи. Мутации в генах, ответственных за мисматч-репарацию, приводят к развитию наследственного рака кишечника и служат самой распространенной причиной этого заболевания.

Самой важной системой репарации является эксцизионная репарация оснований. Она устраняет подавляющее большинство всех повреждений. К ним относятся как раз те, которые неизбежно возникают в ДНК под действием воды и кислорода, но и многие другие повреждения тоже ею исправляются. Если поломки в других системах репарации вызывают тяжелые заболевания, неисправность эксцизионной репарации оснований у человека, за редкими исключениями, в заболеваниях не проявляется – эмбрионы гибнут на самых ранних стадиях.

Открытие эксцизионной репарации оснований Томас Линдаль [4, 5] связывает с исследованиями химической реактивности ДНК, к чему его вдохновила знаменитая «Белая книга» – переведенная на английский язык монография «Органическая химия нуклеиновых кислот» академика Н. К. Кочеткова с соавторами [1]. Ранние представления о ДНК, как химически устойчивой молекуле, которая лишь изредка повреждается под влиянием ультрафиолета, радиации или химических мутагенов, в корне неверно – ДНК в водной среде повреждается постоянно. Выбрав две простых и легко идущих химических реакции – превращение цитозина в урацил (который в норме встречается в РНК, но не в ДНК) и апуринизацию (отщепление от ДНК аденина или гуанина), – Линдаль быстро показал, что они протекают и в изолированной ДНК, и в живой клетке. Более того, получив ДНК, в которой часть цитозина была заменена на урацил, он обнаружил и фермент, который удалял урацил в виде свободного основания – урацил-ДНК-гликозилазу (Uracil DNA glycosylases) – и открыл новый вид репарации.

По пути эксцизионной репарации оснований происходит репарация небольших

поврежденных оснований и апуринизированных нуклеотидов, которые не вносят значительных искажений в структуру ДНК и поэтому не узнаются системой эксцизионной репарации нуклеотидов. Сначала поврежденное основание узнается одним из ферментов, относящимся к классу ДНК-гликозилаз (DNA glycosylase), которые выщепляют его из ДНК. ДНК-гликозилазы обладают групповой специфичностью – некоторые удаляют из ДНК только окисленные пуриновые основания, другие – окисленные пиримидины, третьи – алкилированные основания, четвертые – урацил и т. п. После этого фермент АП-эндонуклеаза разрывает ДНК рядом с повреждением, ДНК-полимераза встраивает один (так называемая «короткозаплаточная репарация») или несколько нуклеотидов («длиннозаплаточная репарация»), и репарация завершается ДНК-лигазой. В процессе эксцизионной репарации оснований участвуют еще несколько белков, но они играют вспомогательную роль.

Эксцизионная репарация оснований используется не только для восстановления ДНК, но и в других процессах. Например, ту же урацил-ДНК-гликозилазу клетки человека используют для борьбы с вирусами, в частности с ВИЧ. Существует специальный фермент АРОВЕС [8], который в вирусной ДНК массово превращает цитозин в урацил, а урацил-ДНК-гликозилаза потом такую ДНК расщепляет. Иммунный ответ также требует участия урацил-ДНК-гликозилазы, которая в этом случае отвечает за генерацию разнообразия антител. Эксцизионная репарация оснований лежит в основе эпигенетических процессов – направленной модификации ДНК, которая регулирует активность генов. В раковых клетках некоторые пути репарации выключены, и ингибиторы оставшихся путей, главным образом эксцизионной репарации оснований, сейчас рассматриваются как новые многообещающие лекарства в онкологии.

В России основные исследования репарации ДНК ведутся в нескольких лабораториях Института химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН в Новосибирске; есть группы, работающие в этом направлении в МГУ, Институте молекулярной генетики РАН, Институте цитологии РАН в Санкт-Петербурге, Петербургском институте ядерной физики.

Помимо описанных способов репарации ДНК, существуют и уже описанные механизмы ее восстановления, такие как

рекомбинационная репарация (Homologous recombination), когда для восстановления правильной последовательности ДНК используется ее копия с другой хромосомы, и воссоединение негомологичных концов (Microhomology-mediated end joining), когда часть ДНК теряется, но это часто件 важно, потому что она приходится на некодирующие области. Оба этих вида репарации используются, когда нужно исправить двуцепочечный разрыв ДНК. Есть системы толерантности к повреждению (Translesion synthesis), когда клетка может функционировать и даже делиться, несмотря на то, что с ее геномом не всё в порядке. Есть клеточные системы ответа на повреждение (DNA damage response), которые определяют, как клетке вести себя и функционировать в случае повреждения ее ДНК: делиться, остановить деление и попытаться отрепарировать повреждение, погибнуть или использовать еще какой-нибудь, неизвестный в настоящее время механизм саморегуляции. За исследование последней системы в 2015 году Стефан Элледж (Stephen Elledge) и Эвелин Виткин (Evelyn M. Witkin) получили Ласкеровскую премию (Lasker Award). Эвелин Виткин открыла первую систему координированного клеточного ответа на повреждение ДНК – SOS-ответ.

Таким образом, все химические реакции, происходящие на уровне ДНК бактерии, свойственны и клеткам человеческо-

го организма, за малым исключением или с некоторыми вариациями. Однако голографичность энзимных механизмов и репаративных процессов ДНК бактерии в общем и целом схожи с химическими процессами, протекающими в клетках макроорганизма, что делает задачу изучения химических процессов репарации ДНК микросистем еще более актуальной.

Список литературы

1. Кочетков Н.К., Будовский Э.И., Свердлов Е.Д., Симукова Н.А., Турчинский М.Ф., Шибяев В.Н. Органическая химия нуклеиновых кислот. – М., Химия, 1970. – 718 с.
2. Сетлоу Р., Поллард Э. Молекулярная биофизика. – М.: Мир, 1964. – 440 с.
3. Dulbecco R., and Freeman, G., *Virology*, 8, 396 (1959).
4. Lindahl T. New class of enzymes acting on damaged DNA // *Nature*. – 1976. – V. 259. – P. 64–66.
5. Lindahl T. Instability and decay of the primary structure of DNA // *Nature*. – 1993. – V. 362. P. 709–715.
6. Modrich P. Methyl-directed repair of DNA base pair mismatches in vitro // *Proc. Natl Acad. Sci. USA*. – 1983. – V. 80. – P. 4639–4643.
7. Paul Modrich P. Mechanisms and biological effects of mismatch repair // *Annu. Rev. Genet.* – 1991. – V. 25. – P. 229–253.
8. Rupert C.S., Goodgal Sol H., and Herriott, Roger M., 1958, Photoreactivation in vitro of Ultraviolet Inactivated Hemophilus in fluenzae Transforming Factor, *Journal of General Physiology*, 41: 451–471.
9. Sancar A. A novel repair enzyme: UVRABC excision nuclease of Escherichia coli cuts a DNA strand on both sides of the damaged region // *Cell*. – 1983. – V. 33. – P. 249–260.
10. Sancar A. Structure and function of DNA photolyase // *Biochemistry*. – 1994. – V. 33. – P. 2–22.
11. Setlow, Richard B., 1997, DNA Damage and Repair: A Photobiological Odyssey, *Photochemistry and Photobiology*, 65S: 119S–122S.

УДК 547.564.2

СИНТЕЗ НОВОГО 3-МЕТОКСИМЕТИЛ-4-НИТРОЗО-5-ФЕНИЛ-1Н-ПИРАЗОЛА И ЕГО ВОССТАНОВЛЕНИЕ**Любяшкин А.В., Ефимов В.В., Субоч Г.А., Товбис М.С.***Сибирский государственный технологический университет, Красноярск, e-mail: tovbis@bk.ru*

Производные пиразолов нашли широкое применение в качестве фармацевтических препаратов. Широко применяются в фармакологии анальгин, амидопирин, антипирин и другие классические средства на основе пиразолов. По данным литературы, среди производных пиразолов имеются соединения, которые проявляют фунгицидную и антибактериальную активность. В настоящей работе приведены данные по синтезу ранее не известного 1-фенил-4-метоксибутан-1,2,3-трион-2-оксима нитрозированием 1-фенил-4-метоксибутандиона-1,3 нитритом натрия в уксусной кислоте. При взаимодействии 1-фенил-4-метоксибутан-1,2,3-трион-2-оксима с гидразингидратом в водно-щелочной среде был синтезирован ранее не доступный 3-этоксиметил-4-нитрозо-5-фенил-1Н-пиразол. Восстановление этого нитрозопиразола гидразингидратом в дихлорметане на катализаторе Pd/C 0,5% позволило впервые выделить 3-этоксиметил-4-амино-5-фенил-1Н-пиразол. Индивидуальность соединений подтверждена с помощью тонкослойной хроматографии. Строение синтезированных веществ доказано современными физико-химическими методами исследования: УФ, ИК, ЯМР ^1H -спектроскопией.

Ключевые слова: нитрозопиразол, аминопиразол, метоксипиразол, циклоароматизация, изонитрозодикетон

SYNTHESIS AND HYDROGENIZATION OF NEW 3-METHOXYMETHYL-4-NITROSO-5-PHENYL-1H-PYRAZOLE**Lyubyashkin A.V., Efimov V.V., Suboch G.A., Tovbis M.S.***Siberian State Technological University, Krasnoyarsk, e-mail: tovbis@bk.ru*

Pyrazole derivatives are broadly used as pharmaceuticals. Analgin, amidopyrine, antipyrine and other classic pyrazole-based remedies are broadly used in the pharmacology. According to the literature of derivatives pyrazoles are compounds that exhibit fungicidal and antibacterial activity. In this paper we present data on the synthesis of previously unknown 1-phenyl-4-methoxybutane-1,2,3-trione-2-oxime by nitrosation with sodium nitrite in acetic acid 1-phenyl-4-methoxybutandione-1.3. By reacting 1-phenyl-4-methoxybutane-1,2,3-trione-2-oxime with hydrazine hydrate in an aqueous alkaline medium has been synthesized previously available 3-methoxymethyl-4-nitroso-5-phenyl-1H-pyrazole. Hydrogenization of nitrosopyrazole by hydrazinehydrate in dichloromethane on the catalyst Pd/C 0.5% was first allowed to allocate 3-ethoxymethyl-4-amino-5-phenyl-1H-pyrazole. Individuality of synthesized compounds is confirmed by thin layer chromatography. The structure of the synthesized compounds is proved by modern physical methods: UV, NMR, IR spectroscopy.

Keywords: nitrosopyrazole, aminopyrazole, methoxypyrazole, cyclocondensation, isonitrosodiketone

В последнее время возрос интерес к новым производным пиразолов в связи с проявлением такими соединениями различных видов биологической активности [5–7]. Среди них выделяются такие известные препараты, как анальгин, амидопирин и бутадиион. Недавно были получены нитрозопиразолы, содержащие в своем составе этоксиметильную группу [1, 2]. Мы продолжили исследования в области применения реакции циклоароматизации замещенных β -дикетонных с гидразином и получили нитрозопиразол с метоксиметильной группой, а на его основе впервые синтезировали аминопиразол с метоксиметильным заместителем. Выбор данного направления обусловлен тем, что использование лекарственных веществ со спиртовой или карбоксильной группой в виде их сложных или простых эфиров изменяет полярность молекулы и улучшает проявление фармакологической активности [3].

Цель исследования

Разработка метода синтеза новых потенциально биологически активных производных пиразолов с метоксиметильным заместителем. Выделение и идентификация новых изонитрозодикетонных и пиразолов. Изучение физико-химических свойств синтезированных соединений.

Материалы и методы исследования

Структура полученных соединений подтверждена спектральными методами анализа. УФ-спектры записывали на спектрофотометре HELIOS OMEGA в этаноле. Спектры ЯМР ^1H регистрировали в $\text{DMSO}-d_6$ на приборе Bruker Avance III 600, 13 МГц. ИК-спектры получены на ИК-микроскопе SpecTRA TECH InspecIR на базе ИК Фурье-спектрофотометра Impact 400. Элементный анализ выполняли на автоматическом CHNS-анализаторе EURO EA 3000 [4]. Взвешивание образцов производилось на весах Sartorius CP2P (Германия). Ход реакции и чистоту соединений контролировали методами ТСХ на пластинках Silufol UV-254 в системе этилацетат-толуол (1:3), пятна детектировали в ультрафиолетовом свете.

Результаты исследования и их обсуждение

Для решения поставленной цели мы конденсировали по Кляйзену метилметоксиацетат с ацетофеноном под действием этиоксида натрия в тетрагидрофуране по методике [8]. В результате был получен 4-метокси-1-фенилбутан-1,3-дион (схема 1).

При нитрозировании 1-фенил-4-метоксибутандиона-1,3 нитритом натрия в уксусной кислоте согласно методике [1] был выделен ранее не известный 1-фенил-4-метоксибутан-1,2,3-трион-2-оксим (I)

в виде кристаллов белого цвета с четкой температурой плавления (схема 2).

В ЯМР ^1H спектре 1-фенил-4-метоксибутан-1,2,3-трион-2-оксима присутствуют сигналы протонов группы CH_3 метоксизаместителя в виде синглета с хим. сдвигом 3,34 м.д., сигнал протонов группы CH_2 метиленового заместителя в виде синглета с хим. сдвигом 4,73 м.д., сигналы протонов фенильного заместителя в виде мультиплета с хим. сдвигом 7,58–7,83 м.д., сигнал протона группы NOH в области слабого поля с хим. сдвигом 13,15 м.д. в виде синглета (рис. 1).

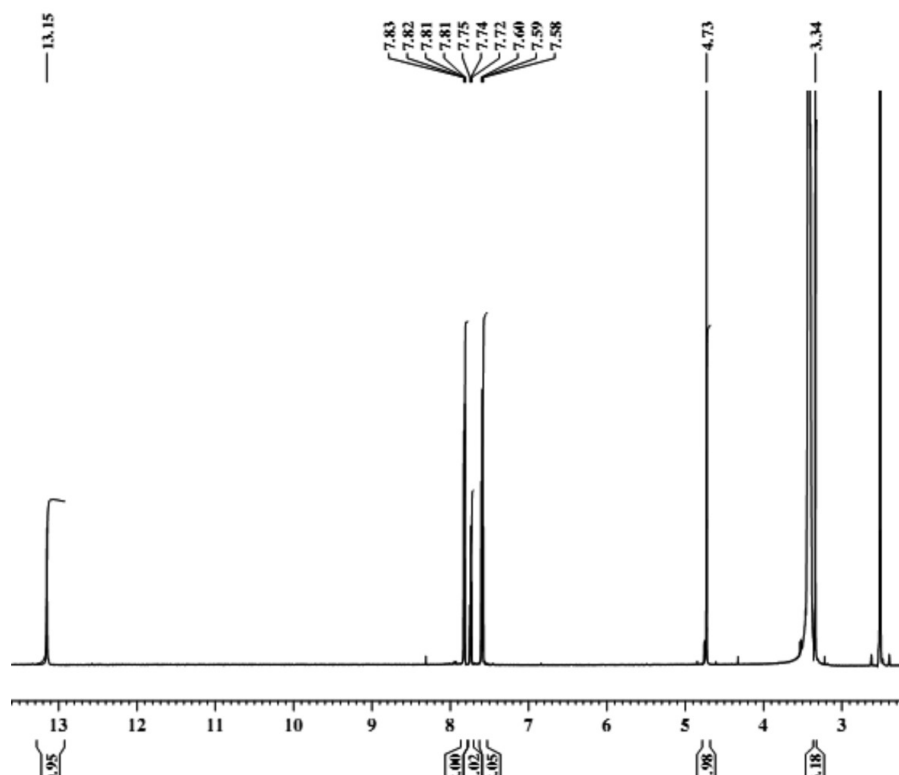
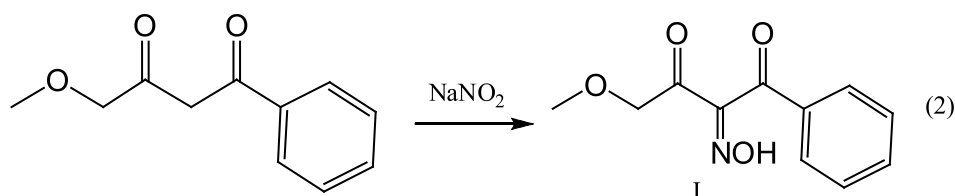
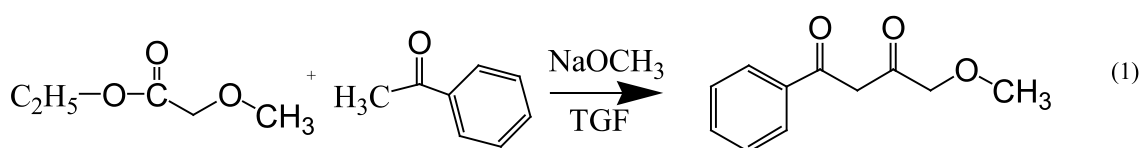


Рис. 1. ЯМР ^1H спектр 1-фенил-4-метоксибутан-1,2,3-трион-2-оксима

В ИК-спектре синтезированного 1-фенил-4-метоксибутан-1,2,3-трион-2-оксима присутствуют две характерные полосы сильных валентных колебаний соответствующих карбонильных групп, одна из которых связана с бензольным кольцом (поглощает в области 1666 см^{-1}), а другая, алифатическая, в области 1703 см^{-1} .

Для синтеза метоксиметилнитрозопиразола изонитрозодикетон вводили в реакцию с гидразингидратом в водно-щелочной среде. Новый фенилнитрозопиразол с метоксиметильным заместителем был выделен в виде кристаллов синего цвета с четкой температурой плавления (схема 3).

В ЯМР ^1H спектре 3-метоксиметил-4-нитрозо-5-фенил-1Н-пиразола присут-

ствуют сигналы протонов группы CH_3 метоксизаместителя в виде синглета с хим. сдвигом 3,34 м.д., сигнал протонов группы CH_2 метиленового заместителя в виде синглета с хим. сдвигом 4,38 м.д., сигналы протонов группы фенильного заместителя в виде мультиплета с хим. сдвигом 7,6–8,24 м.д., сигнал протона пиразольного кольца с хим. сдвигом 14,26 м.д. в виде синглета (рис. 2).

Синтезированный нитрозопиразол II восстанавливали гидразингидратом на катализаторе Pd/C 0.5% в среде дихлорметана. В результате был впервые получен 3-этоксиметил-4-амино-5-фенил-1Н-пиразол в виде кристаллов белого цвета с четкой температурой плавления (схема 4).

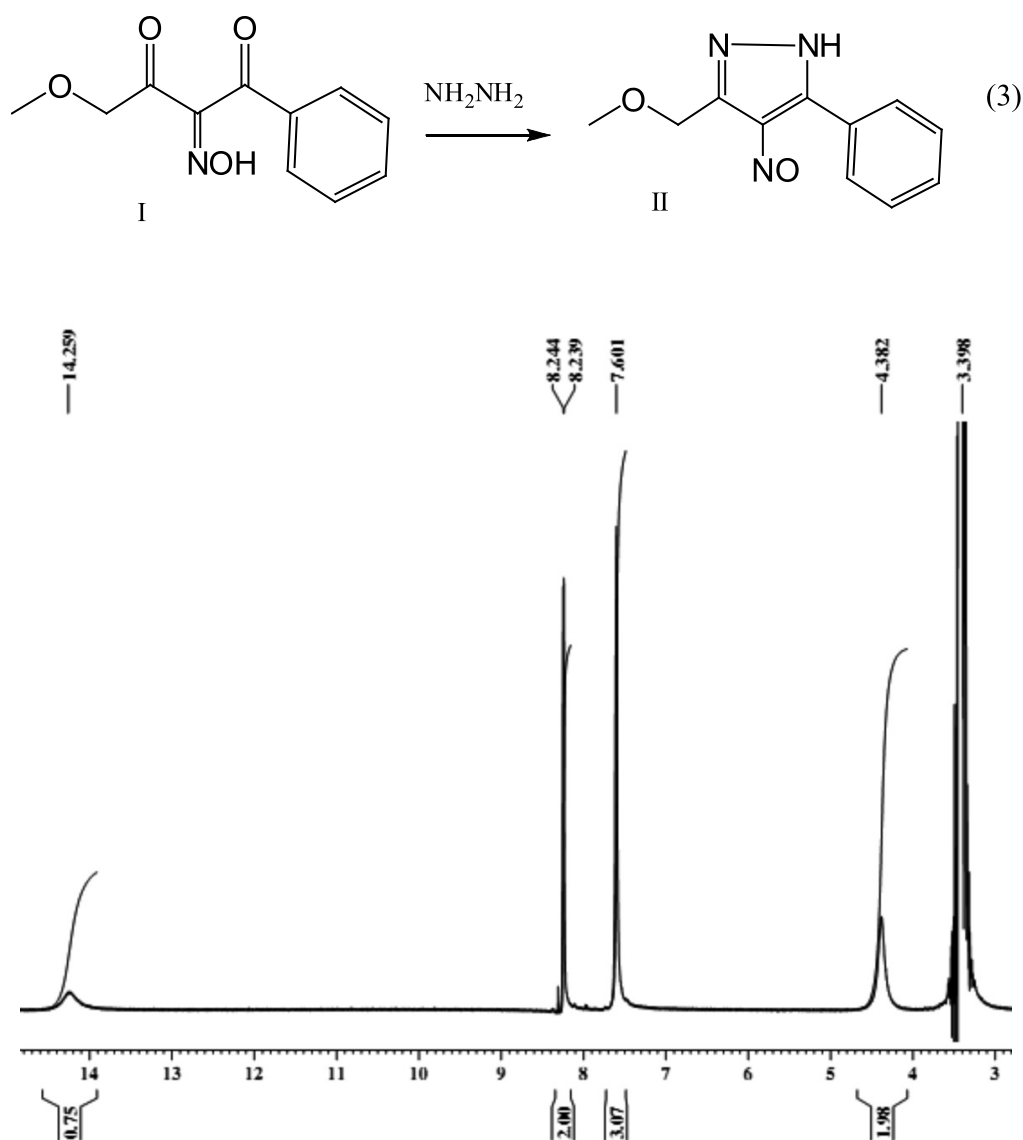


Рис. 2. ЯМР ^1H спектр 3-метоксиметил-4-нитрозо-5-фенил-1Н-пиразола

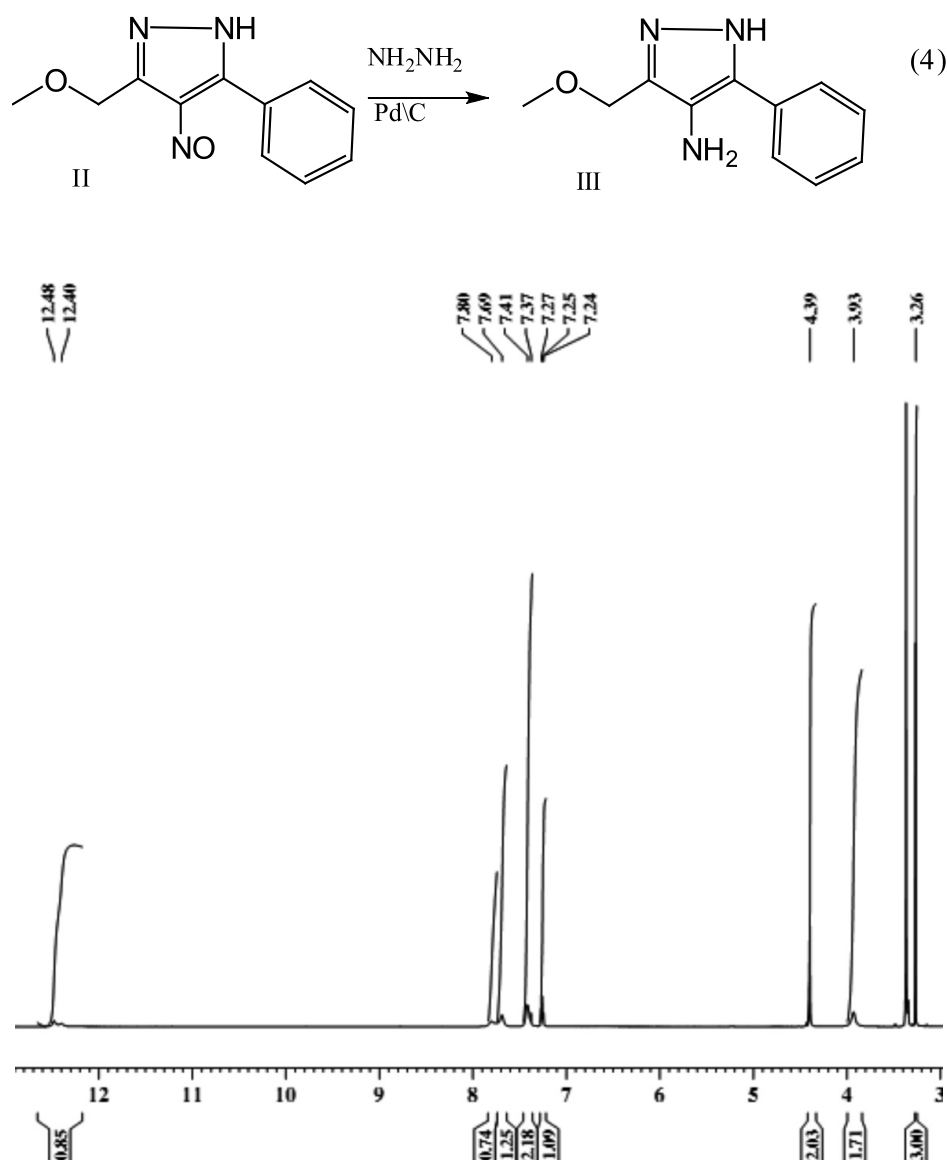


Рис. 3. ЯМР ^1H спектр 3-метоксиметил-4-амино-5-фенил-1Н-пиразола

В ЯМР ^1H спектре 3-метоксиметил-4-амино-5-фенил-1Н-пиразола присутствуют сигналы протонов группы CH_3 метоксизаместителя в виде синглета с хим. сдвигом 3,26 м.д., сигналы протонов группы CH_2 метиленового заместителя в виде синглета с хим. сдвигом 3,93 м.д., сигналы протонов группы NH_2 в виде синглета с хим. сдвигом 4,39 м.д., сигналы протонов фенильного заместителя в виде мультиплета с хим. сдвигом 7,24–7,8 м.д., сигнал протона пиразольного кольца с хим. сдвигом 12,4 м.д. в виде синглета (рис. 3).

4-метокси-1-фенилбутан-1,2,3-трион-2-оксим (I). К раствору 6,9 г (35 ммоль) 4-метокси-1-фенилбутан-1,3-диона в 30 мл

ледяной уксусной кислоты при охлаждении и перемешивании добавляли 2,73 г (39 ммоль) сухого нитрита натрия. Нитрит натрия добавляли порциями, чтобы температура смеси была не выше 16 °С. Реакционную массу перемешивали 4 ч, разбавляли 200 мл воды и экстрагировали диэтиловым эфиром. Эфирный слой сушили сульфатом натрия и упаривали в выпарной чашке. Остаток промывали гексаном и перекристаллизовывали из воды. Выход 4-метокси-1-фенилбутан-1,2,3-трион-2-оксима составил 3,65 г (46%), вещество белого цвета, т.пл. 129–130 °С. ИК-спектр (тонкий слой), ν , см^{-1} : 1668 ($\text{C}=\text{O}$), 1703 ($\text{C}=\text{O}$), 1117 (COC). Спектр ЯМР ^1H ($\text{DMSO}-d_6$), δ , м.д.: 3,34 с (3H, CH_3), 4,73 с (2H, CH_2),

7,58–7,83 м (5H, Ph), 13,15 с (1H, NOH). Найдено, %: С 59,35; Н 4,78; N 6,25. $C_{11}H_{11}NO_4$. Вычислено: С 59,73; Н 5,01; N 6,33.

3-метоксиметил-4-нитрозо-5-фенил-1Н-пиразол (II). К раствору 3,2 г (14 ммоль) 4-метокси-1-фенилбутан-1,2,3-трион-2-оксима в 180 мл 7% раствора КОН в воде, при перемешивании добавляли 1,456 г (29 ммоль) гидразингидрата. После перемешивания в течение 50 минут при 20 °С раствор подкисляли 5% H_2SO_4 до pH = 4. Выпадал осадок синего цвета. Выход 1,94 г (64%), синие кристаллы, т.пл. 128–130 °С (EtOH). УФ-спектр, $\lambda_{\text{макс}}^2$ нм (ε): 237 (16310), 319 (9500), 685 (55). ИК-спектр (тонкий слой), ν , cm^{-1} : 1110 (COC). Спектр ЯМР 1H (DMSO- d_6), δ , м.д.: 3,34 с (3H, CH_3), 4,38 с (2H, CH_2), 7,6–8,24 м (5H, Ph), 14,26 с (1H, NH). Найдено, %: С 60,94; Н 5,05; N 18,94. $C_{11}H_{11}N_3O_2$. Вычислено: С 60,82; Н 5,10; N 19,34.

4-амино-3-метоксиметил-5-фенил-1Н-пиразол (III). В 30 мл CH_2Cl_2 растворяли 1,06 г (5 ммоль) 3-метоксиметил-4-нитрозо-5-фенил-1Н-пиразола. Добавляли 0,03 г палладия на угле 0,5% и при интенсивном перемешивании по каплям 0,825 мл (20 ммоль) гидразингидрата. Через 30 минут отфильтровывали катализатор, фильтрат упаривали. Выход 0,88 г (87%). Белые кристаллы, т. пл. 89–90 °С (EtOH). УФ-спектр (EtOH): $\lambda_{\text{макс}}$, нм (lg ε): 204 (4,34), 279 (3,92). ИК-спектр (тонкий слой), ν , cm^{-1} : 3370 (NH_2), 1071 (COC). Спектр ЯМР 1H (600 МГц, DMSO- d_6), δ , м. д.: 3,26 с (3H, CH_3), 3,93 с (2H, CH_2), 7,24–7,8 м (5H, $H_{\text{аром}}$), 4,39 с (2H, NH_2), 12,4 с (1H, NH). Найдено, %: С 64,16; Н 6,32; N 20,29. $C_{11}H_{13}N_3O$. Вычислено: С 65,01; Н 6,45; N 20,68.

Выводы

1. В ходе проведенного исследования был впервые получен 4-метокси-1-фенилбутан-1,2,3-трион-2-оксим.
2. Синтезирован ранее не известный 3-(метоксиметил)-4-нитрозо-5-фенил-1Н-пиразол.
3. Впервые выделен 4-амино-3-метоксиметил-5-фенил-1Н-пиразол.
4. Индивидуальность соединений подтверждена с помощью ТСХ, а химическая структура – современными спектральными данными.

Список литературы

1. Любяшкин А.В., Петерсон И.В., Субоч Г.А., Товбис М.С. Синтез этоксиметилнитрозопиразолов // ЖОрХ. – 2015. – Т. 51. – С. 607–608.
2. Любяшкин А.В., Субоч Г.А., Товбис М.С. Синтез 1-(2-нафтил)-4-этоксипутандиона-1,3 и этоксиметилнитрозопиразола на его основе // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 11, часть 7. – С. 1552–1554.
3. Солдатенков А.Т. Основы органической химии лекарственных веществ. – М.: Мир, 2003. – 191 с.
4. Фадеева В.П., Тихова В.Д., Никуличева О.Н. Elemental Analysis of Organic Compounds with the Use of Automated CHNS Analyzers // Журнал аналитической химии. – 2008. – Т. 63. – С. 1197–1210.
5. Alka C., Sharma P.K., Niranjana K. Pyrazole: a Versatile Moiety // International Journal of ChemTech Research. – 2011. – V. 3, № 1. – P. 11–17.
6. Bonesi M., Loizzo M.R., Statti G.A. The synthesis and ACE inhibitory activity of chalcones and their pyrazole derivatives // Bioorg. Med. Chem. Lett. – 2010. – V. 20. – P. 1990–1993.
7. Christodoulou M.S., Sandra L., Kasiotis K.M., Haroutounian S.A. Novel pyrazole derivatives: synthesis and evaluation of anti-angiogenic activity // Bioorg. Med. Chem. – 2010. – V. 18. – P. 4338–4350.
8. Zawadiak J. UV absorption and keto-enol tautomerism equilibrium of methoxy and dimethoxy 1,3-diphenylpropane-1,3-diones // Spectrochimica Acta. – 2010. – V. 75. – P. 925–929.

УДК 66.002.68

СИНТАКТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ С ВЫСОКИМИ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ НА ОСНОВЕ КРЕМНИЙОРГАНИЧЕСКОГО ПОЛИМЕРА**Михайлов В.А.***Владимирский государственный университет им. А.Г. и Н.Г. Столетовых, Владимир, e-mail: vit9991@mail.ru*

Проведены исследования диэлектрических свойств синтактных материалов, разработанных на основе кремнийорганического связующего олигооксигидридсилметиленилсилоксисилана с использованием в качестве наполнителя полых керамических микросфер и полых стеклянных микросфер. Исследования показали, что диэлектрические характеристики синтактных материалов, наполненных полыми керамическими микросферами, во всех случаях заметно лучше, чем у наполненных стеклянными микросферами, что связано с химическим составом керамических микросфер, а также с повышением поверхностного сопротивления керамического наполнителя в условиях действия влажной атмосферы и агрессивных сред. Использование связующего олигооксигидридсилметиленилсилоксисилана и наполнителя на основе полых керамических микросфер для получения синтактных материалов позволяет получить сравнительно недорогие, но достаточно эффективные конструкционные сферопластики с хорошими диэлектрическими характеристиками.

Ключевые слова: кремнийорганический полимер, полые керамические и стеклянные микросферы, диэлектрическая проницаемость

SYNTACTIC MATERIALS WITH HIGH DIELECTRIC PROPERTIES BASED ON SILICONE POLYMER**Mikhailov V.A.***Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletovs, Vladimir, e-mail: vit9991@mail.ru*

Investigations of the dielectric properties of syntactic materials developed based on silicone binder oligooxisidridsilmetilensiloksisilan using as a filler of hollow ceramic microspheres and hollow glass microspheres. Studies have shown that the dielectric characteristics of syntactic materials filled with hollow ceramic microspheres, in all cases significantly better than filled with glass microspheres that associated with the chemical composition of the ceramic microspheres as well as increasing the surface resistance of the ceramic filler in conditions of humid atmosphere, corrosive. Using oligooxisidridsilmetilensiloksisilan binder and filler based on hollow ceramic microspheres for syntactic material provides a relatively inexpensive, but effective enough structural spheroplastic with good dielectric characteristics.

Keywords: silicone polymer, ceramic and glass hollow microspheres, dielectric permeability

Синтактные материалы (СМ) на основе кремнийорганического полимера и полых микросфер являются перспективными материалами для различных отраслей промышленности, благодаря легкости, высоким физико-механическим и теплофизическим характеристикам [1–3]. В некоторых случаях важно, чтобы синтактные материалы обладали высокими диэлектрическими свойствами, например, при использовании их в качестве конструкционного материала на объектах специального назначения: стационарные радиолокационные станции, радиотелескопы и т.д. [4–5]. Создание недорогих эффективных синтактных материалов с высокими диэлектрическими свойствами на основе полых микросфер является на сегодняшний день важной задачей. Синтактные материалы на основе полых стеклянных натрийборсиликатных микросфер (ПСМ) и кремнийорганических связующих различной природы характеризуются высокими прочностными характеристиками в сочетании с низкой плотностью, а также высокими теплофизическими показателя-

ми. Однако при исследовании возможности использования данных композиций в качестве диэлектрических материалов выяснилось, что электрические свойства таких СМ достаточно низки. Это особенно проявляется в области сверхвысоких радиочастот (СВЧ) (более 300 МГц). Кроме того, другим фактором, ограничивающим широкое использование стеклянных микросфер, является их высокая стоимость.

Целью представленной работы является исследование диэлектрических характеристик синтактных материалов, где в качестве наполнителя использовались полые керамические микросферы (ПКМ), а в качестве связующего – продукт модификации кубовых остатков при производстве кремнийорганических смол олигооксигидридсилметиленилсилоксисилан (ОГСМС).

Материалы и методы исследования

В качестве связующего для получения СМ в данной работе использовался ОГСМС, содержащий помимо силоксановых – карбосилановые и силановые связи. Еще сравнительно недавно утверждалось, что

такие соединения вряд ли когда-нибудь найдут применение в промышленности. Однако в настоящее время установлено, что в результате термической деструкции таких полимерных связующих при температурах от 600 °С образуются термостойкие оксид и карбид кремния с сохранением исходной структуры полимера. В связи с этим, если исходный полимер содержит термостойкий наполнитель, то в результате термообработки образуется керамический композиционный материал с высокими прочностными характеристиками.

ОГСМС получают реакцией этерификации высококипящей фракции прямого синтеза метилхлорсиланов и используют в виде растворов в органических растворителях (ТУ 6-02-4-58-85). Особенностью данного связующего является его достаточно высокая термическая устойчивость и переход в керамику при сравнительно невысоких температурах 500–700 °С [1]. В качестве наполнителей для проведения исследований использовались полые керамические микросферы и полые стеклянные микросферы. ПКМ получают флотационной обработкой дымовых выбросов теплоэлектростанций (ТЭС), работающих на твердом топливе. И использованные ПКМ имели следующий состав: 57 % SiO₂, 28 % Al₂O₃, остальное – оксиды CaO, MgO, Na₂O, Fe₂O₃. Данные керамические микросферы обладают хорошей прочностью (предел прочности на сжатие 18–27 МПа), высокой термостойкостью (микросферы не теряют свойств до температуры 1300 °С) и инертностью. В качестве ПСМ использовались стеклянные микросферы, представляющие собой инертные, сферические кварцевые частицы, наполненные воздухом, размер частиц 30–40 мкм. Технология приготовления образцов заключалась в смешении связующего и полых микросфер до достижения консистенции «влажного песка», последующего формования композиции при давлении 0,3 МПа и последующей термообработке до температуры 800 °С. Определение диэлектрической проницаемости проводили в объемном резонаторе на частоте 9,8 ГГц в соответствии с ГОСТ 27496.2 – 87. Термогравиметрический анализ проводился с использованием термовесов TGA-400. Для исследования процессов, происходящих в синтактном материале при высокой температуре и нахождении области образования стабильной структуры, был использован рентгенодифрактометрический анализ, проведенный на дифрактометре D8 ADVANCE. Элементный состав полых керамических микросфер проводился рентгенофлуоресцентным методом на приборе «Спектроскан МАКС-G».

Результаты исследования и их обсуждение

Диэлектрические свойства СМ в значительной степени должны определяться как природой связующего и наполнителя, так и их соотношением [6–7]. Для гетерогенных систем существует аналитическое соотношение (формула Лихтенекера) [8], связывающая диэлектрическую проницаемость композиции с диэлектрическими проницаемостями компонентов:

$$\ln \epsilon_r = \theta_1 \ln \epsilon_{r1} + \theta_2 \ln \epsilon_{r2},$$

где ϵ_{r1} и ϵ_{r2} – диэлектрическая проницаемость соответственно 1-го и 2-го компонентов;

θ_1, θ_2 – объемные доли соответственно 1-го и 2-го компонентов.

В табл. 1 приведены экспериментальные и расчетные значения диэлектрической проницаемости СМ с полым керамическим и стеклянным наполнителем.

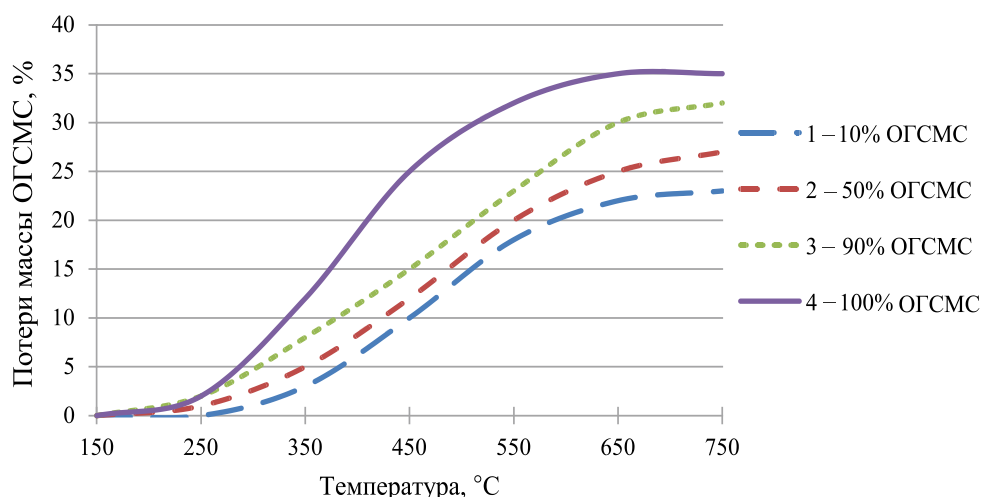
Из табл. 1 видно, что расчетные значения диэлектрической проницаемости меньше экспериментальных, что можно объяснить наличием сорбированной влаги за счет появления открытых пор в СМ при низкой объемной концентрации ОГСМС. Сравнивая расчетные и экспериментальные значения диэлектрической проницаемости, можно сделать вывод, что они в большей степени различаются у тех СМ, где в качестве наполнителя использованы стеклянные микросферы. Как показали проведенные исследования, диэлектрические характеристики СМ, наполненных ПКМ, во всех случаях заметно лучше, чем у наполненных стеклянными микросферами. Это связано с повышением поверхностного сопротивления наполнителя как во влажной атмосфере, так и в условиях действия агрессивных реагентов: хлористого водорода, диоксида серы, азота и др. [3]. Исследования показали, что с увеличением содержания ОГСМС в синтактном материале, тангенс угла диэлектрических потерь возрастает в меньшей степени при использовании керамических микросфер, чем в случае использования стеклянных микросфер. Как показали проведенные испытания, диэлектрические характеристики СМ, наполненных ПКМ, во всех случаях заметно лучше, чем у наполненных стеклянными сферами. Казалось бы, это является противоречивым фактом, так как плотность композиций с наполнителем ПКМ в 1,3–1,5 раза выше, а тангенс угла диэлектрических потерь должен в более плотных средах. Однако в этом случае надо учитывать то, что ПКМ в отличие от ПСМ содержат минимальное количество щелочных и щелочноземельных ионов металлов, которые, как правило, не способствуют высоким диэлектрическим характеристикам.

Проведенный уточненный химический анализ ПКМ на спектрофлуориметре «Спектроскан МАКС-G» показал, что они имеют следующий элементный состав, % масс.:

SiO ₂	57
Al ₂ O ₃	28
CaO.....	3
MgO.....	1,4
Na ₂ O.....	2,3
Fe ₂ O ₃	4,8
Углерод и другие компоненты.....	5

Таблица 1
Экспериментальные и расчетные значения диэлектрической проницаемости СМ с полым керамическим и стеклянным наполнителем

Содержание ОГСМС, % об	Расчетные значения		Экспериментальные значения	
	ПСМ	ПКМ	ПСМ	ПКМ
10	1,24	1,21	1,32	1,27
15	1,37	1,34	1,43	1,36
20	1,48	1,43	1,52	1,45
25	1,67	1,61	1,71	1,63



Зависимость потери массы ОГСМС от температуры и содержания в синтактном материале

ПКМ содержат в своем составе значительное количество кремнезема, который, как известно, является одним из диэлектриков с наименьшим тангенсом угла диэлектрических потерь, и малоподвижный ион алюминия [3]. При этом использование наполнителя ПКМ, в силу отсутствия легкоподвижных атомов щелочных металлов, позволяет получать композиционные материалы, диэлектрические характеристики которых мало зависят от изменения внешних условий: температуры, влажности и т.д.

Наряду с исследованием диэлектрических характеристик синтактных материалов, содержащих в качестве наполнителя полые керамические микросферы, были изучены и процессы термодеструкции.

Исходя из теоретических предпосылок [2], можно предположить, что интенсивные процессы термодеструкции, сопровождаемые существенным изменением физико-механических и теплофизических свойств полимера и переходом его в керамообразное состояние, будут происходить при температурах выше 400 °C. Можно ожидать, что силанольные группы на поверхности микросфер [3] будут

способствовать деструкции ОГСМС по основной цепи. Для этого был проведен термогравиметрический анализ, с использованием термовесов TGA-400. Термогравиметрические кривые, представленные на рисунке, показывают, что наибольшие потери массы наблюдаются при наименьшем содержании связующего и не превышают 35% (кривая 4).

Для исследования процессов, происходящих в синтактном материале при высокой температуре и нахождении области образования стабильной структуры был использован рентгенодифрактометрический анализ, проведенный на дифрактометре D8 ADVANCE. При температурах до 400 °C преобладает аморфная фаза. При дальнейшем увеличении температуры начинаются процессы термодеструкции, сопровождающиеся значительным увеличением кристаллической фазы в СМ. При температуре 800 °C образовывается кристаллическая фаза, представляющая собой в основном α-кварц и муллит. При дальнейшем повышении температуры состав кристаллической фазы синтактного материала существенно не изменяется.

Таблица 2

Свойства синтактного материала с содержанием связующего ОГСМС 15 % (об)

Характеристики синтактного материала	Показатель	Метод
1. Прочность при сжатии, не менее	4,5 МПа	ГОСТ 4651-82
2. Коэффициент теплопроводности, не более	0,2 Вт/м К	ГОСТ 23630.2-79
3. Кажущаяся плотность	350 кг/ м ³	ГОСТ 409-77

После процесса термообработки изменяются как физико-механические, так и теплофизические характеристики синтактного материала (табл. 2).

Выводы

Проведенные исследования показали, что диэлектрические характеристики СМ, наполненных ПКМ, во всех случаях заметно лучше, чем у наполненных стеклянными микросферами, что связано с повышением поверхностного сопротивления наполнителя как во влажной атмосфере, так и в условиях действия агрессивных реагентов.

Исследования показали, что с увеличением содержания ОГСМС в синтактном материале, тангенс угла диэлектрических потерь возрастает в меньшей степени при использовании керамических микросфер, чем в случае использования стеклянных микросфер.

Использование в качестве связующего ОГСМС и наполнителя ПКМ для получения синтактных материалов позволяет получить сравнительно недорогие, но достаточно эффективные конструкционные сферопластики с хорошими диэлектрическими характеристиками для различных областей науки и техники. Кроме того, дополнительно решаются экологические проблемы, связан-

ные с вопросом утилизации дымовых выбросов ТЭС.

Список литературы

1. Селиванов О.Г., Михайлов В.А. Теплоизоляционные синтактовые материалы на основе термостойкого кремний-органического полимера // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – № 7. – С. 12–13.
2. Чухланов В.Ю., Дуденкова Л.А., Акчурина И.С. Термическая деструкция синтактных пенопластов с полиорганосилоксановым связующим // Пластические массы. – 1999. – № 12. – С. 26–27.
3. Чухланов В.Ю., Сысоев Э.П. Применение полых микросфер в кремнийорганических синтактных пенопластах // Стекло и керамика. – 2000. – № 2. – С. 11.
4. Чухланов В.Ю., Ионова М.А. Однокомпонентная полиуретановая композиция, модифицированная тетраэтоксисиланом // Пластические массы. – 2012. – № 7. – С. 10–13.
5. Чухланов В.Ю., Селиванов О.Г. Модификация полиорганосилоксаном связующего на основе полиуретана // Пластические массы. – 2013. – № 9. – С. 8–10.
6. Чухланов В.Ю., Селиванов О.Г. Диэлектрические свойства герметизирующей композиции на основе эпокси-диановой смолы, модифицированной полиметилфенилс-илоксаном, в сантиметровом СВЧ-радиодиапазоне // Клеи. Герметики. Технологии. – 2015. – № 3. – С. 6–10.
7. Чухланов В.Ю., Селиванов О.Г. Связующие для радиопрозрачных композиционных материалов на основе эпоксидной смолы, модифицированной алкоксисиланами // Материаловедение. – 2015. – № 6. – С. 31–36.
8. Чухланов В.Ю., Селиванов О.Г. Исследование диэлектрических свойств синтактических пен на основе кремнийорганического связующего // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – № 8. – С. 26–29.

УДК 622.765

ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКОЙ ПРИРОДЫ МОДИФИЦИРУЮЩИХ ДОБАВОК НЕОРГАНИЧЕСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ НА ЭЛЕКТРОКИНЕТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ УГОЛЬНЫХ ДИСПЕРСИЙ

Муллина Э.Р., Мишурина О.А., Чупрова Л.В., Ершова О.В.

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»,
Магнитогорск, e-mail: moa_1973@mail.ru

В данной работе проведен анализ современных исследований в области флотации углей, свидетельствующий о перспективности использования неорганических соединений в качестве реагентов-модификаторов. Указано, что введение во флотационную пульпу модифицирующих добавок неорганического происхождения позволяет повысить качественно-количественные показатели флотации углей. Рассмотрены существующие положения о механизме действия неорганических реагентов-модификаторов, показывающие, что введение данных соединений во флотационную пульпу приводит к сжатию двойного электрического слоя на поверхности угольных частиц и, как следствие, снижению их гидратированности. Установлено, что использование неорганических серосодержащих солей в качестве модифицирующих добавок при флотации кузнецких и донецких газовых углей позволяет повысить выход концентрата и снизить его зольность. Представленный анализ влияния данных соединений на электрокинетический потенциал свидетельствует о существенном влиянии природы катионов на снижение ζ – потенциала угольных дисперсий.

Ключевые слова: флотация, реагенты-модификаторы, гидратированность, неорганические электролиты, угольные дисперсии, двойной электрический слой, электрокинетический потенциал

INFLUENCE OF THE CHEMICAL NATURE OF THE MODIFYING ADDITIVES OF THE INORGANIC ORIGIN ON THE ELECTROKINETIC POTENTIAL OF COAL DISPERSIONS

Mullina E.R., Mishurina O.A., Chuprova L.V., Ershova O.V.

FGBOU VPO «Nosov Magnitogorsk State Technical University», Magnitogorsk,
e-mail: moa_1973@mail.ru

In this work the analysis of modern researches in the field of flotation of coals testifying to prospects of use of inorganic connections as reagents – modifiers is carried out. It is specified that introduction to a floatation pulp of the modifying additives of an inorganic origin allows to raise qualitative quantitative indices of flotation of coals. The existing regulations on the mechanism of effect of inorganic reagents – modifiers, showing are considered that introduction of these connections to a floatation pulp leads to compression of a double electric layer on a surface of coal particles and as a result to decrease in their gidratirovannost. It is established that use of inorganic sulfur-containing salts as the modifying additives at flotation of Kuznetsk and Donetsk gas coals allows to raise an exit of a concentrate and to lower its ash-content. The presented analysis of influence of these connections on electrokinetic potential testifies to essential influence of the nature of cations on decrease ζ – the potential of coal dispersions.

Keywords: flotation, reagents modifiers, gidratirovannost, inorganic electrolytes, coal dispersions, double electric layer, electrokinetic potential

В настоящее время исследования флотационного процесса направлены на создание технологий обогащения углей, обеспечивающих максимальное извлечение горючей массы в концентрат при одновременном уменьшении его зольности. Одним из наиболее рациональных и экономичных способов решения этой задачи является разработка реагентных режимов флотации углей с использованием реагентов-модификаторов, позволяющих увеличить различие в гидратированности поверхности угля и минерализованных компонентов угольного вещества.

Анализ современных исследований в области флотации углей показал, что перспективным направлением повышения селективности флотационного процесса является применение реагентов-модифика-

торов, как органического, так и неорганического происхождения [1, 2, 10].

Так, введение в качестве модифицирующих добавок неорганических соединений в сравнительно малых концентрациях во флотационную пульпу до подачи в нее основных флотационных реагентов (собиранителя и пенообразователя), обеспечивающее изменение гидратированности поверхности и агрегативного состояния суспензии, изменяет флотационные свойства угольных и минеральных частиц в желаемом направлении, что позволяет значительно повысить селективность процесса [11].

В частности, отмечено, что наличие в жидкой фазе водо-угольных суспензий хлоридов, сульфатов, гидрокарбонатов калия, натрия, хлоридов и сульфатов кальция

и магния положительно влияет на флотированность углей, позволяет повысить выход концентрата и его качество концентрата, что особенно проявляется в случае труднообогатимых углей [13].

Так, флотация угля ГОФ «Саранская» в присутствии солей Na_2SO_4 , NaCl , CaSO_4 и CaCl_2 показала, что наличие в воде ионов SO увеличивает по сравнению с нулевым опытом выход концентрата на 2,5 % и уменьшает его зольность на 1,5 %, ионы хлора также улучшают технологические показатели флотационного процесса: выход концентрата увеличивается в среднем на 1 %, зольность его снижается на 1 %. Катионы Na^+ и Ca^{2+} также улучшают технологические показатели. Отрицательное влияние на процесс флотации оказывает присутствие в воде катионов Ca^{2+} , если их концентрация превышает 100 мг/л, что обусловлено увеличением жесткости воды, вызывающей снижение диспергированности реагентов, и депрессированием поверхности угля [12].

Исследования флотации угольного шлама ЦОФ «Карагандинская» показали, что добавление CaCl_2 , AlCl_3 и $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ (10–25 г/т) в обычном реагентном режиме (сульфированный керосин, КОБС) приводит к снижению зольности концентрата на 0,3–0,8 % и повышению зольности отходов на 1 %. Следовательно, данные соединения оказывают, прежде всего влияние на частицы пустой породы. При подаче указанных солей в пульпу происходит обменная адсорбция находящихся в растворе катионов с катионами, присутствующими на поверхности глинистых частиц, что изменяет ее электрические свойства, способствует коагуляции глинистых частиц и обуславливает частичную их депрессию [15].

В ряде работ были выдвинуты положения о механизме собирательного действия солей на гидрофобные минералы. Положения эти сводятся к совокупному действию ряда факторов: к пенообразованию в растворах солей, изменению полного электрохимического потенциала поверхности твердой фазы и к изменению строения водных пленок вокруг частиц в результате конкурентного действия ионов солей [11, 13, 14, 16].

Комплексные исследования электроповерхностных свойств угольных и породных частиц в водных растворах электролитов, по данным электрофоретических измерений, показывают, что действие неорганических электролитов обусловле-

но уменьшением устойчивости дисперсных систем вследствие сжатия двойного слоя и снижения заряда частиц. Причем из исследованных солей – KCl , CaCl_2 , AlCl_3 – самое значительное уменьшение ζ -потенциала достигается при использовании хлорида алюминия [3], что объясняется накоплением в слое Штерна сверхэквивалентного количества высокозарядных противоионов Al^{3+} вследствие их высокой адсорбируемости [4, 7].

Изучение влияния электролитов на величину силы отрыва угольной частицы от пузырька воздуха свидетельствует о наличии симбатной зависимости между изменением величины электрокинетического потенциала и гидратированностью минеральной поверхности, проявляющейся в увеличении прочности комплекса «частица – пузырек» с изменением величины ζ -потенциала. Причем чем в большей мере уменьшается отрицательный заряд поверхности, тем в большей степени происходит увеличение прочности [4].

При флотации углей сочетанием аполиарных реагентов и неорганических солей скорость и эффективность флотации значительно увеличиваются по сравнению с флотацией одним аполиарным реагентом. Эти расходы солей (концентрация 0,1–0,2 %) соответствуют концентрациям, обеспечивающим ощутимое изменение характеристик двойного электрического слоя. Эти изменения в структуре и энергетическом состоянии гидратных слоев на поверхности природно-гидрофобных минералов обеспечивают в присутствии аполиарных реагентов эффективную флотацию [4].

Таким образом, анализ данных флотационных исследований с применением неорганических солей показывает перспективность использования растворов электролитов в качестве реагентов-регуляторов во флотационном процессе. В связи с этим, представляется целесообразным изучение влияния неорганических серосодержащих солей на физико-химические и флотационные свойства газовых углей.

Исследование флотации кузнецких и донецких газовых углей с применением в качестве реагентов-модификаторов сульфатов алюминия, магния и железа в сочетании с реагентом ВКП свидетельствует об увеличении выхода концентрата (на 1,5–2,5 %) и снижении его зольности (на 0,3–0,7 %) по сравнению с индивидуальным применением реагента ВКП [8, 9].

Анализ исследований по установлению механизма действия неорганических электролитов на процесс флотации углей показал, что применение данных соединений приводит к сжатию двойного электрического слоя. В связи с этим представляется целесообразным изучение влияния сульфатов алюминия, магния и железа на

электрокинетический потенциал угольных дисперсий, поскольку он характеризует электрическое состояние поверхности и является одной из экспериментально определяемых характеристик двойного электрического слоя, в пределах которого осуществляется взаимодействие реагентов с поверхностью угля.

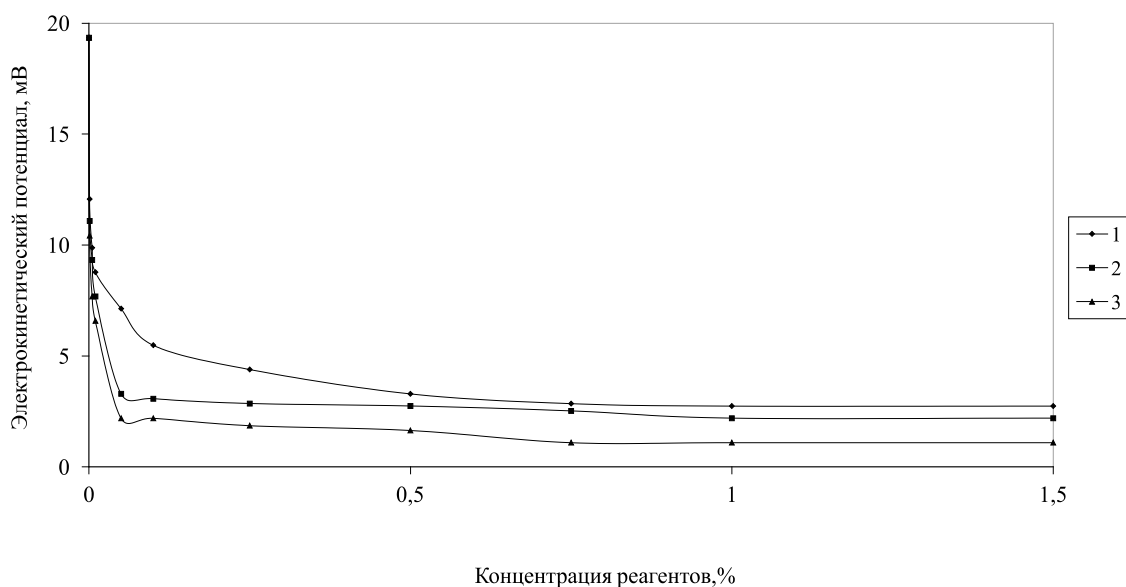


Рис. 1. Влияние неорганических серосодержащих солей на изменение электрокинетического потенциала угольных дисперсий кузнецких газовых углей: 1 – сульфат магния; 2 – сульфат алюминия; 3 – сульфат железа

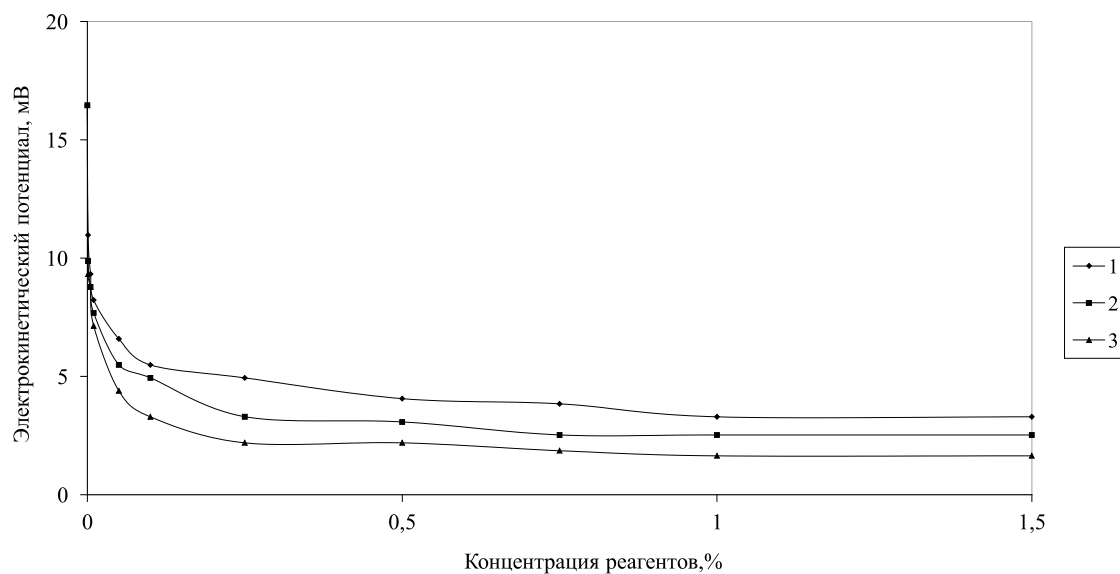


Рис. 2. Влияние концентрации неорганических серосодержащих солей на изменение электрокинетического потенциала угольных дисперсий донецких газовых углей: 1 – сульфат магния; 2 – сульфат алюминия; 3 – сульфат железа

Установлено, что адсорбция исследуемых сульфатов на поверхности газовых углей приводит к снижению электрокинетического потенциала (рис. 1, 2).

Измерения показывают, что в нейтральной среде кузнецкие угли имеют значения ζ -потенциала – 19,35 мВ, донецкие – 16,47 мВ, обусловленные гидратацией в водной среде поверхности газовых углей. Направление движения дисперсной фазы при этом от катода к аноду свидетельствует о том, что поверхность угольных частиц заряжена отрицательно. С ростом концентрации сульфатов происходит уменьшение величины ζ -потенциала углей и снижение отрицательного заряда угольной поверхности. Этот факт свидетельствует о преимущественной адсорбции катионов металлов солей на поверхности газовых углей.

Анализ зависимости ζ -потенциала кузнецких и донецких газовых углей от концентрации введенных в дисперсию электролитов показал, что двухвалентный катион Mg^{2+} приводит к снижению электрокинетического потенциала ($\Delta\zeta_{max}$) на 16,6 и 13,2 мВ, а трехвалентный катион Al^{3+} – на 17,2 и 13,9 мВ. Адсорбция $Fe_2(SO_4)_3$ приводит к наиболее резкому уменьшению ζ -потенциала – на 18,3 и 14,8 мВ для кузнецких и донецких углей соответственно. При этом область концентраций, в которой наблюдается максимальное уменьшение ζ -потенциала, для всех исследуемых сульфатов находится в интервале от 0 до 0,1 %.

Сравнительный анализ влияния сульфатов алюминия, железа и магния на электрокинетический потенциал кузнецких и донецких газовых углей позволяет расположить исследуемые соли по увеличению $\Delta\zeta_{max}$ в следующий ряд: $MgSO_4 < Al_2(SO_4)_3 < Fe_2(SO_4)_3$.

Наблюдаемое снижение электрокинетического потенциала при использовании сульфатов алюминия, железа и магния вызвано сжатием двойного электрического слоя на поверхности угольных частиц. Причем на изменение электрокинетических характеристик угольной поверхности существенное влияние оказывает природа катионов солей, в первую очередь, их поляризуемость и гидратация.

Большая поляризуемость иона способствует возникновению дополнительных адсорбционных сил между катионами солей и угольной поверхностью, а уменьшение гидратации, в свою очередь,

приводит к возрастанию сил электростатического взаимодействия катионов с поверхностью [6]. Совокупность этих двух факторов, увеличивающихся в ряду $Mg < Al < Fe$ (см. разд. 4.2.), обуславливает переход части катионов из диффузного слоя (слой Гуи) в слой Гельмгольца [3, 4, 5].

Следует отметить также, что на изменение электрокинетического потенциала значительное влияние оказывают и свойства поверхности газовых углей. Так, наибольшее снижение ζ -потенциала при использовании указанных сульфатов наблюдается на кузнецких углях, что обусловлено, по-видимому, тем, что поверхность этих углей характеризуется большей энергетической ненасыщенностью вследствие более высокого содержания «активного» кислорода.

Таким образом, результаты исследования влияния сульфатов алюминия, железа и магния на электрокинетические характеристики угольных дисперсий позволяют сделать вывод о том, что снижение ζ -потенциала, свидетельствующее о сжатии двойного электрического слоя, обусловлено адсорбцией катионов исследуемых солей на угольной поверхности. Поскольку в нейтральной среде кузнецкие и донецкие угли имеют отрицательные значения ζ -потенциала. Введение в систему исследуемых сульфатов приводит к снижению отрицательных значений ζ -потенциала, что свидетельствует о сжатии двойного электрического слоя за счет перехода части катионов из диффузного слоя в адсорбционный, что приводит, в свою очередь, к уменьшению гидратированности угольной поверхности.

Таким образом, катионы исследуемых солей, адсорбируясь на угольных частицах, снижают их гидратированность электрохимическим путем, вследствие чего наблюдается повышение качественно-количественных показателей флотации, что свидетельствует о целесообразности их использования в качестве реагентов-модификаторов при флотации газовых углей.

Список литературы

1. Аглямова Э.Р. Повышение селективности флотации газовых углей с применением органических и неорганических соединений // диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Магнитогорск, 2002.
2. Аглямова Э.Р., Савинчук Л.Г. Способ флотации угля // патент на изобретение RU 2165799. 23.11.1999.
3. Байченко А.А., Байченко А.А., Мельтинисов М.А. Исследование электроповерхностных свойств угольных частиц // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 1985. – № 2. – С. 90–94.

4. Байченко А.А., Иванов Г.В., Бочарова Е.М. Влияние электролитов на флотацию углей // Вестник Кузбасского гос.тех.университета. – 1999. – № 4. – С. 66–70.
5. Байченко А.А., Клейн М.О. О механизме образования гетерогенных пленок между частицей и пузырьком при флотации // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2000. – № 4. – С. 114–123.
6. Галингер И.С., Медведев П.И. Физическая и коллоидная химия. – М.: Высш.шк. – 1972. – 304 с.
7. Дегтяренко Т.Д., Макаров А.С., Гамера А.В., Борок С.Д. Влияние природы химических реагентов на электрокинетический потенциал поверхности частиц дисперсной фазы и свойства водоугольных суспензий // Химия твердого топлива. – 1999. – № 3. – С. 50–56.
8. Муллина Э.Р., Мишурина О.А., Чупрова Л.В. Изучение влияния неорганических солей на извлечение серосодержащих примесей при флотации углей низкой стадии метаморфизма // Технические науки – от теории к практике. – 2013. – № 22. – С. 64–69.
9. Муллина Э.Р., Мишурина О.А., Чупрова Л.В. К вопросу повышения селективности флотационного обогащения углей с применением неорганических реагентов-модификаторов // Современные наукоемкие технологии. – 2015. – № 8. – С. 41–44.
10. Муллина Э.Р., Чупрова Л.В., Мишурина О.А. Исследование влияния химических соединений различного состава на процесс флотации газовых углей // Сборник научных трудов Sworld. – 2013. – Т. 12, № 3. – С. 4–8.
11. Тюрникова В.И., Наумов М.Е. Повышение эффективности флотации. – М.: Недра, 1980. – 224 с.
12. Тюрникова В.И., Никитина В.С., Коворова В.В. Влияние ионного состава пульпы на процесс флотации // Проблемы обогащения твердых горючих ископаемых. – М.: Недра, 1977. – Т. 6. Вып. 1. – С. 47–52.
13. Хан Г.А., Габриелова Л.И., Власова Н.С. Флотационные реагенты и их применение. – М.: Недра, 1986. – 271с.
14. Чупрова Л.В., Муллина Э.Р., Мишурина О.А. Влияние органических и неорганических соединений на флотацию углей низкой стадии метаморфизма // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 4. – С. 24. URL: <http://www.science-education.ru/110-9663> (дата обращения: 15.12.2015).
15. Щеголева Е.Н., Власова Н.С., Чепасова Т.П. Влияние неорганических реагентов-регуляторов на флотацию шлама ЦОФ «Карагандинская» // Проблемы обогащения твердых горючих ископаемых. – М.: Недра, 1977. – Т. 6. Вып. 1. – С. 42–47.
16. Эйгелес М.А. Реагенты-регуляторы во флотационном процессе. – М.: Недра, 1977. – 216 с.

УДК 669.1.054.082

ДЕФОСФОРАЦИЯ КОНВЕРТЕРНОГО ШЛАКА МЕТОДОМ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ С ЦЕЛЬЮ ДАЛЬНЕЙШЕГО РЕЦИКЛИНГА В МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОМ ПЕРЕДЕЛЕ

Султанмурат Г.И., Боранбаева Б.М., Исанова Б.Х., Актаева Н.А., Асауова А.Е.,
Шакаримов М.Ж., Минуарбеккызы Ф.

*Карагандинский государственный технический университет, Караганда,
e-mail: sultamurat_gi@mail.ru*

Настоящая статья посвящена исследованию переработки техногенных отходов конвертерной плавки высокофосфористых чугунов. В условиях АО «АрселорМиттал Темиртау» шлак, получаемый в конвертерном цехе, не утилизируется из-за повышенного содержания в нем вредных примесей (сера, фосфор), и как отходы производства складывается в отвалах более 80 % шлака. Приведены результаты исследований по обесфосфориванию конвертерного шлака методом выщелачивания. Показана возможность утилизации обесфосфоренного шлака в качестве добавок и связующего в агломерационной шихте. Приведен фракционный состав окомкованной агломерационной шихты при полной замене флюса на конвертерный шлак, измельченный до размеров 0–10, 0–3 и менее 0,074 мм.

Ключевые слова: конвертерный шлак, выщелачивание шлака, обесфосфоривание шлака, агломерационная шихта, замена флюса конвертерным шлаком, окомкование

DEPHOSPHORIZATION CONVERTER SLAG LEACHING FOR FURTHER RECYCLING THE METALLURGICAL

Sultanmurat G.I., Boranbaeva B.M., Isanova B.H., Aktaeva N.A., Asauova A.E.,
Shakarimov M.Z., Minuarbekkyzy F.

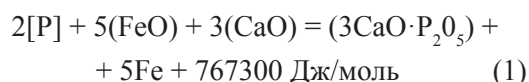
Karaganda State Technical University, Karaganda, e-mail: sultamurat_gi@mail.ru

This article is devoted to the study of man-made waste recycling converter melting high phosphorous iron. In terms of «ArcelorMittal Temirtau» slag produced in the converter shop is not utilized due to the increased levels of harmful impurities (sulfur, phosphorus) and as a production waste dump is directed to 80 % of the slag. The results of studies on remote from phosphorus converter slag leaching. An analysis of the chemical of prepared sample. The possibility of recycling remote from the phosphorus slag as an additive and a binder in the sinter mix. The results of studies on removal of phosphorus converter slag. An fractional composition pelletizing sinter mix in the complete replacement of the flux in the converter slag ground to a grain size of 0–10, 0–3 and less than 0,074 mm.

Keywords: converter slag, leaching slag, obesfosforivanie slag, sinter mix, replacing the flux converter slag, pelletizing

Содержание фосфора в конвертерном шлаке зависит от химического состава переплавляемого чугуна, стального лома и технологических показателей производства конвертерной стали.

Для успешного протекания экзотермической реакции дефосфорации



необходимы повышенные основность и окисленность шлака и невысокая температура. В конвертере с верхней продувкой создаются благоприятные условия для удаления фосфора: быстрое формирование основных шлаков с высокой окисленностью (высоким содержанием оксидов железа) и неплохое перемешивание металла со шлаком. Поскольку реакция удаления фосфора сопровождается выделением тепла, дефосфорация наиболее интенсивно протекает в первой половине продувки при сравнительно низкой температуре.

Конечное содержание фосфора в металле зависит от количества шлака и полноты протекания реакции дефосфорации, которую обычно характеризуют величиной коэффициента распределения фосфора между шлаком и металлом $(P_2O_5)/[P]$. Эта величина в условиях кислородно-конвертерного процесса изменяется от 40 до 100–120 и в этих пределах обычно тем выше, чем выше основность и окисленность шлака и чем ниже температура металла в конце продувки. Кроме того, повышению значения $(P_2O_5)/[P]$ способствует улучшение перемешивания металла со шлаком, что достигается при снижении вязкости шлака и при более раннем шлакообразовании, поскольку в этом случае увеличивается продолжительность контакта металла со шлаком.

Целесообразно также увеличение количества шлака, поскольку при одной и той же достигнутой величине коэффициента распределения количество фосфора, перешед-

шего в шлак, будет тем больше, чем больше масса шлака [5]. Обычно при содержании фосфора в чугунах менее 0,15–0,20 % пределы содержания фосфора как технологической примеси составляют 0,025–0,045 %; степень дефосфорации достигает 75–90 %.

Фосфор относится к наиболее вредным примесям в сталях и сплавах. Увеличение его содержания, даже на доли процента, повышая прочность, одновременно повышает текучесть, хрупкость, порог хладноломкости, снижает пластичность и вязкость. Вредное влияние фосфора особенно сильно сказывается при повышенном содержании углерода.

В конвертерном цехе АО «АрселорМиттал Темиртау» разработана технология, согласно которой из чугуна, содержащего менее 0,35 % фосфора, получают кондиционные по содержанию фосфора стали по одношлаковым процессам, т.е. рафинирующий шлак наводится один раз. Для получения кондиционной стали из чугуна, содержащего более 0,35 % фосфора, производится двухшлаковый процесс, то есть с наводкой шлака два раза и с получением промежуточного высокофосфористого и конечного низкофосфористого конвертерных шлаков.

По данным АО «АрселорМиттал Темиртау», конвертерный шлак перерабатывают только с целью извлечения металлического скрапа, при этом более 80 % шлака поступает в отвал. По результатам исследования в отвальном шлаке АО «АрселорМиттал Темиртау», содержание железа составляет 20–25 %, которое теряется с отходами и составляет более 50 % от общего содержания железа в шлаке [3].

Исследование закономерностей дефосфорации немагнитной части конвертерного шлака

Анализ научно-технической и патентной литературы показал, что основными технологическими параметрами, влияющими на процесс дефосфорации методом выщелачивания являются [5]:

- вид реагента: серная кислота или щелочь;
- температура прохождения реакции, °С;
- продолжительность реакции, мин.

Дефосфорацию конвертерного шлака производили на установке, состоящей из мешалки магнитной с подогревом. Эксперименты проводили с измельченным до крупности 0,074 мм конвертерным шлаком фракций 20–40, > 40 мм. По условиям эксперимента навеска шлака массой 30 грам-

мов выщелачивалась в 100 мл 5, 10 или 15 % растворе H_2SO_4 или КОН в течение 30, 60 и 90 минут.

Проведены две серии исследований:

- 12 опытов по дефосфорации конвертерного шлака серной кислотой;
- 5 опытов по дефосфорации конвертерного шлака щелочью.

Степень дефосфорации определяли отношением разности исходного и остаточного содержания фосфора к содержанию его в исходном концентрате.

$$\Delta P = \frac{P_{\text{исх}} - P_{\text{обесф}}}{P_{\text{исх}}} * 100\%, \quad (2)$$

где $P_{\text{исх}}$ – содержание фосфора в исходном концентрате, %;

$P_{\text{обесф}}$ – содержание фосфора в обесфосфоренном концентрате, %.

Для обеспечения воспроизводимости результатов химический анализ исходного необоженного концентрата и концентрата после дефосфорации проводили химическим методом по ГОСТ 23581.11-91 (ИСО 2599-83)[2].

Степень дефосфорации конвертерного шлака при обработке его серной кислотой и щелочью КОН в зависимости от концентрации реагента, температуры и продолжительности выщелачивания представлена сводной диаграммой (рис. 1, 2).

На рисунках отражено, что при обработке серной кислотой, степень дефосфорации увеличивается от 14,07 при 20 °С до 55,00 % при 80 °С, а при обработке щелочью степень дефосфорации конвертерного шлака изменяется с 5,37 до 26,67 % при 80 °С. Таким образом, степень дефосфорации с использованием серной кислоты более чем в 2 раза превышает степень дефосфорации конвертерного шлака с применением КОН.

В процессе проведения исследований по дефосфорации шлака щелочами и кислотами установлено, что при одних и тех же условиях эксперимента с помощью щелочи удаляется около 30 %, а при обработке кислотой удаляется до 55 % фосфора. Таким образом, дефосфорация конвертерного шлака методами выщелачивания значительно понижает содержание фосфора в конвертерном шлаке, что дает возможность его рециклинга в металлургическом переделе, в частности, дает возможность использовать обесфосфоренные продукты в шихте агломерационного производства в качестве добавок и связующего [1].

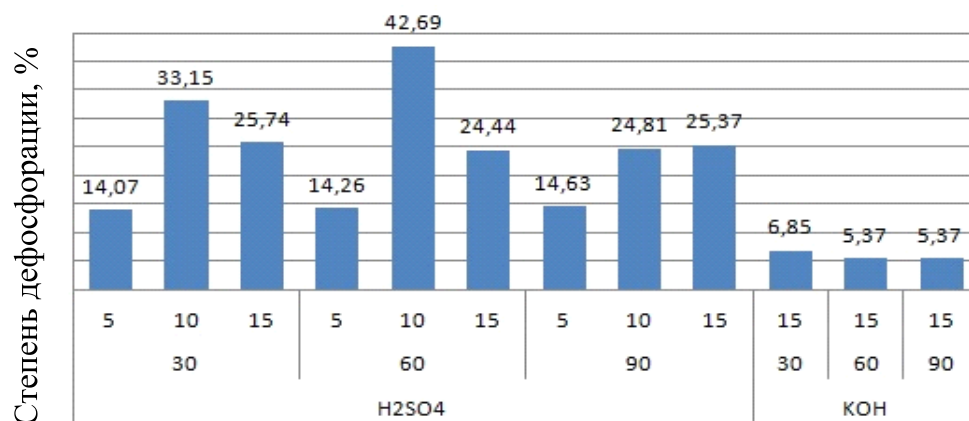


Рис. 1. Зависимость степени дефосфорации конвертерного шлака фракции 20–40 мм от типа (H_2SO_4 , KOH) и концентрации реагента (5, 10, 15 %) и продолжительности выщелачивания (30, 60, 90 минут). Температура выщелачивания – 20 °С

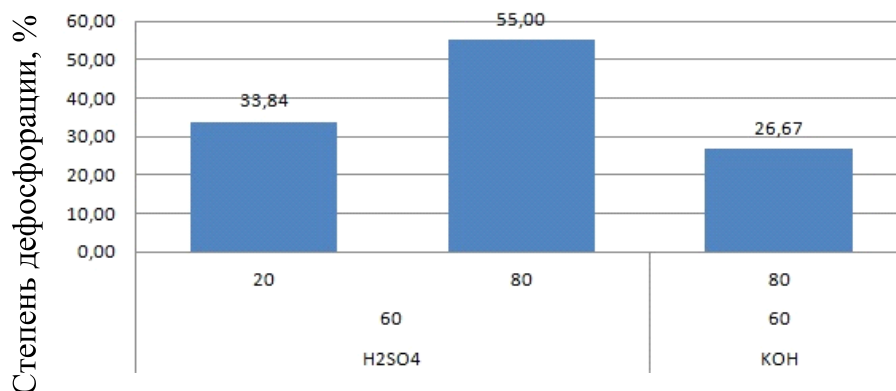


Рис. 2. Зависимость степени дефосфорации конвертерного шлака фракции >40 мм от типа реагента (H_2SO_4 , KOH) и температуры выщелачивания (20, 80 °С). Продолжительность – 60 минут

Исследование возможности использования немагнитной части конвертерного шлака в качестве добавок к агломерационной шихте

Для сравнения влияния добавок конвертерного шлака в состав агломерационной шихты в лабораторных условиях был проведен предварительный эксперимент на базе шихты агломерационного производства АО «АрселорМиталл Темиртау». Базовый вариант агломерационной шихты включал: 10,84 % концентрата ССГПО, 36,69 % ЛГМК, 28,55 % рудной смеси, 2,33 % извести, 16,74 % комбинированного флюса и 4,84 % кокса. Удельная производительность аглошхи при спекании базового варианта шихты

составила 0,653 т/м² час. Было проведено по 3 эксперимента спекания агломерационной шихты с добавками конвертерного шлака с 50 и 100 % заменой флюса (таблица). Вводимый в агломерационную шихту конвертерный шлак был измельчен до размеров 0–10, 0–3 и менее 0,074 мм.

В таблице приведены средний диаметр и фракционный состав окомкованной шихты в зависимости от объема и дисперсности добавок конвертерного шлака в агломерационную шихту. Влияние добавок конвертерного шлака рассматривалось, с одной стороны, как связующего компонента для улучшения окомкования оолитового сырья и, с другой стороны, как заменителя флюса [4].

Влияние добавок конвертерного шлака в состав агломерационной шихты на средний диаметр и фракционный состав окомкованной шихты

№ п/п	Отношение «флюс: шлак»	Фракция шлака, мм	Состав шихты по фракциям, %						d _{ср} , мм
			> 5	5–2,5	2,5–1,6	1,6–1	1–0,63	0,63–0	
1	100:0	Базовый вариант	35,16	20,76	16,63	9,71	5,02	12,72	3,61
2	0:100	0–3	14,21	11,52	15,11	10,88	8,71	39,56	2,00
3	0:100 (без добавок извести)	> 0,074	39,14	19,79	22,02	7,44	4,32	7,29	3,89
4	0:100	0–10	33,17	14,62	12,41	9,58	7,37	22,85	3,22
5	50:50	0–3	19,5	18,45	18,58	14,1	10,28	19,1	2,67
6	50:50	0–10	31,93	17,42	12,63	8,71	6,24	23,08	3,22
7	50:50	> 0,074	27,51	19,83	12,75	9,45	8,03	22,43	3,05

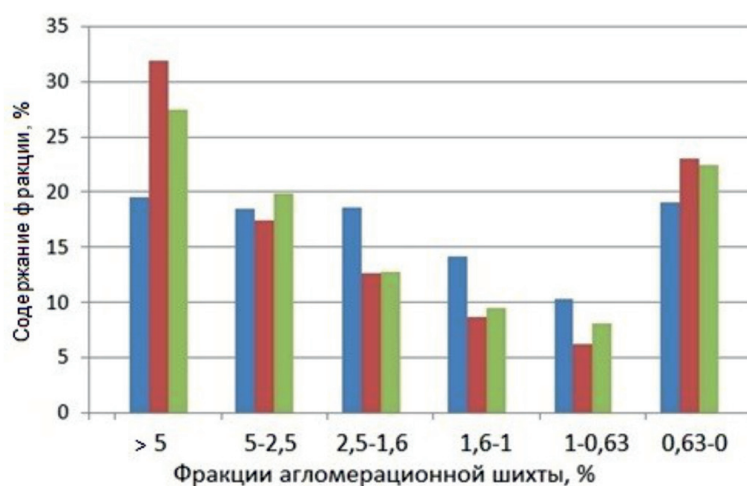


Рис. 3. Фракционный состав агломерационной шихты после окомкования при 50% замене флюса конвертерным шлаком (1 столбец – КШ, измельченный до размеров 0–3 мм, 2 столбец – КШ фракции 0–10 мм, 3 столбец – КШ фракции менее 0,074 мм)

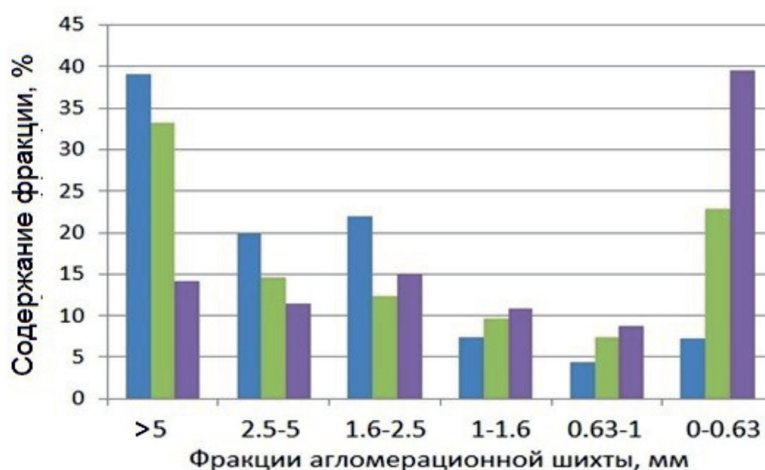


Рис. 4. Фракционный состав агломерационной шихты после окомкования при 100% замене флюса конвертерным шлаком (1 столбец – добавка конвертерного шлака, измельченного до < 0,074 мм без добавок извести, 2 столбец – конвертерный шлак фракции 0–10 мм, 3 столбец – конвертерный шлак фракции 0–3 мм)

Как видно из рассева (таблица, рис. 3) окомкованной шихты при 50 % замене флюса измельченным до размера 0–3 мм конвертерным шлаком аглошихта имеет относительно равномерный фракционный состав шихты при среднем диаметре окатышей 2,67 мм. Разница между максимальным (19,5 %) и минимальным (10,28 %) значениями содержаний фракций составила 9,22 % против отклонений в базовом варианте – 30,14 %.

На рис. 4 приведен фракционный состав окомкованной агломерационной шихты при полной замене флюса на конвертерный шлак, измельченный до размеров 0–10, 0–3 и менее 0,074 мм.

Как видно из диаграмм рассева (рис. 4) окомкованной шихты, полная замена флюса измельченным до крупности менее 0,074 мм конвертерным шлаком (1 столбец) улучшает процесс окомкования аглошихты. Содержание фракции более 5 мм в шихте равно 39,14 % при среднем диаметре окатышей – 3,89 мм (в базовом варианте – 35,16 % и 3,61 мм), при содержании фракции 0–0,63 мм – 7,29 % (в базовом варианте – 12,72 %), что привело к повышению удельной производительности на 14 %. При этом, как показали спекания агломерационной шихты, по своей прочности агломерат не уступает прочности агломерата базового варианта.

Закключение

1. В процессе проведения исследований по дефосфорации шлака щелочами и кислотами установлено, что при одних и тех же условиях эксперимента с помощью щелочи удаляется около 30 %, а при обработке кислотой удаляется до 55 % фосфора. Дефосфорация конвертерного шлака методами выщелачивания значительно понижает содержание фосфора в конвертерном шлаке, что дает возможность его рециклинга в металлургическом переделе, в частности, использовать обесфосфоренные продукты

в шихте агломерационного производства в качестве добавок и связующего.

2. Замена 50 % флюса измельченным до размера 0–3 мм конвертерным шлаком аглошихта имеет относительно равномерный фракционный состав шихты при среднем диаметре окатышей 2,67 мм. Разница между максимальным (19,5 %) и минимальным (10,28 %) значениями содержаний фракций составила 9,22 % против отклонений в базовом варианте – 30,14 %. Улучшение процесса окомкования привело к увеличению на 11,9 % удельной производительности при спекании шихты в лабораторных условиях. Полная замена флюса измельченным до размера менее 0,074 мм конвертерным шлаком улучшает процесс окомкования аглошихты. Содержание фракции более 5 мм в шихте равно 39,14 % при среднем диаметре окатышей – 3,89 мм (в базовом варианте – 35,16 % и 3,61 мм), при содержании фракции 0–0,63 мм – 7,29 % (в базовом варианте – 12,72 %), что привело к повышению удельной производительности спекания на 14 %. По своей прочности агломерат не уступает прочности агломерата базового варианта в обоих случаях.

Список литературы

1. Боранбаева Б.М., Вегман Е.Ф. и др. К вопросу о расчете агломерационных шихт при спекании бурожелезистых и карбонатных концентратов. Известия ВУЗ. Черная металлургия. – 1975. – № 1. – С. 21–23.
2. ГОСТ 23581.11-91 (ИСО 2599-83) Руды железные, концентраты, агломераты и окатыши. Методы определения фосфора.
3. Максютин Л.А., Боранбаева Б.М., Султанмурат Г.И., Тусыпбаев Д.С. Агломерация как одна из возможностей утилизации конвертерного шлака. «Инновационные технологии и проекты в горно-металлургическом комплексе их научное и кадровое сопровождение» Сборник трудов международной научно-практической конференции. – Алматы: КазНТУ, 2014. – С. 518–521.
4. Поволоцкий Д.Я. Основы технологии производства стали: Учебное пособие для вузов / 2-е изд., испр. и дополн. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2004. – 202 с.
5. Султанмурат Г.И., Боранбаева Б.М., Максютин Л.А., Асауова А.Е. Переработка техногенных отходов конвертерной плавки высокофосфористых чугунов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – № 11 – С. 14–18.

УДК 66.013.8:504

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ЭПОКСИДНОЙ СМОЛЫ, МОДИФИЦИРОВАННОЙ АЛКОКСИСИЛАНАМИ МЕТОДОМ БИОТЕСТИРОВАНИЯ

Чухланова Н.В.

*Владимирский государственный университет им. А.Г. и Н.Г. Столетовых, Владимир,
e-mail: natalyferre@yandex.ru*

На экологию окружающей среды большое влияние оказывает техногенная и бытовая деятельность человека. Широкое использование композиционных материалов приводит к их попаданию в почвенную и водную среду, что сказывается на экологии окружающей среды. В работе проведены исследования по оценке токсичности эпоксидной смолы, модифицированной алкоксисиланами. Методом биотестирования определены образцы данной полимерной композиции, обладающие наименьшим токсическим эффектом. В качестве тест-объекта были использованы *Daphnia magna* Straus. Данный метод оценки токсичности эпоксидных смол, модифицированных алкоксисиланами, показал на наибольшую смертность *Daphnia magna* Straus в водных вытяжках образцов с повышенным содержанием модификатора тетраэтоксисилана и тетрапропоксисилана. В связи с этим их применение в бытовом и техногенном производстве композиционных материалов следует сократить до минимума с целью уменьшения ущерба экологии окружающей среды.

Ключевые слова: эпоксидная смола, токсичность, алкоксисилан, тетраэтоксисилан, тетрапропоксисилан, метод биотестирования, композиционные материалы

INVESTIGATION OF PROPERTIES OF THE EPOXY RESIN MODIFIED BY ALKOXYSILANES BY THE METHOD OF BIOTESTING

Chukhlanova N.V.

Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletov, Vladimir, e-mail: natalyferre@yandex.ru

On environmental ecology great influence to exert the anthropogenic and domestic human agency. Wide use composite materials lead to ingress this materials to soil medium and water medium and that is why environmental ecology is more contaminated. There are was undertake a study by estimate of the epoxy resin modified by alkoxyisilanes in this article. By dint of the methods of biotesting were defines the samples of the study polymer compound which has least toxicity. As test object ware using *Daphnia magna* Straus. This method by estimate of the epoxy resin modified by alkoxyisilanes to showed on a biggest mortality *Daphnia magna* Straus on the water extracts with high concentration modifier tetraethoxysilane and tetrapropoxysilane. That is why to application this materials on the domestic and anthropogenic production of the composite materials should be to skeletonize in view to decrease damage of environmental ecology.

Keywords: epoxy resin, toxicity, alkoxyisilane, tetraethoxysilane, tetrapropoxysilane, the methods of biotesting, composite materials

В наши дни полимерные композиции на основе модифицированных эпоксидных смол находят применение во многих областях народного хозяйства страны. Ежегодно идет наращивание их производства. Исходя из этого вероятность попадания эпоксидной смолы, модифицированной алкоксисиланами, в окружающую среду крайне велика. В связи с этим, **целью данного исследования** является выяснение вопроса о влиянии этих материалов на экологию окружающей среды.

Интерес представляет изучение влияния на окружающую среду эпоксидной смолы – продукта на основе эпихлоргидрина и бисфенола А. Это связано с огромным ростом производства композиционных материалов, в которых эпоксидные смолы, модифицированные алкоксисиланами, являются одним из основных компонентов [4].

В данной работе были изучены образцы с добавлением алкоксисиланов – те-

траэтоксисилана и тетрапропоксисилана. Тетраэтоксисилан является основным сырьем в производстве ценных кремний-органических продуктов, например, жаростойких и электроизоляционных лаков, олигоэтилсилоксановых жидкостей и др. Тетрапропоксисилан представляет из себя такое же вещество и с теми же свойствами, что и тетраэтоксисилан, но вместо этилового спирта применяют пропиловый спирт при приготовлении тетрапропоксисилана [3].

Основное применение модифицированных алкоксисиланами эпоксидных смол – это машиностроение, транспорт, авиация, аэрокосмическая отрасль и другие высокотехнологичные отрасли.

Информация по физико-химическим показателям рассматриваемых элементов не позволяет сделать вывод о совокупном воздействии загрязняющих веществ на окружающую среду и степени их опасности [5].

Дать оценку комплексному воздействию токсикантов можно с помощью методов биотестирования. Особенность информации, получаемой с помощью данного метода, состоит в отражении всей совокупности свойств испытываемой среды с позиции восприятия ее живыми объектами. Большим преимуществом такого метода является тот факт, что ещё на уровне разработки образцов можно внести корректировки в их составы с целью снижения уровня токсичности.

Материалы и методы исследования

Для исследования токсичности эпоксидных смол были изготовлены водные вытяжки (образцы) в соответствии с планом Бокса – Вильсона с различным количественным содержанием компонента – тетраэтоксисилана и тетрапропоксисилана, а также отдельные образцы эпоксидной смолы и модификатора тетраэтоксисилана и тетрапропоксисилана без примесей (табл. 1). В каждый из образцов был добавлен отвердитель – триэтанолламин [6].

В качестве тест-объекта в данном исследовании используется *Daphnia magna* Straus. Относится к низшим ракообразным, отряду ветвистоусых. Дафнии обитают в планктоне стоячих и слабопроточных пресноводных водоемов, широко распространены на территории России [1].

Выращивание культуры производится согласно «Методике определения токсичности воды и водных вытяжек из почв, осадков сточных вод, отходов по смертности и изменению плодовитости дафний», ФР.1.39.2007.03222 [2].

Определение токсичности каждой пробы без разбавления и каждого разбавления проводится в трех параллельных сериях. В качестве контроля используются три параллельные серии с чистой почвенной вытяжкой. Биотестирование проводится с соблюдением требований к температуре, продолжительности фотопериода и качеству культивационной воды.

Биотестирование проводится в пробирках объемом 100 см, которые заполняются 50 см почвенной вытяжки и по 10 см каждого образца соответственно. В пробирки помещают по десять дафний в возрасте 6–24 ч. Чувствительность дафний к токсикантам зависит от возраста рачков, поэтому в протоколе отмечают возраст используемой молодежи. Возраст определяется по размеру рачков.

Посадку рачков начинают с контрольной серии. В исследуемые растворы дафний помещают, начиная с больших разбавлений (меньших концентраций загрязняющих веществ) к меньшим разбавлениям. После каждой посадки в исследуемые растворы сачок тщательно промывается в сосуде объемом 2 дм³ с культивационной водой. Для работы с серией контроля должен быть отдельный сачок.

Для каждой серии исследуемой воды используется 3 пробирки. Общее количество пробирок, используемых в опытах, равно утроенной сумме всех разбавлений плюс 3 для контроля.

В экспериментах по определению острой токсичности дафний кормят только перед началом эксперимента до отсадки рачков в пробирки с тестируемой водой. Во время опыта корм в пробирки с тестируемой водой не добавляют.

Результаты исследования и их обсуждение

Учет смертности дафний в опыте и контроле проводят каждые 24 часа. Опыт прекращается, если в течение 24 часов во всех вариантах (разбавлениях тестируемой воды) наблюдается гибель более 50% рачков.

Неподвижные особи считаются погибшими, если не начинают двигаться в течение 15 секунд после легкого покачивания пробирки.

В экспериментах по определению острой токсичности растворы не меняют. Токсичными считаются те образцы, в которых выживаемость менее 80%. Если наблюдается гибель дафний в контроле, результаты опыта не учитывают, и он должен быть повторен.

Среднее значение выживаемости *Daphnia magna* Straus в течение 96 часов представлено в табл. 2.

По полученным данным можно прийти к выводу, что наиболее токсичными оказались образец, содержащий чистый тетрапропоксисилан (образец № 4 – выживаемость 60% после 96 часов исследования) и образец, содержащий чистый тетраэтоксисилан (образец № 7 – выживаемость 70% после 96 часов исследования).

Таблица 1

Образцы для исследования

Обр.	Состав			
	Эпоксидная смола	Модификаторы		Отвердитель триэтанолламин
		Тетрапропоксисилан	Тетраэтоксисилан	
№ 1	20 г	–	–	2 г
№ 2	18 г	2 г	–	2 г
№ 3	16 г	4 г	–	2 г
№ 4	–	20 г	–	–
№ 5	18 г	–	2 г	2 г
№ 6	16 г	–	4 г	2 г
№ 7	–	–	20 г	–

Таблица 2
Среднее значение выживаемости *Daphnia magna* Straus в течение 96 часов (%)

	24 ч	48 ч	72 ч	96 ч
Контроль	100	100	100	100
Образец № 1	100	100	90	90
Образец № 2	100	90	80	80
Образец № 3	100	80	80	80
Образец № 4	100	80	70	60
Образец № 5	100	100	100	90
Образец № 6	100	90	90	80
Образец № 7	100	80	70	70

Выводы

• Дана оценка токсичности эпоксидной смолы, имеющей различное содержание модификаторов тетраэтоксисилана и тетрапропоксисилана.

• Определение острой токсичности вытяжки из почв показало, что наиболее токсичными являются образцы с большим объемом добавленных модификаторов тетрапропоксисилана и тетраэтоксисилана, в том числе и образцы с их 100% содержанием.

• Использование наименьшей концентрации модификатора тетраэтоксисилана способствует решению проблем ресурсосбережения и охраны окружающей среды.

Работа выполнена при поддержке администрации Владимирской области.

Список литературы

1. Методы почвенной микробиологии и биохимии: метод. указания / Д.Г. Звягинцев [и др.]; под ред. Д.Г. Звягинцева. – М.: МГУ, 2001. – 224 с.
2. Талисманов В.С. Методика определения острой токсичности питьевых, пресных природных и сточных вод, водных вытяжек из почв, осадкой сточных вод и отходов по смертности дафний: метод. указания: метод. Указания / В.С. Талисманов. – М.: МГУ, 2011. – 48 с.
3. Чухланов В.Ю., Дуденкова Л.А., Алексеенко А.Н. Композиционная кремнийорганическая эмаль // Строительные материалы. – 2001. – № 7. – С. 5–6.
4. Чухланов В.Ю., Ионова М.А. Однокомпонентная полиуретановая композиция, модифицированная тетраэтоксисилоном / Пластические массы. – 2012. – № 7. – С. 10–13.
5. Чухланов В.Ю., Селиванов О.Г. Модификация полиорганосилоксаном связующего на основе полиуретана // Пластические массы. – 2013. – № 9. – С. 8–10.
6. Chukhlanov V.Yu., Kriushenko S.S. and Chukhlanova N.V. Elastic Polyurethane Foams Modified by Tetraethoxysilane // Theoretical Foundations of Chemical Engineering, 2015. – Vol. 49 – № 4. – P. 518–522.

УДК 504.062

СОСТОЯНИЕ ЛЕСОВ ЛИПЕЦКОЙ ОБЛАСТИ КАК РЕЗУЛЬТАТ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПРИРОДЫ И ЧЕЛОВЕКА

Аничкина Н.В.*ФГБОУ ВПО «Липецкий государственный педагогический университет», Липецк,
e-mail: nina-viktorowna@mail.ru*

Объектом исследования была избрана территория, лежащая в центре Восточно-Европейской равнины, бассейне Верхнего Дона, на стыке Окско-Донской низменности и Среднерусской возвышенности. Административно это соответствует Липецкой области. Предметом исследования выступила низкая степень облесения Липецкой области. В статье проанализированы взаимосвязи цивилизационных и физико-географических процессов, приведших к современному состоянию лесов Липецкой области. Наибольшее уменьшение степени облесения края происходит при потребительском отношении к лесным ресурсам на протяжении 17–18 веков. Начало лесовосстановительных работ в 19 веке отражает понимание потребности человека в лесных экосистемах. Состояние лесов на территории области отражает взаимодействие лесных экосистем и человека и в то же время является следствием естественного развития геосистем.

Ключевые слова: геосистемы, экосистемы, природные ресурсы, металлургия, леса, лесовосстановительные работы, лесные ресурсы

THE STATE OF FORESTS IN LIPETSK REGION AS A RESULT OF INTERACTION OF NATURE AND HUMAN

Anichkina N.V.*Lipetsk state pedagogical university, Lipetsk, e-mail: nina-viktorowna@mail.ru*

The object of the study is an area lying in the center of the East European Plain, in the basin of the Upper Don find at the junction of the Oka-Don Lowland and Upland. Administratively, this corresponds to the Lipetsk region. The subject of the study is the low level of forestation of Lipetsk region. The article analyzes the relationship of civilization and geographic processes that led to the current state of the forests of Lipetsk region. The largest decrease in the degree of deforestation occurred because of the consumerism in the 17–18 centuries. The start of reforestation in the 19th century reflects the understanding of the needs of people for forest ecosystems. The state of forests in the region reflects the interaction of forest ecosystems and humans. At the same time it is a consequence of the natural development of geosystems.

Keywords: geosystems, ecosystems, natural resources, metallurgy, forest, reforestation, forest resources

Русская нация формировалась как земледельческий этнос, но роль леса в становлении нашей культуры трудно переоценить. Объектом нашего исследования послужит территория, лежащая на стыке Окско-Донской низменности и Среднерусской возвышенности. Это центр Восточно-Европейской равнины, бассейн Верхнего Дона. Для удобства рассмотрения ограничимся административными границами Липецкой области, образованной на данной территории в 1954 году. В области развиты черная металлургия и сельское хозяйство. Площадь области составляет 23,8 тысячи кв.км. Расположение по градусной сетке между 52–54° северной широты и 38–40° восточной долготы позволяет нам отнести её к лесостепной зоне. Но в настоящий момент распаханность территории превышает 80%. Липецкая область наименее облесенная среди пяти областей Центрального Черноземья.

Чтобы понять причины, приведшие к нынешнему состоянию, необходимо проанализировать состояние лесных экосистем во времени. Часть косвенных сведений

о динамике природных экосистем данной территории под влиянием антропогенных и природных факторов дают нам материалы археологических изысканий. Так, судя по ним, человек начал активно встраиваться в природные экосистемы рассматриваемой территории уже в палеолите. В 1924 году в селе Гагарино Задонского района была открыта стоянка эпохи верхнего палеолита возрастом около 22 000 лет. Найденные фигурки из бивня мамонта и остатки жилища, позволяют судить о природно-климатических условиях того времени, а также о взаимодействии человека и вмещающего его ландшафта. Летом 2005 года у села Ленино раскопан Липецкий курган, с сарматским захоронением, возрастом около двух тысяч лет. Сарматы занимались овцеводством и соответственно жили там, где были лучшие пастбища для круглогодичного выпаса. Мои коллеги историки считают, что причиной ухода сарматов с данной местности стало изменение климата, приведшее к более глубокому снеговому покрову. Климат становится более прохладным и влажным,

а следовательно, благоприятным для произрастания лесной растительности. По всей вероятности, эти причины вызвали увеличение площади лесов на рассматриваемой территории. А на смену откочевавшим сарматам приходят племена, предпочитающие вести осёдлый образ жизни и чья деятельность ещё больше взаимодействует с природной средой, а следовательно, и больше трансформирует её.

В Липецком краеведческом музее можно найти сведения о поселении возрастом около тысячи лет, которое располагалось в устье реки Матыры. На данной территории достаточно близко к поверхности залегают железные руды. Население этого поселения, активно используя природные ресурсы вмещающей их геосистемы (лес, вода, железная руда), занималось выплавкой металла. До сих пор в районе Верхнего парка мы со студентами во время полевых практик собираем железную руду в буквальном смысле из-под ног, что неизменно приводит их в восторг. Именно месторождения железной руды, вовлечение её в биогеохимический круговорот данной территории во многом определило облик современных экосистем, в том числе и лесных. Использование железа ускорило цивилизационный процесс, и население наряду с ведением сельского хозяйства активно занималось производством металла и орудий из него, что кардинальным образом поменяло облик ландшафтов. Для выплавки железа нужен восстановитель, и им стал древесный уголь, получаемый из древесины, заготавливаемой в окрестных лесах. По исследованиям краеведов, в городе Липецке вплоть до конца 19 века во дворах частных домов располагались маленькие домны. Жители плавил металл и изготавливали из него предметы домашней утвари. Промышленная добыча руды была прекращена в 1964 году, шахты на территории города были закрыты, так как дешевле стало завозить руду с Курской магнитной аномалии, но до сих пор именно железная руда определяет экономику и облик данной территории.

Состояние лесных экосистем также определялось сопряженными связями с речными экосистемами бассейна реки Дон. Река Дон (Танаис) с античных времён являлась важнейшей торговой транспортной артерией. В Елецком районе археологами найдены греческие амфоры, в которых на кораблях привозилось оливковое масло. Корабли строились на верфях реки Дон и её притоков. Рядом с верфями возникали сво-

еобразные перевалочные базы для грузов. В шестнадцатом веке, когда происходило усиление Московского государства, именно здесь товары московских купцов перекладывались на плоскодонные суда (струи) и отвозились для торговли в низовья Дона. Потом эти поселения переросли в города Данков, Лебедянь, Задонск. Низовья Дона бедны лесами. Поэтому струи назад не возвращались, так как купцам было выгоднее разобрать их на доски и продать. А на строительство новых вырубались леса. Эта практика продолжалась столетиями. Сейчас вряд ли возможно подсчитать сколько гектаров леса было сведено. Но не вызывает сомнений одно, что естественное восстановление лесов не успевало за вырубкой и породный состав лесов менялся.

В 1636–1651 годах для защиты от набегов кочевников была сооружена Белгородская засечная линия. Вдоль неё возникали города крепости, часть из них впоследствии была срыта. Остались Данков, Лебедянь, Доброе, Усмань, Сокольск. На все эти сооружения шла древесина окрестных лесов (дуб, сосна), что приводило к сокращению площади лесов и изменению их породного и возрастного состава.

В период Азовских походов Петра I активное строительство судов увеличило истребление лесов. Строительство Азовского флота велось по бассейну реки Воронеж до города Козлова. В городе Воронеже сооружались преимущественно крупные корабли. А на территории современного Липецка, в долине реки Воронеж был вырыт пруд для постройки галер. Этот Петровский пруд просуществовал до 1974 года, когда его засыпали с помощью землеснарядов песком из реки Воронеж и посадили деревья, сделав частью Нижнего парка.

В связи со строительством флота в 1703 году создаются государственные (казённые) железоделательные Липские заводы. После передачи заводов в 1755 году в частные руки производство на них сократилось, и в 1795 году они были закрыты. Одной из причин закрытия заводов стала нехватка лесов для производства древесного угля. На том уровне развития цивилизации индустриальное производство не могло существовать без природной экосистемы. Заводы, уничтожив лесные экосистемы для своего функционирования в радиусе восьмидесяти верст, не выжили без леса и прекратили свое существование. Площади лесов только за одно столетие (1774–1874 гг.) сократились наполовину. Сильно пострадали

сосновые боры, дубравы, практически исчезли экосистемы липовых лесов. Липовые леса давали удобную в обработке древесину и луб, но они же были и местом обитания дикой пчелы. Сведение лесов подорвало бортничество, которое было широко распространено на данной территории, что нашло отражение в гербе Тамбова от 1730 года (на лазоревом поле улей и над ним три золотые пчелы, земля зеленая (с конца XVIII века это герб Тамбовского наместничества, в состав которого входила и рассматриваемая нами территория)). О масштабах заготовки липового лыка может косвенно сказать факт, выявленный сотрудниками музея декоративно-прикладного искусства. Целые сёла занимались плетением лаптей, что нашло отражение в их названиях, например Лапотки (Задонский район). Лапти быстро приходили в негодность при пешем переходе. Богомольцы, идущие из Москвы в Задонск снашивали до двенадцати пар лаптей, столько же нужно было для обратного перехода. Кстати, лапти плелись не только из липы, но и из березы (домашняя и детская обувь), и из вяза (праздничная, красного цвета). Параллельно с уничтожением лесов, шла распашка степей, и к середине XIX века степи, так же как и леса, сохранились лишь на небольших площадях [9].

В первой половине девятнадцатого века в России поднимается вопрос о необходимости лесовосстановительных работ. После введения лесным департаментом России в 1842 году «Инструкции по лесоустройству» в сохранившемся Романово-Таволжанском массиве организуется образцовое лесное хозяйство. Именно здесь впервые в лесостепной полосе на больших площадях стали проводить опыты по культуре сосны [4, 5]. Для проведения лесовосстановительных работ требуются грамотные специалисты, и в 1858 году при Романово-Таволжанской казенной лесной даче было открыто Липецкое егерское училище. В 1859 году здесь был устроен питомник с искусственным орошением, в котором стали выращивать саженцы сосны, дуба, пихты, ели, лиственницы, липы, клена, душистого тополя [3]. В районе поселка Тракторостроителей до сих пор находится сохранившееся здание егерского училища и противопожарный пруд, а к входу в Ленинское (Романовское) лесничество ведет аллея старых дубов, посаженных учениками лесной школы [3]. На базе лесничества с 16 по 25 августа 1874 года проводился II Всероссийский лесохозяйственный съезд. На нём присутствовали 92 делегата из 22 губер-

ний России. В 1912–1916 гг. в лесничестве проводили исследования выдающиеся отечественные лесоводы Г.Ф. Морозов (1867–1920) и В.Д. Огиевский (1861–1921) [5].

В 1931 году на левом берегу реки Воронеж было начато строительство металлургического и тракторного заводов. Бывшее егерское училище переводится в село Хреновое Воронежской области. В настоящее время Новолипецкий металлургический комбинат успешно работает. Руду для него добывают на КМА, кокс привозят с Алтая. Но есть еще один компонент производства – кислород. На выплавку 1 тонны конвертерной стали расходуется в среднем 45–57 м³ кислорода. Для сравнения, человеку в состоянии покоя в сутки требуется 0,36–0,432 м³ кислорода. Как подсчитали экологи, предприятиями города Липецка за 2014 г. выброшено 291,1 тыс. т загрязняющих веществ (88,2 % всех выбросов по области). Основной загрязнитель атмосферы области – ОАО «НЛМК» [8]. Поэтому на современном этапе развития общества также остро встает вопрос о площади лесов, так как гектар леса ежегодно поглощает 4,5–6 т углекислого газа, 30–50 т пыли и выделяет 3–5 т кислорода. Именно леса активно преобразовывают атмосферные загрязнения, особенно газообразные. Нехватка лесных насаждений способствует ухудшению экологической обстановки.

Общая площадь лесов области в двадцать первом веке мала. Так, по состоянию на 11 января 2008 года леса занимали 201,0 тыс. га, или 8,3 % ее общей площади [6]. Аномально жаркая погода лета 2010 года привела к пожарам. От них пострадало 7 районов области: Елецкий, Задонский, Краснинский, Грязинский, Липецкий, Добровский и Усманский. Вместе с лесами пострадали и населенные пункты. 29 июля 2010 года огонь уничтожил 8 домов в селе Большая Суворовка Елецкого района. В Липецке вокруг поселка Силикатного завода горел лес, когда-то заботливо посаженный липчанами. Здесь пламя уничтожило конюшню и несколько гаражей. От огня пострадали 2 частных дома. Пожар в старейшем селе Излегоще Усманского района уничтожил 103 жилых дома. От пожаров в Усманском районе пострадали еще два села – Крутчик и Шаршки, здесь сгорело по 6 домов. В поселке Дальний Добровского района из 67 домов сгорело 47. Засуха подорвала жизненные силы деревьев. Общая площадь лесов Липецкой области по состоянию на 1 января 2011 года со-

ставила 200,8 тыс. га или 7,3% ее общей площади. Но деревья, пережившие засуху, продолжали гибнуть еще несколько лет. Особенно наглядно это прослеживалось по березовым лесополосам, посаженным вдоль дорог. По моим наблюдениям, дубы меньше пострадали от засухи, чем березы, что еще раз подтверждает, что данной территории соответствует дубовая лесостепь. После проведения лесовосстановительных работ, по состоянию на 1 января 2014 г. общая площадь лесов, расположенных на территории Липецкой области, составляла 200,9 тыс. га, лесистость ее территории составляет 7,2% [7]. Для сравнения: леса соседней, но более южной Воронежской области занимают 8,1% ее общей площади. Лесистость Тамбовской области, расположенной севернее, составляет 10,5%.

Если рассматривать современное состояние лесов Липецкой области, то леса, расположенные на землях особо охраняемых природных территорий, занимают всего 13,4 тыс. га или 6,7% площади лесов области [2, 10]. К ним относятся леса Воронежского биосферного заповедника, заповедника «Галичья гора», заказника «Добровский». Восстановлением лесов занимаются лесничества области [10]. По моим расчетам, самый большой показатель лесистости – 30% – в Добровском районе. Наименьшие показатели лесистости в Добринском и Волосском районах, около 0,1%.

В области преобладают хвойная и твердолиственная группы пород, составляющие соответственно 35,2 и 39,9% от земель, покрытых лесной растительностью, долю мягколиственных насаждений – 24,3%, на долю прочих пород и кустарников приходится 0,6%. В лесном фонде преобладающими породами являются: сосна – 34,7%, дуб низкостовольный – 29,0%, дуб высокостовольный – 9,3%, береза – 12,3%, ольха черная – 5,6%, осина – 5,0% от земель, покрытых древесной растительностью, на остальные породы приходится 4,1%. В хвойных лесах Липецкой области преобладают молодняки и средневозрастные насаждения – 89,2%, в твердолиственных – средневозрастные насаждения – 48,0%, в мягколиственных преобладают также средневозрастные насаждения – 39,6%. Лесные культуры составляют 45,4% от общей покрытой лесной растительностью площади. Эксплуатационные леса на территории Липецкой области отсутствуют. Полезащитные и овражно-балочные лесополосы занимают 46 тыс. гектаров, что

составляет около 2,5% от общей площади сельскохозяйственных земель [10].

Мои наблюдения показывают, что при снижении антропогенной нагрузки начинает восстанавливаться лесная растительность, причем как и степная [1]. Причем восстанавливаются те породы, которые характерны для данной местности. Известно, что дуб предпочитает почвы, образованные на материнских породах, содержащих кальций. Я наблюдала, как на неэксплуатируемых, но еще не рекультивируемых месторождениях известняка (Ситовский карьер), возник подрост дубов. На территории бывшего Петровского пруда среди искусственных насаждений появляются сосны, идет самовосстановление сосновых лесов, произрастающих на данной территории на аллювиальных отложениях в долинах рек.

Современный состав лесов по целевому назначению соответствует народнохозяйственному значению, естественно-историческим и экономическим условиям Липецкой области [10] и отражает взаимодействие геосистем и человека.

Список литературы

1. Аничкина Н.В. Сукцессия участков лугово-степных ландшафтов в условиях снижения антропогенной нагрузки. / Н.В. Аничкина, Г.Г. Комаров // Экология Центрального Черноземья Российской Федерации. Научно-технический журнал. – Липецк: ЛЭГИ, 2007. – № 2(19). – С. 43–46.
2. Аничкина Н.В., Карандеев А.Ю., Климов Д.С., Попова А.В., Ржевуская Н.А. Урочище «Сосновый лес» как объект системы особо охраняемых природных территорий в границах города Липецка. // Вопросы естествознания: Межвузовский сборник научных работ. – Липецк: ЛГПУ, 2008. – Выпуск 15. – С. 222–227.
3. Аничкина Н.В. Динамика лесных насаждений Ленинского лесхоза под влиянием антропогенной деятельности // Проблемы изучения и восстановления ландшафтов лесостепной зоны: сборник научных статей / под ред. О.В. Буровой, Е.М. Волковой, О.В. Швеца. Вып. 2. – Тула, «Гриф и К», 2011. – С. 48–52.
4. Морозов Г.Ф. О некоторых причинах гибели или повреждения сосновых жердянов культурного происхождения возле города Липецка. // «Лесной журнал». – 1912. – № 4–5. – С. 575–578, 579–583.
5. Орлов М.М. Фашевское лесничество. // «Труды по лесному опытному делу». Отчет по лесному опытному делу за 1912 г. – С. 222–229.
6. Попова А.С. Динамика лесных фитоценозов «Добровского» заказника Липецкой области. // Научный журнал КубГАУ. – 2012. – № 77 (03). – С. 1–8.
7. Постановление главы администрации Липецкой области № 75 от 21 февраля 2014 года «Об утверждении сводного плана тушения лесных пожаров на территории Липецкой области на 2014 год». URL: https://admlip.ru/doc/app/adm/dep_les/post_les_75_2014.doc (дата обращения 04.12.2015).
8. Состояние и охрана окружающей среды Липецкой области в 2014 году. Доклад. – Липецк, Веда-социум, 2015. – 235 с.
9. Сарычев В.С. Степи Липецкой области: на грани уничтожения или на пороге новой жизни? // Степной бюллетень. – 2005. – № 17. URL: <http://www.nsu.ru/community/nature/books/Step-17/01> (дата обращения 02.12.2015).
10. Управление лесного хозяйства Липецкой области. URL: <http://www.leslipetsk.ru/indexdoc.html> (дата обращения 30.11.2015).

УДК 635.21:632

**ОСНОВНЫЕ ВРЕДИТЕЛИ ТОМАТОВ САРЫАГАШСКОГО РАЙОНА
ЮЖНО-КАЗАХСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ****Бозшатаева Г.Т., Оспанова Г.С., Турабаева Г.К.***Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова, Шымкент,
e-mail: bozshataeva69@mail.ru*

Приведены результаты исследований по изучению основных вредителей томатов Сарыагашского района Южного Казахстана. Исследования показали, что важнейшими вредителями томатов являются хлопковая совка, персиковая тля, бобовая тля. Вредоносность гусениц хлопковой совки в некоторых овощеводческих хозяйствах Узбекистана и Южного Казахстана составляет в среднем 15–20%, а в отдельные годы и до 50–60% урожая томатов. Наиболее распространенным заболеванием томатов в условиях Сарыагашского района является обыкновенная мозаика, вирус мозаики поражает от 30 до 34% растений томатов на исследованных плантациях. Из 26 видов обследованных сорняков, произрастающих в районе исследования, 16 оказались природными резервуарами X, S, M-вирусов, причем 8 видов сорняков содержат все три вируса, 5 видов сорняков – X, S-вирусы, а 3 вида сорняков – только вирус-X. Полученные нами данные по изучению основных вредителей томатов в Сарыагашском районе Южного Казахстана в дальнейшем будут использованы для разработки мероприятий по «Системе защиты культуры томатов от вредителей и болезней в условиях Южно-Казахстанской области».

Ключевые слова: основные вредители томатов, хлопковая совка, персиковая тля, бобовая тля, сорняки, вирусные болезни томатов

**MAIN WRECKERS OF TOMATOES OF THE SARYAGASHSKY REGION
OF THE SOUTHERN KAZAKHSTAN AREA****Bozshatayeva G.T., Ospanova G.S., Turabayeva G.K.***The southern Kazakhstan state university of M. Auezov, Shymkent, e-mail: bozshataeva69@mail.ru*

Results of researches on studying of the main wreckers of tomatoes of the Saryagashsky region of the Southern Kazakhstan are given. Researches showed that the most important wreckers of tomatoes are cotton a scoop, the peach plant louse, a bean plant louse. Injuriousness of caterpillars cotton scoops in some vegetable-growing farms of Uzbekistan and the Southern Kazakhstan averages 15–20%, and in separate years and to 50–60% of a crop of tomatoes. The most widespread disease of tomatoes in the conditions of the Saryagashsky area is the ordinary mosaic, the virus of a mosaic affects from 30 to 34% of plants of tomatoes on the studied plantations. From 26 types of the surveyed weeds growing around research 16 there were natural rezervator of X, S, M-viruses, and 8 types of weeds contain all three viruses, 5 types of weeds – X, S-viruses, and 3 types of weeds – only a virus-X. The data on studying of the main wreckers of tomatoes obtained by us in the Saryagashsky region of the Southern Kazakhstan will be used further for development action for «System of protection of culture of tomatoes against wreckers and diseases in the conditions of the Southern Kazakhstan area».

Keywords: main wreckers of tomatoes, cotton scoop, peach plant louse, bean plant louse, weeds, viral diseases of tomatoes

Почвенно-климатические условия Южно-Казахстанской области, в том числе Сарыагашского района, наиболее благоприятны для выращивания томатов. Однако существенным фактором, снижающим урожайность и качество плодов томатов, является вредоносность многих видов насекомых, особенно переносчиков вирусов томатов [7].

Ежегодные потери урожая томата от вирусных болезней составляют от 25% и более. Повсеместное увеличение площадей под культурой томата, несоблюдение фитосанитарных условий создают угрозу возникновения заражения растений вирусными заболеваниями, что угрожает овощному производству южной области республики [2].

К вирусным болезням томатов, передаваемым насекомыми, относятся: мозаика

томата, стрик, пятнистое увядание, столбур и др.

Возбудителем болезни «мозаика томата» является вирус Tomato mosaic virus, который передается от растения к растению в процессе посадки и распространяется тлями персиковой, бобовой и другими насекомыми.

Цель исследования

Выявление основных насекомых-вредителей и природных резервуаров вирусов томатов в условиях Сарыагашского района Южно-Казахстанской области.

Материалы и методы исследования

Материалом исследования послужили культура томатов, выращиваемых в Сарыагашском районе Южно-Казахстанской области и фауна основных вредителей, а также сорные растения – резервуары вирусов томатов.

Нами использовались стандартные методы отлова, учета и определения насекомых.

Сборы насекомых проводились при помощи энтомологического сачка по методике В.Ф. Палий [6].

При отлове и учете крылатых тлей применялись методики Зыкина А.Г. Для этого использовали ловушки Мерике диаметром 24 см, высотой 8 см, дно и стенки чашки выкрашивали в ярко-желтый цвет на 4 см, которые устанавливали на площадке, свободной от пасленовых и растительности, рядом с пасленовым полем [3].

При маршрутных обследованиях нами в посадках томатов проводился отбор образцов (листья, цветки, плоды) различных сортов томата. При визуальном осмотре растений обнаруживались признаки различных мозаик (пятнистости, крапчатости, пожелтения, позеленения) на листьях, деформации и скручивания их, стрик (штриховатость) листьев, стебля и плодов, изменения габитуса куста (карликовость, задержка роста отдельных побегов), опадение цветков, плодов, каменистость плодов, характерные для ряда пораженных известными вирусными болезнями.

Выявление природных резервуаров вирусов томатов диагностировалось сывороткой к вирусам, изготовленной в Казахском научно-исследовательском институте картофельного и овощного хозяйства [4].

Результаты исследования и их обсуждение

Наши исследования показали, что наиболее опасными вредителями томатов на исследуемой территории являются хлопковая совка и персиковая, бобовая тли.

Хлопковая совка – широко распространенный вредитель многих сельскохозяйственных культур. Хлопковая совка предпочитает кукурузу, томаты, нут, хлопчатник. Вредоносность вредителя хлопковой совки в некоторых овощеводческих хозяйствах Узбекистана и Южного Казахстана составляет в среднем 15–20%, а в отдельные годы и до 50–60% урожая томатов.

Вредоносность хлопковой совки достаточно полно изучена на хлопчатнике и в меньшей степени – на томатах.

Результаты анализа обследования томатных плантаций на заселение гусеницами хлопковой совки отражены в табл. 1.

Наши исследования в Сарыагашском районе показали, что вышеназванные сорта томатов поражаются в основном мозаикой, которая характеризуется образованием на листьях светло-зеленых пятен. Нередко дольки листа имеют нитчатую или папорот-

никовую форму. Такие растения задерживаются в росте, снижается интенсивность цветения и плодоношения.

Возбудитель болезни – вирус *Tomato mosaicvirus*. Он передается от растения к растению в процессе посадки рассады и распространяется тлями и другими насекомыми. Мозаика является причиной недобора 8–14% урожая томата. Вредоносность болезни заключается в ухудшении качества плодов и снижении урожая при сильном развитии болезни до 25%. Возникновение и развитие вирусных болезней томатов связано как с условиями внешней среды, так и с переносчиками заболеваний, а также наличием на участках сорняков. Поэтому выявление вирусных болезней и их переносчиков является главной задачей для производителей сельскохозяйственной продукции. Зная динамику численности, биологию и экологию переносчиков вирусных заболеваний, можно принять меры защиты и предотвратить или значительно снизить риск возникновения многих вирусных заболеваний. В табл. 2 приведены наши данные по изучению зараженности томатов обыкновенной мозаикой.

Анализ табл. 2 показывает, что из 100 исследованных растений томатов заражены обыкновенной мозаикой 30–34%.

Также нами изучалась биология персиковой тли в условиях Сарыагашского района Южного Казахстана.

Персиковая тля является широким полифагом – она питается соками более чем 400 видов культурных и диких растений из различных систематических групп. Переносит возбудителей свыше 100 заболеваний у различных растений.

Нами отмечена тесная связь между количеством тлей и степенью пораженности растений вирусными заболеваниями [5].

На посадках томатов нами зарегистрирована в большом количестве бобовая тля. Вид является повсеместно распространенным полифагом. Повреждает многие сельскохозяйственные растения, особенно сеянцы и саженцы свеклы, растения томатов. Сосет колониями листья с нижней стороны, которые скручиваются и увядают.

Таблица 1

Результаты выявления численности гусениц хлопковой совки на плантациях томатов в Сарыагашском районе в 2015 г.

Год	Обследовано, га	Заселено, га	% заселенности посевов	Средняя плотность гусениц, экз./раст.
2015	21,05	12,10	57,48	1,3

Таблица 2

Количество растений томатов, зараженных вирусными заболеваниями (на 100 растений, 3-кратная повторность)

Вид вирусного заболевания	Годы	
	2014 г.	2015 г.
Обыкновенная мозаика	30	34

В табл. 3 нами приводятся данные по количеству отловленных тлей-переносчиков вирусов томатов за 2014–2015 гг.

Таблица 3

Количество тлей-переносчиков вирусов томатов, отловленных одной ловушкой (Сарыагашский район)

Виды тлей	Годы	
	2014 г.	2015 г.
1. Персиковая тля	35	40
2. Бобовая тля	180	100
Всего	215	140

Природными резервуарами вирусов, очагами вирусной инфекции и промежуточными хозяевами для насекомых-переносчиков являются сорные растения [1].

Этому вопросу большое внимание уделялось и в странах СНГ. Так, установлены естественные резервуары S, X, M-вирусов пасленовых среди сорной и дикорастущей растительности.

Нами обследовано 26 сорняков, наиболее распространенных на томатных посадках ЮКО, обочинах дорог, на полях, вышедших из-под овощных севооборотов. Результаты этих исследований показаны в табл. 4.

В работе были использованы серологические анализы для выявления вирусов пасленовых и сорной растительности. Серологические анализы проводились капельным методом (М.С. Дунин, Е.Д. Кувшинова). Использовались диагностические сыворотки к вирусам X, S, M. Серологические анализы проводились на поточной линии ПВД1.

Результаты наших исследований подтверждаются обширными исследованиями К.С. Сухова, А.М. Вовк, Г.М. Развязкина и др., что вьюнок полевой, осот полевой, молочай лозный, щавель кислый являются природным источником вирусной инфекции.

Вьюнок полевой – растение, относящееся к семейству вьюнковых. У данного вида имеется длинный стержневой корень, проникающий до трех метров вглубь почвы. Голые и стелющиеся стебли бывают до 120 см длины. Стебли все отходят от корневой шейки, образуя густые розетки. Листья

вьюнка располагаются на черенках большой длины. Уже издали видны красивые, крупные, розовые или белые цветки растения. На каждом цветоносе находится от одного до трех таких прекрасных цветков.

Плод растения – это коробочка, похожая на яйцо. В ней находятся семена с неровной поверхностью, коричневого либо темно-серого цвета.

С начала лета до первых дней осени тянется цветение вьюнка, созревание плодов длится всего лишь месяц, а именно с августа по сентябрь.

Вьюнок полевой размножается только двумя способами: семенами и корневыми отпрысками. Увидеть это растение можно в странах СНГ. Вьюнок предпочитает свежую суглинистую почву. На лесной поляне, около дорог, в местах сбора мусора и в огородах также можно встретить вьюнок.

На самом же деле вьюнок полевой является ядовитым растением, но его без опасения используют при приготовлении препаратов для лечения болезней в народной медицине, а также в качестве корма для свиней.

Корневищный многолетник до полутора метров в высоту. Слабоколючий стебель простой, с безлистной верхней частью. Листья колючие, с треугольными зубчатыми боковыми долями, стеблеобъемлющие.

Мелкие золотисто-жёлтые цветки собраны в крупные корзинки, окружённые у основания обёрткой из ланцетовидных листочков.

Плод – серовато-бурая веретенообразная семянка с хохолком, состоящим из белых неветвистых волосков. Семянки прикреплены к цветоложу непрочной и легко разносятся ветром. Способны произрастать в условиях обильного увлажнения, от лугово-степного до болотного, предпочитают богатые почвы, хотя способны выдерживать и слабое засоление. Обременительное, сорное растение, один из самых тягостных полевых сорняков. Вид засоряет все типы посевов, встречается также на парах, в садах и огородах. Содержит белый млечный сок и неохотно поедается скотом. Как злостный сорняк осот широко распространён в лесной зоне европейской части России и сопредельных стран, в степной зоне его значение падает, а в пустынной он и вовсе не встречается на полях, даже орошаемых.

Таким образом, из 26 видов растений сорняков, нами зарегистрированных в районе исследования, 16 видов сорняков, которые содержат X, S, M-вирусы, причем 8 видов – три вируса, 5 видов-X, S-вирусы, а 3 вида – только вирус-X.

Таблица 4

Сорняки-резерваторы вирусов томатов в ЮКО

№ п/п	Вид растения	% растений, содержащих вирусы		
		X	S	M
1	вьюнок полевой	68	72	47
2	осот розовый	42	26	15
3	осот полевой	54	32	8
4	щавель кислый	87	91	42
5	одуванчик лекарственный	36	59	0
6	подорожник средний	72	85	4
7	полынь горькая	10	5	0
8	тысячелистник обыкновенный	15	24	0
9	марь белая	10	9	14
10	пырей ползучий	2	8	0
11	паслен черный	25	25	5
12	щирица запрокинутая	17	10	18
13	лебеда раскидистая	6	12	0
14	сурепка желтая	19	0 -	0
15	люцерна посевная	32	0	0
16	лопух большой	0	0	0
17	ромашка пахучая	0	0	0
18	василек синий	0	0	0
19	зверобой обыкновенный	0	0	0
20	пастушья сумка	0	0	0
21	хвощ полевой	0	0	0
22	девясил высокий	0	0	0
23	молочай лозный	24	0	0
24	лапчатка прямостоячая	0	0	0
25	одуванчик обыкновенный	0	0	0
26	душица обыкновенная	0	0	0

Выводы

Многочисленными исследованиями в нашей стране и за рубежом доказано, что особенно большой вред томатам наносят вирусные болезни. В распространении вирусных эпифитотий особая роль принадлежит насекомым – переносчикам вирусов. Однако обобщенные данные о распространении важнейших переносчиков вирусных болезней томатов в условиях Южного Казахстана в литературе пока отсутствуют. Не изучена на комплексной основе вироформная энтомофауна растений томатов, ее вредоносность и меры борьбы с ней. В связи с этим выявление видового состава переносчиков вирусов томатов в условиях Южно-Казахстанской области представилось необходимым и своевременным.

Наши исследования по изучению основных вредителей томатов Сарыагашского района Южного Казахстана позволили сделать следующие выводы:

1) важнейшими вредителями томатов являются хлопковая совка, персиковая тля, бобовая тля;

2) наиболее распространенным заболеванием томатов является обыкновенная мозаика, вирус мозаики поражает в Сарыагашском районе от 30 до 34% растений томатов на плантациях;

3) из 26 видов обследованных сорняков 16 оказались природными резервуарами X, S, M-вирусов, причем 8 видов сорняков содержат все три вируса, 5 видов сорняков – X, S-вирусы, а 3 вида сорняков – только вирус-X;

4) данные исследований по изучению фауны основных вредителей томатов могут послужить основой для разработки рекомендаций по «Системе защиты культуры томатов от вредителей и болезней в условиях Южно-Казахстанской области».

Список литературы

1. Агаджанян Г.Х. Сорные растения Армении и борьба с ними. – Ереван: Айастан, 1966. – 440 с.
2. Власов Ю.И., Теплоухова Т.Н., Сейидов Б. Новое вирусное заболевание томатов в СНГ – хлоротическая курчавость листьев. II Всероссийский съезд по защите растений. Тезисы докладов. – СПб., 2012. – С. 38–39.
3. Власов Ю.И., Лантас Е.С. Методические указания обследований сельскохозяйственных растений на пораженность вирусными болезнями. – Л., 1992. – 15 с.
4. Дунин М.С., Попова Н.Н. Капельный метод анализа вирусов в растениеводстве. М.: Сельхозгиз, 1987. – 36 с.
5. Оспанова Г.С., Турабаева Г.К., Бозшатаева Г.Т. Вирусные болезни пасленовых в Казахстане // Журнал «Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований». – 2014. – № 3 (часть 1). – С. 62–65.
6. Постановление правительства РК «Об утверждении программы «Развития регионов» от 26.07.2011 г.
7. Палий В.Ф. Методика изучения фауны и фенологии насекомых. – Воронеж: Центр. чернозем. книжное издательство, 2000. – 190 с.

УДК 622.882

ОПЫТЫ БИОЛОГИЧЕСКОЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ НА ХВОСТОХРАНИЛИЩАХ ЗАПАДНОЙ ЯКУТИИ

Миронова С.И., Гаврильева Л.Д., Кудинова З.А., Петров А.А.

ФГАОУ ВПО «Научно-исследовательский институт прикладной экологии Севера Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова», Якутск, e-mail: mironova47@mail.ru

Проведены опытно-экспериментальные работы по рекультивации на хвостохранилище горно-обогатительного комбината в условиях Западной Якутии. Всего заложено 47 площадок размером 100 м² на трех участках: с нанесением плодородного слоя почвы (ПСП), потенциально плодородных пород (ППП) и смеси ПСП и PPP с посевом семян интродуцированных многолетних трав и внесением минеральных удобрений. На шестом году после рекультивации на участке с ПСП наблюдается полное зарастание растительностью в пределах высеванных площадок, 60% проективного покрытия за их пределами, всходы лиственницы и сосны; на участке с ПСП и PPP проективное покрытие внутри площадок – 70%, за пределами – 20%, единичные всходы ив; на участке с PPP проективное покрытие внутри площадок в среднем 35%, за пределами – единичные растения, проективное покрытие лишь местами достигает 10%. На хвостохранилище при биологической рекультивации необходима отсыпка плодородным слоем или заменяющими этот слой материалами. Рекультивация хвостохранилища, расположенного в рекреационной зоне, имеет большое значение для оздоровления экологической ситуации.

Ключевые слова: рекультивация, хвостохранилище, плодородный слой, потенциально плодородные породы

EXPERIENCES OF BIOLOGICAL RECULTIVATION ON TAILINGS DAMS WESTERN YAKUTIA

Mironova S.I., Gavrilieva L.D., Kudinova Z.A., Petrov A.A.

FGAOU Institution «Scientific-Research Institute of Applied Ecology of the North North-Eastern Federal University M.K. Ammosov», Yakutsk, e-mail: mironova47@mail.ru

Skilled and experimental works on recultivation on the mining and processing works tailings dam in the conditions of the Western Yakutia are carried out. In total 47 platforms of 100 sq.m in size on three sites are put: with drawing and the fertile layer of earth (FLE), the potentially fertile breeds (PFB) and mix FLE and PFB with crops of seeds of the introduced long-term herbs and introduction of mineral fertilizers. On the sixth year after recultivation on a site with FLE full overgrowing by vegetation within the sowed platforms, 60% of a projective covering is watched their limits, shoots of a larch and pine; on a site with FLE and PFB – a projective covering in platforms of 70%, beyond limits – 20%, single shoots of willows; on a site with PFB – a projective covering in platforms on average 35%, beyond limits – single plants, a projective covering only in places reach 10%. On the tailings dam at biological recultivation dumping by a fertile layer or the materials replacing this layer is necessary. Recultivation of the tailings dam located in a recreational zone is of great importance for improvement of an ecological situation.

Keywords: recultivation, tailings dam, fertile layer, potentially fertile breeds

Горнодобывающие предприятия имеют, в большинстве случаев, довольно крупные отвалы в пользовании, соответственно площадь преобразованных в результате производственной деятельности земель значительна. Проблема восстановления нарушенных при добыче полезных ископаемых земель, приведение их в состояние, пригодное для использования, предотвращение их отрицательного воздействия на окружающую среду наиболее актуальна, особенно в условиях Севера.

В условиях Западной Якутии опытно-экспериментальные работы по рекультивации нарушенных алмазодобывающей промышленностью земель проведены в основном на отвалах трубки «Мир» [1, 2, 4], трубки «Айхал» [5]. Хвостохранилище 1, 2-й очереди обогатительной фабрики N 3 Мирнинского ГОКа находится в рекреационной зоне города Мирного, и его рекульти-

вация имеет большое значение для оздоровления экологической ситуации.

Материалы и методы исследования

На хвостохранилище 1-й очереди, где при техническом этапе были нанесены потенциально плодородные породы (ППП) и плодородный слой почвы (ПСП), начиная с 2006 года проводились опытные работы по биологической рекультивации.

По основным морфологическим признакам грунтов (гранулометрическому составу, окраске, увлажненности и уплотненности) на рекультивируемом участке выделены 3 участка.

Участок № 1 – с плодородным слоем почвы (ПСП), т.е. с органомным субстратом. Морфологически субстрат имеет коричнево-бурю окраску, среднесуглинистый гранулометрический состав, слегка влажный, рыхлый, и местами наблюдаются фрагменты дернового горизонта (рис. 1, а).

Участок № 2 – с отсыпкой потенциально плодородных пород (ППП), представляющих собой вскрышные материнские породы. Морфологически субстрат имеет в основном сероватую окраску, тяжелосуглинистый гранулометрический состав, свежий,

уплотненный (рис. 1, б). Поверхность сильно деформирована, наблюдается образование мелких водоемов, луж, что усложняет проведение рекультивационных работ.

Участок № 3 – нанесен субстрат, представляющий собой смесь ПСП и ППП. На поверхности эти почвогрунты имеют коричневатую окраску, супесчаный гранулометрический состав, не уплотнены и слегка влажные (рис. 1, в). Мощность нанесенных слоев местами доходит до 30 см.

Всего заложено 47 экспериментальных площадок размером 100 м².

Из списка перспективных для биологической рекультивации видов в условиях Мирнинского района подобраны следующие, интродуцированные в Якутии, многолетние злаки: овсяница красная, костреца сорта «Амачаан», травосмесь (пырей + волоснец) и люцерна.

Посев произведен вручную рядовым способом, дающим больше проективного покрытия травостоя и меньше доли сорняков. Ширина между рядами составляет 60 см, глубина заделки мелких семян – 1–1,5 см, а крупных – 1,5–2 см. Средняя норма посева 25 кг/га.

В качестве удобрения использовали удобрение аммофос – гранулированное сложное безнитратное удобрение. Средняя доза внесения удобрений составляет 25 кг/га.

В 2013 году проведено геоботаническое обследование опытных площадок по общепринятой методике [6]. Проективное покрытие оценивалось в баллах по 5-балльной шкале [3]. Для определения продуктивности надземной фитомассы брались укосы с площади 0,1 м² в 3-кратной повторности. Укосы в сухом состоянии разбирались по видам и взвешивались.



а



б



в

Рис. 1. Опытные участки

Таблица 1

Видовой состав растительности площадок. Участок № 1

Виды	№ площадок			
	34–41	42–50	За площадкой	За площадкой у озера
Общее проективное покрытие, %	90	90	60	60
Люцерна	5	5		2
Донник белый	3	1	1	1
Кострец	2	3	+	5
Иван-чай узколистный		+	2	+
Вика мышиный горошек			2	+
Полынь монгольская			1	+
Пижма обыкновенная			+	+
Полевица			3	
Лисохвост тростниковидный			1	
Ячмень гривастый			+	
Хвощ полевой			+	
Ситник сплюснутый			+	
Ива	+			
Скерда кровельная				+
Болотница болотная	+			+
Кровохлебка аптечная				1
Лапчатка гусиная				1

Результаты исследования и их обсуждение

Участок № 1.

Общее проективное покрытие растительности внутри площадок – 90%. Количество видов – 6. Доминируют люцерна, кострец, донник. Надземная фитомасса – 42,4 ц/га.

За пределами площадок также образовались довольно продуктивные сообщества с проективным покрытием 60% с большим разнообразием видов (количество видов – 16) и продуктивностью 24,4 ц/га (табл. 1, 4, рис. 2). Встречаются всходы лиственницы и сосны.

Участок 2. Общее проективное покрытие внутри площадок – 20–50%. Количество видов – 9. Из высеянных видов обильно произрастают пырей и кострец, единично встречаются пырейник, люцерна. Надземная фитомасса 16,3 ц/га, из нее 60%, или 9,7 ц/га занимает зеленая масса, 40% – старика (табл. 2).

Состояние растительности некоторых площадок неудовлетворительное: например на площадке № 22 – только старика, всходы этого года отсутствуют (рис. 3).

За пределами площадок растения встречаются единично, лишь местами проектив-

ное покрытие достигает 10%. Произрастают кроме пырея ползучего, в основном сорные виды (рис. 3).

Начинается самовосстановление лесной древесной растительности – встречается подрост сосны (рис. 3).

Участок № 3. Общее проективное покрытие растительности внутри площадок – 50–90%. Количество видов – 9. Доминируют люцерна и кострец – высеянные виды, остальные – внедренные, в основном – мезофиты, предпочитающие среднеувлажненные местообитания. Из высеянных видов овсяница красная выпала из травостоя (табл. 3, рис. 4). Надземная фитомасса в пределах площадок – 52,5 ц/га, из них зеленая масса – 45,7 ц/га, или 87%, старика (ветошь) – 6,8 или 13% (табл. 4).

За пределами площадок проективное покрытие 15–20%. Количество видов – 11. Здесь произрастают с одинаковым обилием и высеянные виды – люцерна, кострец, и другие виды – иван-чай узколистный, ячмень гривастый, осока. Остальные виды встречаются единично. Надземная фитомасса – 23,7 ц/га.

Единично на территории зоны произрастают кустарники – ивы.



Рис. 2. Общий вид территории участка № 1

Таблица 2

Видовой состав растительности площадок. Участок № 2 (2013 г.)

Виды	№ площадок						
	21–26	24	27	28–30	32–35	за площ. единично	за площ.
Общее проективное покрытие, %	40	50	50	30	20		5–10
Пырей ползучий	3	5	4	2		+	2
Кострец	2	+	2	1	3		
Донник белый			2	2			
Люцерна		+					
Вика мышиный горошек					+		
Пырейник (волоснец)					1	+	
Марь белая		+				+	+
Марь красная							2
Одуванчик рогоносный						+	
Бескильница Гаупта							+
Полынь монгольская	+		+				
Ячмень гривастый	+					+	
Пижма обыкновенная			+				

Таблица 3

Видовой состав растительности площадок. Участок № 3

Виды	№ площадок						
	6	7	8–12	13	14–17	за площадкой 6	между площадками
Общее проективное покрытие, %	90	50	70	60	90	20	15
Люцерна	5	3	5	4	5	2	
Кострец	1	3	3	3	1		1
Пырей ползучий		1			1		
Донник белый	+					+	
Вика мышиный горошек				+	+		
Полынь монгольская			+		+	+	
Смолевка ползучая			+				
Одуванчик рогоносный						+	+
Ячмень гривастый							1
Иван-чай узколистный					+	2	1
Пижма обыкновенная							+
Осока							1
Ива					+	+	
Мелколепестник едкий						+	



Рис. 3. Состояние растительности на площадках участка № 2



Рис. 4. Вид на территорию участка № 3

Таблица 4

Продуктивность (надземная фитомасса) по участкам, ц/га

№ площадок	Участок № 3					Участок № 2					Участок № 1		
	6	7	8–12	13–13а	За пл.	24	21–26	27	28–30	32–35	34–41	42–50	За пл.
Зеленая масса	58,1	39,8	53,8	31,1	20,6	15,5	11,0	8,0	7,8	6,4	33,2	36,8	20,0
Ветошь	12,5		12,9	1,9	3,1	6,0	3,1	11,7	9,0	2,5	3,6	11,3	4,4
Общий вес	70,6	39,8	66,7	33,0	23,7	21,5	14,1	19,7	16,8	8,9	36,8	48,1	24,4
Среднее	52,5				23,7	16,2					42,4		24,4

Выводы

Состояние растительности рекультивированных участков следующее:

– на участке с плодородным слоем почвы (ПСП) наблюдается полное зарастание растительностью. В пределах высеянных площадок проективное покрытие – 90%, за их пределами – 60%. Высота травостоя 60–70 см. Количество видов – 16. Единичные всходы лиственницы и сосны.

– На участке, где нанесен субстрат, представляющий с собой смесь ПСП и ППП, – проективное покрытие растительности внутри площадок в среднем 70%. Количество видов – 9. За пределами площадок проективное покрытие – 15–20%. Количество видов – 11. Единично произрастают кустарники – ивы.

– На участке с отсыпкой потенциально плодородными породами (ППП). Проективное покрытие внутри площадок 20–50%. Количество видов – 9. За пределами площадок

растения встречаются единично, лишь местами проективное покрытие достигает 10%.

На хвостохранилище при биологической рекультивации необходима отсыпка плодородным слоем или заменяющими этот слой материалами.

Список литературы

1. Иванов В.В., Миронова С.И., Кудинова З.А., Мартынова Г.А. Проблемы рекультивации нарушенных земель при разработке кимберлитовых месторождений Якутии // Горный журнал. – 2011. – № 1. – С. 95–97.
2. Лебедева Н.А. Биологическая рекультивация земель, нарушенных при добыче алмазов в Якутии // Растения и промышленная среда: сб. науч. тр. – Свердловск: Изд-во УрГУ, 1990.
3. Миркин Б.М. Теоретические основы современной фитоценологии. – М.: Наука, 1985. – 136 с.
4. Миронова С.И. Опыт рекультивации отвалов алмазных карьеров Якутии // Экология и промышленность России. – 2009. – № 12.
5. Миронова С.И., Иванов В.В., Гаврильева Л.Д., Назарова Г.В., Петров А.А. Научные основы выбора способов биологической рекультивации отвалов карьера «Айхал» // Успехи современного естествознания. – 2012. – № 11. – С. 125–127.
6. Полевая геоботаника. Т. 3 / Под ред. Е.М. Лавренко, А.А. Корчагина. – М., Л.: Наука, 1964. – 530 с.

УДК 635.21:632.38

ВИДОВОЙ СОСТАВ ФАУНЫ НАСЕКОМЫХ ТОМАТОВ В САРЯГАШСКОМ РАЙОНЕ ЮЖНО-КАЗАХСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ

Оспанова Г.С., Бозшатаева Г.Т., Турабаева Г.К.

*Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова, Шымкент,
e-mail: bozshataeva69@mail.ru*

Приведен анализ изучения видового состава насекомых, обитающих в агроценозах томатов в Сарыагашском районе Южно-Казахстанской области. Наши исследования показали, что растения томатов заселяются 21 видом насекомых, относящихся к 5 отрядам; что наиболее многочисленным и разнообразным в видовом отношении является отряд жесткокрылых (жуки) – 48% от всех собранных насекомых, второе место принадлежит видам отряда – полужесткокрылые (клопы), которые составили 24%, 2 вида тлей составили 10% от выявленных насекомых и являются постоянными представителями агробиоценоза, среди них: персиковая – 45%, бобовая – 55%. Собранные нами данные в дальнейшем будут использоваться для разработки мероприятия по снижению численности и вредоносности вредителей томатов, а также послужат началом для мониторинга и прогноза численности вредителей томатов в Сарыагашском районе Южно-Казахстанской области.

Ключевые слова: фауна насекомых томатов, агробиоценоз, мониторинг численности вредителей, томат

SPECIFIC STRUCTURE OF FAUNA OF INSECTS OF TOMATOES IN THE SARYAGASHSKY REGION OF THE SOUTHERN KAZAKHSTAN AREA

Ospanova G.S., Bozshatayeva G.T., Turabayeva G.K.

The southern Kazakhstan state university of M. Auezov, Shymkent, e-mail: bozshataeva69@mail.ru

The analysis of studying of specific structure of the insects living in the agrotocenozh of tomatoes in the Saryagashsky region of the Southern Kazakhstan area is provided. Our researches showed that plants of tomatoes become populated by 21 species of the insects belonging to 5 groups; that the most numerous and various in the specific relation is the group of coleoptera (bugs) – 48% of all accurate insects, the second place belongs to types of group – semi-coleopterous (bugs) which made 24%, 2 species of plant louses made 10% of the revealed insects and are permanent representatives of an agrobiocenosis, among them: the peach – 45%, bean – 55%. The data collected by us will be used further for development action for decrease in number and injuriousness of wreckers of tomatoes, and also will serve as the beginning for monitoring and the forecast of number of wreckers of tomatoes in the Saryagashsky region of the Southern Kazakhstan area.

Keywords: fauna of insects of tomatoes, agrobiocenosis, monitoring of number of wreckers, tomato

Овощеводство является одной из ведущих отраслей сельского хозяйства Республики, производство овощей сосредоточено в основном в Южно-Казахстанской области. Среди овощных культур большое народно-хозяйственное значение имеют томаты. Ни одна из овощных культур не используется так широко и многообразно, как томаты. Кроме потребления в свежем виде, они служат высококачественным сырьем для консервной промышленности [7].

Однако существенным фактором, снижающим урожайность и качество плодов томатов, является вредная деятельность многих видов насекомых, среди которых наибольшей вредоносностью выделяется виофорная энтомофауна, в частности – тли, особенно персиковая (*Myzus persicae* Sulz.), и клопы, среди них цитропелтус (*Cyrtopeltis* (*Nesidiocoris*) *tenuis* Reut.). При массовом появлении этих вредителей на томатах растения отстают в росте и развитии, а иногда и полностью высыпают [1–2, 4, 8].

Почвенно-климатические условия Южно-Казахстанской области, в том числе Сарыагашского района, благоприятны для выращивания этой ценной по своим качественным и вкусовым показателям культуры томатов. Однако, существенным фактором, снижающим урожайность и качество плодов томатов, является вредная деятельность многих видов насекомых.

Цель исследования

Целью работы явилось изучение видового состава фауны вредителей томатов в условиях Сарыагашского района Южно-Казахстанской области.

Материалы и методы исследования

Материалом для исследования наличия вирусных болезней послужили растения томатов сортов по «Нарттай», «Лучезарный», «Меруерт».

Сорт «Нарттай». Раннеспелый (104–116 дн.), высокоурожайный, крупноплодный, универсального назначения. Жаро- и засухоустойчив. Урожайность 54–77 т/га, плоды сливовидные и сливовидно-грушевидные, масса 110–125 г. Плоды плотные, с ярко-красной окраской, не растрескиваются и сохраняются

на растениях после созревания в течение 12–15 дней без потери вкусовых, товарных и технологических качеств. Вкусовые качества хорошие, содержание сухих веществ в плодах – 5,7–5,9%. Допущен к использованию с 2001 года.

Сорт «Лучезарный», среднеспелый (110–118 дн.), высокоурожайный, крупноплодный, универсального назначения. Относительно устойчив к комплексу болезней открытого грунта. Жаро- и засухоустойчив. Урожайность 57–69 т/га, плоды округлые со сбоем к вершине, ярко-красные, плотные, не растрескиваются, масса 106–110 г. Вкусовые качества хорошие, содержание сухих веществ в плодах – 5,5–6,0%. Допущен к использованию с 1999 года.

Сорт «Меруерт», среднеспелый (103–116 дн.), универсального назначения. Урожайность 52–68 т/га, плоды сливовидные, плотные, гладкие, красные, масса 58–82 г, обладают высокой прочностью, не растрескиваются и сохраняются на растениях без потери вкусовых, товарных и технологических качеств в течение 18–22 дней. Вкусовые качества высокие, содержание сухих веществ в плодах – 6,0–6,6%. Пригоден для механизированного возделывания и уборки. Допущен к использованию с 1995 года.

Схема посадки зависит от сорта томата: раннеспелые сорта сажают по схеме 30х40 см, поздние – 50х50 см – и от способа формирования куста.

В открытом грунте под посадку томатов отводят солнечное место, защищенное от холодных ветров. Непригодны низкие, сырые участки, с близким стоянием грунтовых вод, которые создают неблагоприятные условия для корневой системы растений. Предпочтительны суглинистые почвы с добавлением органических удобрений.

Рассада помидоров обычно всходит быстро, 5–7 дней максимум. Температура + 22 °С поддерживается весь период выращивания.

Снижение температуры на стадии семядолей дает более мощную корневую систему. В фазе 1–2 настоящих листьев пересаживают в пластиковые горшки. Полив растений помидоров производился с интервалом 7–10 дней, растения подкармливались раз 2 за весь период выращивания либо жидким «Идеалом», либо «AVA для рассады». Лучшая рассада формировалась за 55–60 дней. Высадка на постоянное место производилась в солнечные дни.

Лучшими предшественниками для томатов являлись бобовые, корнеплоды, зеленые культуры. Во избежание заражения фитофторозом нельзя сажать томаты после картофеля, перца, баклажанов, физалиса.

В момент посадки рассада была свежей, даже незначительное увядание растений задерживало их рост, приводило к частичному опадению самых первых цветков и потере раннего урожая.

Для получения высокого и раннего урожая высаженные на грядку в конце апреля – первых числах мая томаты временно укрывали прозрачной полиэтиленовой пленкой до наступления теплой погоды, затем пленку убирали.

Гряды под томаты готовили за 5–6 дней до посадки. Прежде чем посадить рассаду, перекапывали, и обрабатывали почву раствором медного купороса или хлорокисью меди (1 столовая ложка на 10 л воды), расходуя до 1–1,5 л на 1 м². После этого внесли органические и немного минеральных удобрений (на глинистую и суглинистую почву на 1 м² грядки добавляют по 1 ведру навозного перегноя, торфа и древесных опилок, а также 2 столовые ложки су-

перфосфата, 1 столовую ложку сульфата калия или 2 стакана древесной золы).

Затем грядку перекапывали на глубину 25–30 см и выравнивали.

Рассаду сажали вертикально, углубляя в почву только почвенный горшочек. Стебель оставался не закрытым почвой, и только через 15 дней после приживания растения окучивали на высоту стебля до 12 см.

Рассаду сажали в 2 ряда. Для среднерослых сортов междурядья были 60 см, а расстояние между растениями 50 см. Для низкорослых (штамбовых) сортов междурядья – 50 см, расстояние между растениями – 30 см. Сразу же ставили колышки высотой 80 см.

Пока растения не приживались (8–10 дней после посадки), их не поливали. В первое время после посадки, особенно, если ожидался небольшие заморозки, они нуждались в дополнительном укрытии ночью.

Нами использовались стандартные методы отлова, учета и определения насекомых [3, 5].

Сборы насекомых проводились при помощи энтомологического сачка по методике В.Ф. Палий [6].

При отлове и учете крылатых тлей применялись методики Зыкина А.Г. Для этого использовали ловушки Мерике диаметром 24 см, высотой 8 см, дно и стенки чашки выкрашивали в ярко-желтый цвет на 4 см, которые устанавливали на площадке, свободной от пасленовых и растительности, рядом с пасленовым полем.

Через день содержимое ловушек сливали через марлю, затем отловленных крылатых тлей помещали во флакончики со спиртом, закрывали и этикетировали.

Численность хищных жуужелиц учитывали при помощи ловушек. Стекланные банки емкостью 0,5 л размещали по краям канавки на глубину 0,3 м. Осмотр проводили через 1–3 суток.

Видовой состав насекомых определяли при помощи определителя насекомых и подтверждали у специалистов отдела энтомофауны Казахского научно-исследовательского института защиты растений (КазНИИЗР, г. Алматы).

Показатель доминирующих видов высчитывался по формуле К.К. Фасулати [9]:

$$D = \frac{k \times 100}{K},$$

где K – сумма особей всех видов во всех пробах, k – сумма данного вида, 100 – сумма показателей доминирования всех сравниваемых видов.

Результаты исследования и их обсуждение

На основании стационарных исследований фауны насекомых, проведенных нами на плантациях томатов в Сарыагашском районе Южно-Казахстанской области, всего зарегистрирован 21 вид насекомых, принадлежащих к 5 отрядам и 13 семействам. Ниже приводится их полный перечень в таблице и диаграмме.

Анализ собранных и определенных насекомых на плантациях растений томатов показал, что наиболее многочисленным и разнообразным в видовом отношении является отряд жесткокрылых (жуки) – 48% от всех собранных насекомых.

Список насекомых, зарегистрированных на посадках томатов в Сарыагашском районе
Южно-Казахстанской области

I отряд	Coleoptera – жесткокрылые
п/отряд	Adephaga- плотоядные жуки
1. семейство	Carabidae – жужелицы 1. Carabus granulatus L. – жужелица зернистая 2. Carabus marginalis F. – жужелица окаймленная
2. семейство	Coccinellidae – божьих коровок 3. Adonia bipunctata L. – двухточечная коровка 4. Coccinella septempunctata L. – семиточечная
3. семейство	Tenebrionidae – чернотелки 5. Opatrum sabulosum L. – медляк песчаный 6. Pedinus femoralis L. – чернотелка кукурузная
4. семейство	Meloidae – нарывники 7. Mylabrus cineta Ols. – хлопковый нарывник
5. семейство	Curculionidae – долгоносики 8. Tanymecus palliatus Fabr. – серый долгоносик 9. Phytomonus transsylvonicus Petri. – люцерновый слоник
6. семейство	Chrysomelidae – жуки-листоеды 10. Leptinotarsa decemlineata – жук колорадский
II отряд	Hemiptera – полужесткокрылые
1. семейство	Miridae 11. Lygus gemellatus H-S – полынный клоп 12. Adelphocoris lineolatus Goeze. – люцерновый клоп
2. семейство	Pentotomidae 13. Dolycoris baccarum L. – ягодный клоп 14. Eurydema oleracea L. – рапсовый клоп
3. семейство	Nabidae 15. Nabis ferus L. – набис
III отряд	Homoptera – равнокрылые
п/отряд	Aphididae – тли
1. семейство	Aphididae 16. Myzus persicae Sulz. – персиковая 17. Aphis fabae Scop. – бобовая
п/отряд	Cicadinea – цикадовые
1. семейство	Cicadellidae – цикады 18. Hyalesthes obsoteius – цикадка вьюнковая. 19. Cicadella viridis L – цикада обыкновенная
IV отряд	Neuroptera – сетчатокрылые торканаттылар
1. семейство	Chrysopidae – златоглазки 20. Chrysopa perla Steph. – златоглазка обыкновенная
V отряд	Noctuidae – чешуекрылые
1. семейство	21. Heliothis armigera – хлопковая совка

Из семейства чернотелок наиболее часто встречался вид – *Opatrum sabulosum* L. – медляк песчаный, а остальные виды встречались в единичных экземплярах, семейство долгоносиков представлено двумя видами.

Среди семейства нарывников встречался один вид – *Mylabrus cineta* Ols. – хлопковый нарывник, а также семейство жуков-листоедов представлено одним видом – *Leptinotarsa decemlineata* – жук колорадский.

Второе место среди насекомых принадлежит видам отряда полужесткокрылые (клопы), которые составили 24% от общего количества исследованной фауны насекомых.

В наших исследованиях на посадках томатов обнаружено 5 видов клопов, относящихся к 3 семействам.

Семейство Miridae представлено 2 видами – *Lygus gemellatus* H-S – полынный клоп и *Adelphocoris lineolatus* Goeze – люцерновый клоп. Семейство Pentotomidae представляют – *Dolycoris baccarum* L. – ягодный клоп и *Eurydema oleracea* L. – рапсовый клоп. Семейство Nabidae представлено видом – *Nabis ferus* L. – набис.

Отряд равнокрылых представляет особый интерес для семеноводства пасленовых, как переносчик многих вирусных заболеваний.

В условиях Сарыагашского района на посевах томатов нами обнаружено 2 вида тлей, которые составляют 10% от выявленных насекомых и являются постоянными представителями агробиоценоза, среди них: персиковая – 45%, бобовая – 55%.

В условиях Сарыагашского района на посевах томатов нами также обнаружено 5 видов клопов.

Из семейства Цикадовые нами зарегистрировано 2 вида – цикадка выюньковая и цикада обыкновенная.

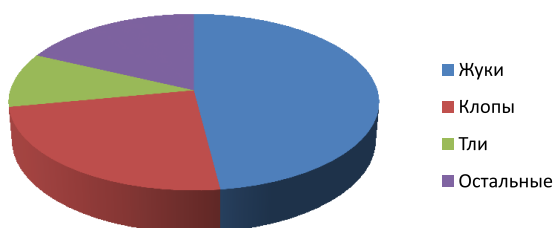


Диаграмма. Основная фауна насекомых отловленных на томатных плантациях Сарыагашского района ЮКО

Отряд сетчатокрылых представлен 1 видом – златоглазка обыкновенная.

Отряд чешуекрылые представлен 1 видом – хлопковая совка.

Отряд равнокрылых – Homoptera – представляет особый интерес для семеноводства пасленовых, как переносчик многих вирусных заболеваний.

Выводы

В Казахстане наиболее крупным регионом по выращиванию томатов является Южно-Казахстанская область, а наиболее перспективным для развития раннего овощеводства – Сарыагашский район.

Теплое и сухое лето позволяет получать урожаи этой культуры в ранние сроки.

Однако для получения высоких урожаев томатов необходимо качественное улучшение системы мероприятий по защите этих растений от болезней и вредителей.

Многочисленными исследованиями в нашей стране и за рубежом доказано,

что особенно большой вред томатам наносят различные насекомые-вредители.

Наши исследования по изучению вредителей томатов Сарыагашского района Южного Казахстана позволили сделать следующие выводы:

1) изучение видового состава энтомофауны растений томатов показало, что растения томатов заселяются 21 видом насекомых, относящихся к 5 отрядам;

2) анализ собранных и определенных насекомых на плантациях растений томатов показал, что наиболее многочисленным и разнообразным в видовом отношении является отряд жесткокрылых (жуки) – 48% от всех собранных насекомых, второе место принадлежит видам отряда – полужесткокрылые (клопы), которые составили 24%, 2 вида тлей составили 10% от выявленных насекомых и являются постоянными представителями агробиоценоза, среди них: персиковая – 45%, бобовая – 55%.

3) для снижения численности и вредоносности вредителей томатов требуется постоянный мониторинг и прогноз численности вредителей.

Список литературы

1. Алиханова А.У., Оспанова Г.С., Бозшатаева Г.Т., Турбаева Г.К. Динамика численности персиковой тли на посадках томатов в Южно-Казахстанской области // Международный журнал экспериментального образования. – Куба, 2015. – № 3 (часть 1). – С. 105–108.
2. Власов Ю.И., Теплоухова Т.Н., Сейидов Б. Новое вирусное заболевание томатов в СНГ – хлоротическая курчавость листьев. II Всероссийский съезд по защите растений. Тезисы докладов. – СПб., 1995. – С. 38–39.
3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Колос, 1999. – С. 179–372.
4. Манукян З.С., Терлемезян Г.Л. Главнейшие сосущие вредители томата и усовершенствование химических мер борьбы с ними. Информационный листок АрмНИИТИ, 1707, 19846.
5. Негроров О.П. Определитель семейств насекомых / О.П. Негроров, Ю.И. Черненко. – Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 1990. – 184 с.
6. Палий В.Ф. Методика изучения фауны и фенологии насекомых. – Воронеж: Центр. чернозем. книжное издательство, 2000. – 190 с.
7. Постановление правительства РК «Об утверждении программы «Развития регионов» от 26.07.2011 г.
8. Сейидов Б. Обоснование мер борьбы с вирусным заболеванием томата – хлоротической курчавостью листьев // Актуальные проблемы фитовирусологии и защиты растений. Материалы научной конференции. – Минск, ПКФ «Экаунт», 1997. – С. 39–40.
9. Фасулати К.К. Полевое изучение наземных беспозвоночных. – М: Высшая школа, 2-е изд., 1991. – С. 234–246.

УДК 660.60

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЭКСТРАКТОВ ИЗ РАСТЕНИЙ СЕМЕЙСТВА АМАРАНТОВЫХ

Уажанова Р.У., Оспанов А., Казбекова А.

АО «Алматинский технологический университет», Алматы, e-mail: raushan_u67@mail.ru

Проведен анализ производства новых настоек горьких с использованием экстрактов, полученных из возобновляемых сырьевых ресурсов – листьев и ветвей (стеблей) растений семейства Амарантовых. При сравнении содержания экстрактивных веществ, полученных водно-спиртовыми извлечениями, отмечено, что наилучший результат для экстрактов из корней амаранта наблюдали при использовании 60% водно-спиртовой смеси, из ветвей – 60% и листьев – 65%. Для определения рациональных условий внесения экстрактов из возобновляемых органов растений семейства Амарантовые в настойки горькие нами была проведена оценка потребительских предпочтений. По результатам анализа установлено, что напитки серии «Алатау» обладают оригинальными органолептическими характеристиками, качественными физико-химическими показателями и отличаются присутствием в них биологически активных веществ и могут представлять интерес в медицинской области как общеукрепляющее и лечебно-профилактическое средство.

Ключевые слова: настойка горькая, семейство Амарантовых, экстракты из корней амаранта, физико-химические показатели

PHYSICAL AND CHEMICAL CHARACTERISTIC OF EXTRACTS FROM PLANTS OF AMARANTOV FAMILY

Uazhanova R.U., Ospanov A., Kazbekova A.

JS «Almaty technological university», Almaty, e-mail: raushan_u67@mail.ru

The analysis of production of new bitters with use of the extracts received from renewable raw material resources – leaves and branches (stalks) of plants of family amarantovy is carried out. When comparing the content of the extractive substances received by aqueous-alcoholic extraction it is noted that the best result for extracts from roots of an amaranth observed when using 60% of aqueous-alcoholic mix, from branches of 60% and leaves – 65%. For definition of rational conditions of introduction of extracts from renewable bodies of plants of family of Amarantove in bitters we carried out an assessment of consumer preferences. By results of the analysis it is established that drinks of the Ala Tau series possess original organoleptic characteristics, quality physical and chemical indicators and differ in presence at them of biologically active agents and can be of interest in medical area as the all-strengthening and treatment-and-prophylactic action.

Keywords: bitters, family amarantov, extracts from amaranth roots, physical and chemical indicators

Одним из значительных сегментов лечебных препаратов является сегмент горьких настоек. Сырьевые ресурсы Казахстана богаты многообразием видов дикорастущих растений, многие из которых обладают ярко выраженным физиологическим действием на организм человека. Препараты из растений семейства амарантовых являются адаптогенами, то есть повышают сопротивляемость организма к неблагоприятным воздействиям. В настоящее время с их использованием выпускают пищевые продукты и др. Однако для получения этих продуктов используют в основном семена и стебли растений, а корни – органы, являющиеся возобновляемым сырьем, – не применяются [5].

Целью исследования явилась физико-химическая характеристика горьких напитков с использованием экстрактов из различных органов растений семейства Амарантовых (amarantaceae).

В соответствии с целью решали следующие задачи:

– обосновать использование растений семейства Амарантовые (метельчатые)

в производстве горьких настоек в виде водно-спиртовых экстрактов из возобновляемых органов (листьев, ветвей или стеблей) и оценить показатели безопасности и качества новых изделий.

Одним из важнейших сегментов казахстанского рынка напитков являются прежде всего, водка, виски, коньяк, бренди, настойки горькие и другие напитки [1].

В последнее время в сегменте медицинских напитков лечебного характера наметилась тенденция к горьким настойкам [3]. Этому способствует и общая тенденция изменения потребительских предпочтений. Потребители уже меньше интересуются водкой и часто выбирают продукцию рода.

Учитывая то, что иностранные производители раньше отечественных начали продвигаться в сегменте настоек, на сегодняшний день при выборе горьких напитков покупатели отдают предпочтение импортной продукции [9].

Импортная продукция категории дистиллированных напитков – это статусная продукция, ее отличает свойственная экс-

клюзивная бутылка, эффектное внешнее оформление. Все эти атрибуты увеличивают цену продукта многократно. Поэтому эксперты считают, что популярность зарубежных спиртных напитков носит временный характер [3, 10].

Учитывая потребительский спрос, отечественные производители активно внедряют новую продукцию, отвечающую высоким требованиям [2, 13]. У потребителей возник интерес к отечественным настойкам горьким и появилась «мода» на этот продукт [6, 7].

Сегодняшние покупатели предпочитают употреблять продукцию без красителей и ароматизаторов, произведенную на основе натурального сырья [11, 12]. Поэтому основная доля производителей использует натуральные, природные компоненты, часто – местного происхождения. На сегодняшний день при выборе настоек потребитель может получить отечественный натуральный продукт за сравнительно небольшую цену. Однако введение натуральных компонентов обуславливает ограниченный срок хранения настоек и небольшие объемы их производства.

Несмотря на сложившиеся предпочтения, производители расширяют ассортимент настоек, используя новые виды растительного сырья, придающие напиткам оригинальные вкусы. В качестве таких натуральных ингредиентов используют полынь, чернослив, вишневые веточки, корень васоби, имбирь и другие компоненты [8].

Следует отметить, что в пищевых продуктах используются преимущественно экстракты из корней растений. Использование других органов растений – ветвей, листьев – единичное (можно отметить использование листьев элеутерококка в фиточаях). Листья и ветви являются возобновляемым растительным сырьем, и их применение является экологически более выгодным, чем традиционное использование корней растений. Листья и ветви (стебли) удобнее собирать. Если отрывать листья с нижних участков растения – оно будет меньше травмироваться.

На основании вышеизложенного следует, что использование дикорастущих растений семейства в горьких напитках перспективно, это позволяет не только повысить биологическую ценность напитков, обогатив их биологически активными веществами, но и сформировать новые качественные признаки – органолептические и физико-химиче-

ские показатели готовых продуктов. Напитки, в составе которых будут использованы экстракты из возобновляемого растительного сырья, могут расширить ассортимент доступных и оригинальных настоек горьких.

Растение амарант относится к семейству амарантовых или псевдозлаковых и представляет собой разновидность травянистого растения.

Амарант является растением быстрого роста с особым типом фотосинтеза C_4 , который позволяет высокоэффективно использовать солнечную радиацию и влагу, чем обеспечивает наиболее рациональное использование почвенно-климатических условий [15]. Листья крупные, продолговато-эллиптические, с длинными черешками, клиновидные у основания и острые к верхушке. Соцветие амаранта – полуметровая метелка разной формы и плотности. Семена мелкие, масса 1000 семян – 0,45–0,9 г. Одним из основных преимуществ семян амаранта перед другими традиционными культурами является высокое содержание легкоусвояемого белка (16–20%) со сбалансированным соотношением аминокислот и масла (6–8%), с высокой концентрацией ненасыщенных жирных кислот, содержащих биологически активные компоненты: жирорастворимые витамины, фитостеролы, антиоксиданты, сквален.

Особенностью семян амаранта является высокое содержание крахмала (до 69%), отличающегося по своей структуре и свойствам от крахмала зерновых культур, кукурузы и риса. Данные зарубежных авторов [16] приведены в табл. 1, отечественных – в табл. 2 [17].

В США, Мексике и Перу амарант выращивается на зерно, которое затем подвергается переработке на муку, крупу; перерабатывают на спирт. Из семян амаранта приготавливаются десятки полезных и вкусных продуктов для детей и людей, нуждающихся в соблюдении диеты [17]. Надземная часть амаранта, обладающая антибактериальным действием, используется в виде отваров для лечения простудных заболеваний [15].

Это растение поможет при недержании мочи у детей, воспалительных процессах мочеполовой системы, анемии, авитаминозе, диабете, ожирении, неврозах, атеросклерозе и других болезнях. В настоящее время выявлено, что антибактериальное и антимикотическое действие амаранта связано с присутствием в семенах низкомолекулярного белка, подавляющего рост бактерий.

Таблица 1

Сравнительный химический состав семян амаранта и других зерновых культур (зарубежной селекции)

Показатели. %	Амарант	Пшеница	Зерно риса	Кукуруза
Жир	7,6	2,0	2,2	4,5
Белок	15,5	14,0	8,5	10,3
Крахмал	64,5	60,0	66,0	71,0
Клетчатка	3,2	1,9	1,4	1,4
Энергия, ккал/° 100 г	476	375	404	418

Таблица 2

Сравнительный химический состав семян амаранта и других зерновых культур (отечественной селекции)

Показатели, % сухого вещества	Амарант	Пшеница	Кукуруза
Сырой белок	18,2–19,6	9,6–17,0	10,0–11,5
Сырой жир	8,0–8,6	1,0–3,0	4,4–5,5
Сырая клетчатка	3,5–5,5	2,5–3,0	2,0–9,2
Углеводы	65,0–71,0	72,0–85,0	78,3–93,0

Таблица 3

Содержание витаминов в зерне различных культур (мг/100 г)

Компоненты	Амарант	Пшеница	Рис(зерно)	Овес
Тиамин	0,10	0,54	0,34	0,67
Рибофлавин	0,21	0,12	0,07	0,13
Ниацин	1,31	4,19	4,00	1,78
Фитин	0,57	1,14	0,89	0,78–1,01

Учитывая высокую питательность зеленой массы амаранта, следует отметить также, что для этой культуры характерно повышенное содержание рутина, который является фактом растительного происхождения.

Хотя амарант и не входит в фармакопеи РФ и РК, существуют примеры его использования в народной медицине различных стран в качестве противовоспалительного, кровоостанавливающего, мочегонного, антибактериального средства, для лечения сифилиса и рака [16].

Фармакологические свойства амаранта явились основанием для изучения его применения в терапевтических целях.

Экстракты их корней, ветвей и листьев – это разные по физико-химическому составу субстанции, кроме того, они имеют разные органолептические характеристики.

При внесении растительных основ в крепкие алкогольные напитки, они дополнительно обогащаются биологически активными веществами, органическими кислотами, биофлавоноидами, витаминами, растворимыми пектинами. Главным ориентиром при производстве настоек остается натуральность используемых ингредиентов.

В качестве объектов исследований были использованы экстракты спиртовые из различных органов растений семейства амарантовые (amarantaceae): корни, ветви, стебли, листья. При заготовке сырья – корней, ветвей и листьев использовали лишь 5–10-летние экземпляры растений.

В качестве вспомогательных компонентов при приготовлении напитков были использованы спирт этиловый ректификованный из пищевого сырья «Люкс», соответствующий СТ РК 031856-2000 (ТОО «Алиби»); мед натуральный, соответствующий ГОСТ 19792 (закуплен у частных лиц, Алматинская область, Казахстан); вода питьевая, соответствующая ТР ТС 021/2011; полуфабрикаты – морс шиповника и настой листьев смородины.

Предметом исследования явились разработанные новые настойки горькие «Алатау».

Определение показателей качества сырья и готовых настоек горьких проводили согласно действующей нормативной документации. Определение физико-химических показателей спирта этилового ректификованного проводилось согласно ГОСТ Р 52473-2005, ГОСТ 3639-74, ГОСТ 51698-

2000. Определение показателей качества готовых настоек – физико-химических и органолептических характеристик – проводили по ГОСТ 51135-98, ГОСТ 52522-2006. Определение ртути – по ГОСТ 26927-86. Определение свинца – по ГОСТ 26932-86. Определение безопасности и пищевой ценности сырья и готовых продуктов проводили согласно ТР ТС 021/2011.

Органолептическую оценку образцов напитков в эксперименте осуществляли по десятибалльной шкале с установлением органолептических профилей и дескрипторов общепринятыми методами. Образцы продукции представляли на дегустацию. Количественное определение суммы флавоноидов проводили согласно ГОСТ 21908-93, определение содержания экстрактивных веществ в отдельных органах растений, содержание классов флавоноидов в растительных экстрактах определяли методом высокоэффективной жидкостной хроматографии, исследование состояние антиоксидантной системы определяли по активности ферментов. Для изготовления экстрактов, содержащих наибольшую концентрацию биологически активных веществ, были использованы разные водно-спиртовые смеси и разные органы растений семейства амарантовых: корни, листья и ветви (или стебли). Одним из основных методов получения биологически активных веществ из природных растительных источников является экстрагирование.

Для определения оптимального соотношения этанола и воды к смеси для экстрагирования биологически активных веществ амаранта были проведены эксперименты – получены экстракты амаранта с использованием разных концентраций этанола (растворы 40%, 50%, 60%, и 70% спирта). Количество экстрагированных веществ при разных концентрациях комбинированных растворов оказалось существенно различным. Данные исследований приведены в табл. 4.

При сравнении показателей экстрагированных веществ, полученных водно-спиртовыми извлечениями, отмечено, что наилучший результат для экстрактов из корней амаранта наблюдали при использовании 60%-й водно-спиртовой смеси, из ветвей и листьев – 70%-й водно-спиртовой смеси (рис. 1).

Биологически активные вещества 60–70% этанолом при разном времени, в диапазоне от 2 до 10 суток. Исследования показали, что содержание экстрактивных веществ в экстрактах было максимальным через 7–9 суток (рис. 2–4).

В полученных экстрактах отдельных органов амаранта проводили исследование биологически активных веществ. Для амаранта это флавоноиды (табл. 5).

На основании проведенной работы было обосновано использование растительного сырья и получены экстракты из корней, листьев и ветвей (стеблей) растений семейства амарантовых. Все виды экстрактов показали высокую биологическую активность. Это дает возможность использовать экстракты из возобновляемых частей растений – ветвей (стеблей) и листьев при приготовлении горьких напитков, наряду с экстрактами из корней, более известных и применяемых в алкогольной промышленности.

Для определения рациональных условий внесения экстрактов из возобновляемых органов растений семейства Амарантовых в крепкие алкогольные напитки нами была проведена оценка потребительских предпочтений.

В процессе исследования алкогольных напитков с растительными экстрактами особое внимание было уделено изучению физико-химических и органолептических характеристик, при этом продукты оценивали по потребительским свойствам.

По содержанию токсичных элементов настойка горькая соответствовала требованиям Единых санитарно-эпидемиологических и гигиенических требований. Данные представлены в табл. 7.

Таблица 4

Содержание экстрагированных веществ (в %) в экстрактах, полученных из органов амаранта при использовании разных концентраций водно-спиртовой смеси

Амарант	Экстрагент			
	40%	50%	60%	70%
Корни	1,345 ± 0,08	1,498 ± 0,05	1,540 ± 0,06	1,401 ± 0,09
Ветви	0,628 ± 0,10	0,509 ± 0,05	0,539 ± 0,07	0,673 ± 0,08
Листья	0,48 ± 0,05	0,590 ± 0,07	0,779 ± 0,08	1,00 ± 0,10

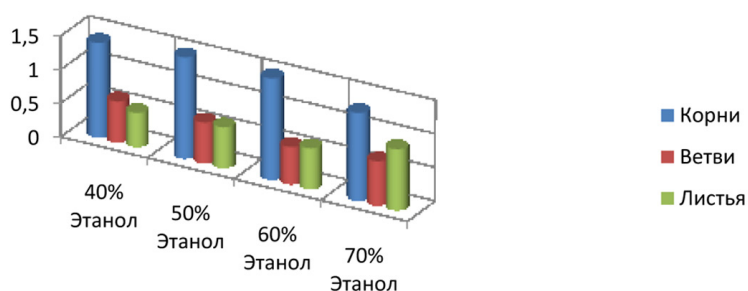


Рис. 1. Сравнительная характеристика показателей экстрагируемых веществ из органов амаранта при разных концентрациях водно-спиртовых растворов (в %)



Рис. 2. Динамика извлечения экстрактивных веществ 60%-м этанолом из корней амаранта

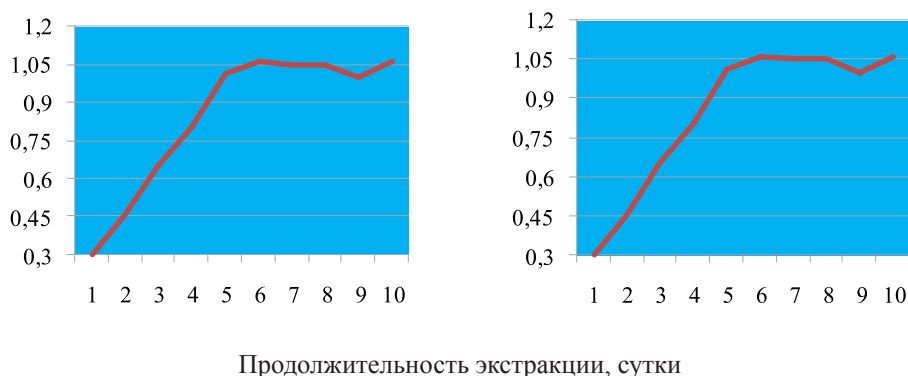


Рис. 3. Динамика извлечения экстрактивных веществ 70%-м этанолом из листьев амаранта

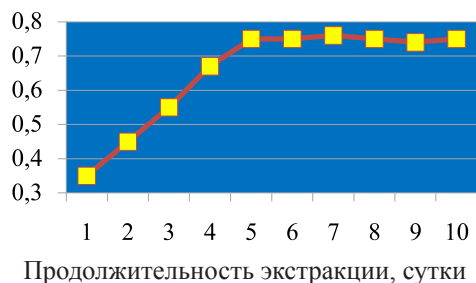


Рис. 4. Динамика извлечения экстрактивных веществ 70%-м этанолом из ветвей амаранта

При исследовании биологически активных веществ новых алкогольных напитков – настоек горьких «Алатау» – методами

качественного анализа было показано, что они содержат флавоноиды. Общее количество флавоноидов в настойке с экстрактом из амаранта – 0,288 мг/100 мл.

Таблица 5
Содержание флавоноидов в экстрактах из различных органов амаранта

Показатель	Органы амаранта		
	Корни	Ветви	Листья
Флавоноиды (мг/100 мл)	50,00	24,01	61,02

Таблица 6

Физико-химические показатели «Алатау»

Наименование показателя	Показатель СТ РК 0315262-2006	Показатель в на- стойках горьких
Крепость, %	30–60	35,0 ± 0,8
Массовая концентрация общего экстракта, г/100 см ³	0–3,5	1,7 ± 0,2
Цветность «Д» по ФЭК: при λ = 440 при S = 3 мм, не менее		0,25–0,38

Таблица 7

Показатели токсичных элементов в настойках горьких

Наименование вещества (элемента)	Допустимый уровень его содержания, мг/л, не более	Показатель в напитках
Токсичные элементы	Свинец	0,3
	Мышьяк	0,2
	Кадмий	0,03
	Ртуть	0,005
		отсутствует

Было показано, что для производства новых алкогольных напитков – настоек горьких – рационально использовать экстракты, полученные из возобновляемых сырьевых ресурсов – листьев и ветвей (стеблей) растений семейства амарантовые. При сравнении содержания экстрактивных веществ, полученных водно-спиртовыми извлечениями, отмечено, что наилучший результат для экстрактов из корней амаранта наблюдали при использовании 60%-й водно-спиртовой смеси, из ветвей – 60 % и листьев – 65 %.

Для определения рациональных условий внесения экстрактов из возобновляемых органов растений семейства Амарантовых в настойки горькие нами была проведена оценка потребительских предпочтений. По результатам анализа установлено, что напитки с экстрактами из ветвей (стеблей) растений обладали приемлемыми органолептическими показателями, наиболее предпочтительными оказались напитки с концентрацией экстрактов из ветвей (стеблей) 12 мл на 1 литр.

При изготовлении настоек горьких серии «Алатау» нами использовались экстракты из ветвей (стеблей) амаранта. Готовые напитки – настойки горькие, обладают оригинальными органолептическими характеристиками, качественными физико-химическими показателями и отличаются присутствием в них биологически активных веществ и могут представлять интерес в медицинской области как общеукрепляющее и лечебно-профилактическое действие.

Список литературы

1. Анализ рынка водки и ликеро-водочных изделий в России в 2006–2010 годах, прогноз на 2011–2015 годы. / Маркетинговое исследование компании «БизнесСтар». – М.: БизнесСтар, 2011. – 136 с.
2. Барчук Т.Н. Анализ и планирование закупок и реализации сельскохозяйственных продуктов и сырья: лекция. – М.: «Издательско-книготорговый центр «Маркетинг»»: МУПК, 2002. – 40 с.
3. Деревлева Е. Рынок водки: по своим правилам / Е. Деревлева // Продвижение продовольствия. Prod&Prod. – 2012. – № 7. – С. 10–11.
4. Дробиз В. Грустно как-то. (заметки дежурного по алкогольному рынку) / В. Дробиз // Центр исследований федерального и региональных рынков алкоголя. – 2013.
5. Заирний Д. Основные тенденции в развитии внутреннего рынка алкогольной продукции в Российской Федерации / Д. Заирний // Региональная экономика. – 2008. – № 4. – С. 15–18.
6. Итоги работы предприятий пищевой и перерабатывающей промышленности России. – М.: Пищевая промышленность, 2011. – С. 6.
7. Крупнейшие производители водки в России / Росстат // Коммерсантъ. – 2011. – № 7. – С. 8.
8. Кузнецова М.А. Лекарственное растительное сырье и препараты: Справочное пособие. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1987. – 191 с.
9. Левкин С. Украинская водка в России / С. Левкин // Газета «Взгляд». – 2005. – № 3. – С. 5–6.
10. Обзор российского рынка крепких алкогольных напитков / Маркетинговые исследования рекламно-маркетингового агентства «Маркетинг Революшен». – Пенза: Маркетинг Революшен, 2011. – 40 с.
11. Пахомова Т. Рынок ингредиентов: проблема выбора // Спиртные напитки и пиво. – 2009. – № 1. – С. 24.
12. Филонова Г.Л. Научно-практические аспекты в технологии слабоалкогольных напитков // Пиво и напитки. – 2005. – № 1. – С. 38.
13. Хмельницкий В. Обзор мирового рынка водки / В. Хмельницкий // Современная торговля. – 2007. – № 8. – С. 10–11.
14. Чумак А. Российский рынок горьких настоек / А. Чумак // Спиртные напитки и пиво. – 2010. – № 11. – С. 20.
15. Abdi N., Sahib M. Protein fractions and their amido acid content in amarath // J. Food Sci. Tech. – 1976. – № 13. – P. 257.
16. Fernando T., Bean G. Fatty acids and sterols of amaranthus tricolor L // Food Chem. – 1984. – № 15. – P. 223–237.
17. Colmenares de Ruiz A. Effect of germinations on the chemical composition and nutritive value of amaranth // Gereal Chem. – 1990. – № 31. – P. 418–422.

УДК 622.765

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ РЕАГЕННЫХ РЕЖИМОВ ФЛОТАЦИИ УГЛЕЙ¹Гришин И.А., ²Князбаев Ж.С.¹ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»,
Магнитогорск, e-mail: igorgri@mail.ru;²ОАО «Донской горно-обогатительный комбинат»

В данной работе представлен анализ мировых топливно-энергетических ресурсов. Показано, что наблюдаемое в настоящее время увеличение объемов добычи угля способствует ухудшению качества угольных концентратов. Установлено, что увеличение содержания мелочи в добываемых углях позволяет считать флотацию наиболее перспективным методом обогащения угольных шламов. Указаны основные флотационные реагенты, используемые на углеобогатительных фабриках России. Рассмотрено влияние различных аполярных и гетерополярных реагентов на качественно-количественные показатели флотации и механизм их действия. Показано, что использование комплексных флотореагентов позволяет интенсифицировать процесс флотации углей. Помимо этого, указано, что применение реагентов-модификаторов, как органического, так и неорганического происхождения является перспективным направлением повышения селективности флотационного обогащения угольных шламов.

Ключевые слова: флотация, реагентный режим, флотационные реагенты, собиратели, пенообразователи, комплексные реагенты, реагенты-модификаторы, выход концентрата, зольность, извлечение горючей массы в концентрат

MAIN DIRECTIONS OF IMPROVEMENT OF THE REAGENCY MODES OF FLOTATION OF COALS¹Grishin I.A., ²Knyazbayev Z.S.¹FGBOU VPO «Nosov Magnitogorsk State Technical University», Magnitogorsk, e-mail: igorgri@mail.ru;²OAO «Don Mining and Processing Works»

In this work the analysis of world fuel and energy resources is submitted. It is shown that the increase in volumes of coal mining observed now, promotes deterioration of coal concentrates. It is established that the increase the maintenance of a trifle in the extracted coals allows to consider flotation the most perspective method of enrichment of coal slimes. The main floatation reagents used at coal preparation factories of Russia are specified. Influence various the apolyarnykh and heteropolar reagents on qualitative quantitative indices of flotation and the mechanism of their action is considered. It is shown that use of complex flotoreagent allows to intensify process of flotation of coals. In addition, it is specified that use of reagents – modifiers, both organic, and an inorganic origin is the perspective direction of increase of selectivity of floatation enrichment of coal slimes.

Keywords: flotation, the reagent mode, floatation reagents, collectors, frothers, complex reagents, reagents modifiers, a concentrate exit, an ash-content, extraction of combustible weight in a concentrate

Среди геологических топливно-энергетических ресурсов, совокупный объем которых оценивается в 6,3 трлн тонн условного топлива (т.у.т.), самые крупные запасы в мире принадлежат твердому топливу, которые составляют 3971 млрд т.у.т. Для нефти и газа характерна средняя степень обеспеченности – 788 млрд и 851 млрд т.у.т. соответственно.

В связи с этим важно обратить особое внимание на такой энергетический ресурс, как уголь. Результаты прогнозных исследований предполагают возрастание ежегодных мировых объемов добычи угля в течение ближайших лет на 0,2–0,3 млрд т. В настоящее время спрос на уголь возрастает на 2% в год. Предполагаемый объем годовой добычи угля к 2020 г. – 8,5–8,8 млрд т [9].

В рамках реализации энергетической стратегии России в январе 2012 года правительством Российской Федерации была

утверждена «Долгосрочная программа развития угольной отрасли на период до 2030 г.», которая предусматривает увеличение объемов добычи угля до 430 млн т.

Однако с повышением объемов добычи, внедрением на шахтах механизированных систем и гидродобычи содержание мелких классов и уровень зольности в рядовых углях увеличиваются, что приводит к значительному ухудшению качества угольных концентратов. Повышение качества угольного сырья на современном этапе возможно только с применением методов обогащения. В мировой практике на сегодняшний день единственным эффективным методом обогащения тонких шламов остается флотация. Совершенствование технико-экономических показателей флотации углей во многом определяется применяемым реагентным режимом.

В настоящее время исследования флотационного процесса направлены на созда-

ние реагентных режимов, обеспечивающих максимальное извлечение горючей массы в концентрат при одновременном уменьшении его зольности. Одним из определяющих факторов, обеспечивающих полноту извлечения органической массы угля при пенной флотации и себестоимость концентрата, является состав флотационных реагентов, а также их доступность на рынке и приемлемая стоимость.

В настоящее время в России в качестве флотационных реагентов используются в основном полупродукты нефтепереработки и отходы нефтехимии. В качестве собирателей применяются апольярные реагенты: дизельное топливо, керосин, термогазойль, топливо ТС-1, в качестве пенообразователей – гетерополярные: Т-80, КОБС, КЭТ-ГОЛ, ВПП.

Изучение влияния фракций газойля и нефти на гидрофобизацию поверхности угольных и породных частиц с последующим их извлечением методом флотации показало, что при одинаковой концентрации фракций с увеличением их температуры кипения до определенного момента увеличиваются и их собирательные свойства. Использование узких фракций апольярного реагента газойля, выкипающих в интервале 180–260 °С, позволяет повысить селективность процесса флотации Кузнецких углей. При этом выход угольного концентрата повышается в среднем на 0,9–2,5% при снижении его зольности и увеличении зольности отходов [3].

Апольярные реагенты повышают эффективность флотации крупных и зернистых угольных шламов размером 0,5 мм за счет увеличения скорости прилипания и прочности закрепления частиц к пузырьку воздуха. При флотации тонких шламов действие апольярных реагентов заключается в основном в образовании в пульпе агрегатов за счет гидрофобной флокуляции. С уменьшением крупности флотируемых частиц нет необходимости увеличения прочности контакта, наоборот, должны применяться реагенты, которые способны к селективной адсорбции, обладают гетерополярным строением и обеспечивают за счет гидрофобного радикала уменьшение гидратированности поверхности.

Наличие гетерополярного реагента приводит к иному механизму закрепления апольярного реагента на окисленных и минерализованных поверхностях угольных частиц. Вначале с поверхностью взаимодействуют молекулы гетерополярного реагента, распо-

лагаясь своей активной полярной группой на поверхности и ориентируясь апольярной ветвью в сторону воды, затем по апольярным концам гетерополярных молекул закрепляется апольярный реагент. Таким образом, одновременное применение апольярных и гетерополярных реагентов позволяет повысить эффективность флотации [10].

В связи с этим перспективным направлением повышения эффективности флотации является совместное использование апольярных реагентов и полимерных флокулянтов при флотации тонких угольных шламов. При предварительной обработке флокулянт происходит увеличение размера флокул, взаимодействующих с собирателем. В результате увеличивается выход угольных частиц в концентрат и извлечение горючей массы в концентрат. Таким образом, полимерные флокулянты способствуют более полному извлечению угольных частиц. Однако, увеличение концентрации флокулянта приводит к ухудшению показателей флотации за счет образования флокул избыточного размера и гидрофилизации поверхности [7].

Использование для флотации тонких угольных шламов в качестве вспенивателя продуктов модификации реагента ОПСБ, являющегося смесью бутиловых эфиров пропиленгликолей, а в качестве собирателя – газойля, позволяет добиться увеличения выхода концентрата и зольности отходов при уменьшении зольности концентрата. Содержащиеся в данном вспенивателе эфиры, способны в воде и углеводородах образовывать циклические структуры с подвижным гидроксилом, которые могут участвовать как в донорном, так и акцепторном взаимодействии с активными центрами твердых частиц и воздушного пузырька [8].

В настоящее время, помимо традиционных собирателей и пенообразователей, для флотационного обогащения углей используют комплексные флотореагенты. Так, применение в качестве реагента-собирателя композиции на основе легкого газойля каталитического крекинга (ЛГКК) и кубового остатка ректификации стирола (КОРС) при флотации высокзольных углей позволяет повысить эффективность флотации по сравнению с традиционным дизельным топливом – выход концентрата в среднем выше на 8%, а его зольность ниже на 3%. Ввиду высокого содержания аллилзамещенных ароматических структур, а также наличия в составе КОРСа конденсированных ароматических соединений, обладающих по-

вышенной энергией адсорбции на угольной поверхности за счет р-электронов кратных углерод-углеродных связей, происходит улучшение гидрофобизации угольных зерен. КОРС, не содержащий ЛГКК, характеризуется минимальной эффективностью, что обусловлено отсутствием парафиновых углеводородов, наличие которых в составе реагента необходимо для адсорбции на соответствующих неполярных центрах угольной поверхности [6].

Проведенные полупромышленные испытания на углеобогащательной фабрике ОАО «ЕВРАЗ-ЗСМК» углей Кузнецкого бассейна различных марок с использованием флотореагентов КРС марки «А» и флотореагентов Unicol™ марок «С» и «F» показали, что выход концентрата увеличивается с 67,55 до 87,09%, извлечение ценного компонента – с 72,97 до 93,94% при одновременном снижении зольности до 6,44% [5].

Совершенствование реагентных режимов флотации возможно, в частности, на основе использования реагентов-модификаторов угольной поверхности, которые позволяют интенсифицировать процесс флотации, причем не только за счет повышения извлечения ценного компонента в концентрат, но и благодаря сокращению времени флотации. В качестве модификаторов в настоящее время в процесс флотации вовлекаются новые, более эффективные, дешевые и селективно действующие химические соединения.

Для повышения эффективности реагентов-собирателей, традиционно используемых для флотации угля в Кузбассе, были исследованы химические добавки DASF различных модификаций AP – 1÷AP-6 в зависимости от количества активных ингредиентов. Так, использование добавки AP-6 совместно с газойлем каталитического крекинга и коксования на ЦОФ «Березовская» позволило получить менее обводненную и легко разрушаемую пену, при этом выход флотоконцентрата увеличился на 0,7%, расход реагента-собиателя уменьшился на 1054,5 г/т, снизилась влажность осадка фильтра на 1,5–2%, и, помимо этого, стал возможен отказ от реагента-вспенивателя [11].

Использование сложных эфиров изомерного строения в качестве реагентов-модификаторов также позволяет повысить селективность флотации газовых углей, при этом наиболее эффективным является изоамилизобутират, использование которого совместно с ВКП позволяет повысить выход концентрата на 3,15% (кузнецкий

уголь) и 2,79% (донецкий уголь) и снизить зольность концентрата на 1,60% и 1,45% по сравнению с индивидуальным использованием реагента ВКП. Наличие изомерии в структуре сложных эфиров способствует увеличению специфической компоненты межмолекулярного взаимодействия их молекул с угольными частицами, что создаёт возможность специфического закрепления энергетически активного водорода на отрицательных сорбционных центрах угольной поверхности [2, 14, 18].

Наряду с использованием в качестве реагентов-модификаторов органических соединений, возможно применение и неорганических солей. Так, введение в качестве модифицирующих добавок неорганических соединений в сравнительно малых концентрациях во флотационную пульпу до подачи в нее основных флотационных реагентов (собиателя и пенообразователя), обеспечивающее изменение гидратированности поверхности и агрегативного состояния суспензии, изменяет флотационные свойства угольных и минеральных частиц в желаемом направлении, что позволяет значительно повысить селективность процесса [1, 16].

В ряде работ были выдвинуты положения о механизме собирательного действия солей на гидрофобные минералы. Положения эти сводятся к совокупному действию ряда факторов: к пенообразованию в растворах солей, изменению полного электрохимического потенциала поверхности твердой фазы и к изменению строения водных пленок вокруг частиц в результате конкурентного действия ионов солей [12, 16, 17].

В частности, отмечено, что наличие в жидкой фазе водо-угольных суспензий хлоридов, сульфатов, гидрокарбонатов калия, натрия, хлоридов и сульфатов кальция и магния положительно влияет на флотиремость углей, позволяет повысить выход концентрата и его качество, что особенно проявляется в случае труднообогащаемых углей [17].

Исследование флотации кузнецких и донецких газовых углей с применением в качестве реагентов-модификаторов сульфатов алюминия, магния и железа в сочетании с реагентом ВКП свидетельствуют об увеличении выхода концентрата (на 1,5–2,5%) и снижении его зольности (на 0,3–0,7%) по сравнению с индивидуальным применением реагента ВКП [13, 15].

При флотации углей сочетанием аполярных реагентов и неорганических солей

скорость и эффективность флотации значительно увеличиваются по сравнению с флотацией одним аполлярным реагентом. Эти расходы солей (концентрация 0,1–0,2%) соответствуют концентрациям, обеспечивающим ощутимое изменение характеристик двойного электрического слоя. Эти изменения в структуре и энергетическом состоянии гидратных слоев на поверхности природно-гидрофобных минералов обеспечивают в присутствии аполлярных реагентов эффективную флотацию [4].

Таким образом, интенсификация флотационного обогащения на современном этапе развития возможна благодаря разработке новых реагентных режимов с использованием селективно действующих реагентов, которые позволяют улучшить технико-экономические показатели флотации как за счет повышения извлечения ценного компонента в концентрат, так и благодаря сокращению времени флотации.

Список литературы

1. Аглямова Э.Р. Повышение селективности флотации газовых углей с применением органических и неорганических соединений // Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Магнитогорск, 2002.
2. Аглямова Э.Р., Савинчук Л.Г. Способ флотации угля // Патент на изобретение RU 2165799. 23.11.1999.
3. Байченко А.А., Батушкин А.Н. Изучение собирательных свойств аполлярных реагентов при флотации угольных шламов // Вестник Кузбасского гос. тех. университета. – 2006. – № 2. – С. 29–30.
4. Байченко А.А., Иванов Г.В., Бочарова Е.М. Влияние электролитов на флотацию углей // Вестник Кузбасского гос. тех. университета. – 1999. – № 4. – С. 66–70.
5. Гайнуллин И.К. Повышение эффективности процесса флотации угольных шламов с использованием флотореагентов UnicoITM // Уголь. – 2013. – № 5. – С. 105–106.
6. Гиззатов А.А., Ибрагимов А.А., Давлетгареев К.Ф., Рахимов М.Н. Разработка флотационных реагентов для процесса обогащения высокозольных углей // Башкирский химический журнал. – 2013. – т. 20, № 4. – С. 86–89.
7. Иванов Г.В., Байченко А.А., Басарыгин В.И. Эффективность действия аполлярных реагентов при флотации угля в присутствии флокулянтов // Горно-информационный аналитический бюллетень. – 2004. – № 12. – С. 290–293.
8. Иванов Г.В., Мирошникова А.М., Азарова Т.И., Ушакова Н.Н. Повышение эффективности процесса флотации тонких угольных шламов // Вестник Кузбасского гос. тех. университета. – 2010. – № 2. – С. 85–86.
9. Кондырев Б.И., Недхам Мухаммед Дарси, Белов А.В., Ларионов М.В. Мировой топливно-энергетический баланс. Перспективы современных угольных технологий. Материалы первой междунар. науч. конф. «Проблемы освоения георесурсов Российского Дальнего Востока и стран АТР». – Владивосток, 2002. – С. 73–77.
10. Мелик-Гайказян В.И., Емельянова Н.П., Козлов П.С., Юшина Т.И., Липная Е.Н. К исследованию процесса пенной флотации и подбору реагентов на основе механизма их действия. Сообщение 1. Обоснование выбранных методов исследования процесса // Обогащение руд цветных металлов. – 2009. – № 2. – С. 7–18.
11. Меркушева Л.Н., Удовичкий В.И., Лысенко О.Н., Фролов В.С., Кравцова Т.А. Технологические и экономические предпосылки применения новых реагентов на ЦОФ «Березовская» // ГИАБ. – 2003. – № 12. – С. 196–198.
12. Муллина Э.Р., Мишурина О.А., Ершова О.В. Изучение влияния химического строения реагентов-модификаторов на электрохимические свойства угольной поверхности // Успехи современного естествознания. – 2015. – № 11. – С. 130–133.
13. Муллина Э.Р., Мишурина О.А., Чупрова Л.В. Изучение влияния неорганических солей на извлечение серосодержащих примесей при флотации углей низкой стадии метаморфизма // Технические науки – от теории к практике. – 2013. – № 22. – С. 64–69.
14. Муллина Э.Р., Мишурина О.А., Чупрова Л.В., Ершова О.В. Исследование влияния сложных эфиров линейного строения на флотацию газовых углей // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 2. – С. 183. URL: www.science-education.ru/122-20619 (дата обращения: 24.12.2015).
15. Муллина Э.Р., Чупрова Л.В., Мишурина О.А. Исследование влияния химических соединений различного состава на процесс флотации газовых углей // Сборник научных трудов Sworld. – 2013. – Т. 12, № 3. – С. 4–8.
16. Тюрникова В.И., Наумов М.Е. Повышение эффективности флотации. – М.: Недра, 1980. – 224 с.
17. Хан Г.А., Габриелова Л.И., Власова Н.С. Флотационные реагенты и их применение. – М.: Недра, 1986. – 271 с.
18. Чупрова Л.В., Муллина Э.Р., Мишурина О.А. Влияние органических и неорганических соединений на флотацию углей низкой стадии метаморфизма // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 4. – С. 24. URL: <http://www.science-education.ru/110-9663> (дата обращения: 24.12.2015).
19. Щеголева Е.Н., Власова Н.С., Чепасова Т.П. Влияние неорганических реагентов-регуляторов на флотацию шлама ЦОФ «Карагандинская» // Проблемы обогащения твердых горючих ископаемых. – М.: Недра, 1977. – Т. 6. Вып. 1. – С. 42–47.

УДК 502.662.2

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ РАЗЛИВОВ НЕФТИ**Демельханов М.Д., Оказова З.П., Чупанова И.М.***Чеченский государственный педагогический университет, Грозный, e-mail: okazarina73@mail.ru*

Разливы нефти могут оказать существенное влияние на окружающую среду по причине гибели организмов от физического удушья и в результате токсического воздействия. Существует огромное количество экологических систем, и значительные колебания таких показателей, как избыточность, многообразие, характерны для их нормального функционирования. Экологическая система обладает значительной способностью к восстановлению естественным путем после серьезных бедствий, вызванных как природными явлениями, так и разливами нефти. Ключевой механизм негативного воздействия нефти на окружающую среду – физическое удушье и токсичность, но степень этого воздействия в значительной мере зависит от вида разлитой нефти и скорости ее рассеивания относительно местоположения ресурсов, которые восприимчивы к нефтяному загрязнению. Наиболее уязвимыми организмами являются обитатели водных объектов. Длительный ущерб маловероятен. Эффективное планирование и реализация операций по ликвидации разливов нефти способствуют смягчению последствий. Тщательно подготовленные реабилитационные меры могут при определенных условиях ускорить естественные процессы восстановления.

Ключевые слова: разлив нефти, токсическое воздействие, экологические последствия

ENVIRONMENTAL IMPACTS OF OIL SPILLS**Demelhanov M.D., Okazova Z.P., Chupanova I.M.***Chechen State Pedagogical University, Grozny, e-mail: okazarina73@mail.ru*

Oil spills can have a significant impact on the environment by reason of the death of the organism from physical smothering and toxic *vozddeystviya*. There is a huge amount of ecological systems, and significant fluctuations in such indicators as redundancy, diversity characteristic of their normal functioning. The ecological system has considerable capacity to recover naturally after a serious of disasters caused by natural hazards and oil spills. The key mechanism of the negative impact of oil on the environment – physical smothering and toxicity, but the degree of this impact largely depends on the type of oil spilled and the speed of its dispersion relative to the location of resources sensitive to oil pollution. The most vulnerable organisms are inhabitants of water bodies. Lasting damage is unlikely. Effective planning and implementation of response operations oil spills contribute to mitigation. Carefully prepared rehabilitation measures can, under certain conditions, to accelerate the natural recovery processes.

Keywords: oil spills, toxic effects, environmental effects

Разливы нефти могут оказать существенное влияние на окружающую среду по причине гибели организмов от физического удушья и вследствие токсического воздействия. Как правило, степень негативного воздействия зависит от количества и вида разлитой нефти, окружающих условий и восприимчивости организмов и мест их обитания к воздействию нефти.

Воздействие разлитой нефти на среду носит самый различный характер. Как правило, в средствах массовой информации эти события называют «экологическими катастрофами», сообщая о неблагоприятных прогнозах для выживания животных и растений. Крупная авария может оказать серьезное краткосрочное воздействие на окружающую среду и стать тяжелым бедствием для экосистемы.

Исследования последствий нефтяных разливов проводятся уже несколько десятилетий и нашли отражение в научной и технической литературе.

Научная оценка типичных последствий нефтяного разлива показывает, что, хотя на уровне отдельных живых организмов наносимый вред может быть достаточно весомым, для популяций в целом характерна более

высокая устойчивость. В результате работы естественных процессов восстановления вред нейтрализуется и биологическая система возвращается к нормальной жизнедеятельности.

Лишь в редких случаях имеет место долгосрочный ущерб, в основном, даже после обширных нефтяных разливов можно предполагать, что загрязненные места обитания живых организмов восстановятся в течение нескольких сезонных циклов.

Существуют следующие механизмы воздействия нефти на окружающую среду: физическое удушье, сказывающееся на физиологических функциях организмов; химическая токсичность, приводящая к гибели организмов или близкому к смертельному состоянию либо к нарушениям функций клеток; экологические изменения, заключающиеся в основном в гибели ключевых организмов в популяции и захвате среды обитания оппортунистическими видами; косвенные последствия.

Характер и длительность последствий разливов нефти зависит от многих факторов: количества и вида разлитой нефти, окружающие условия и физические характеристики в месте разлива нефти, фак-

тор времени, преобладающие погодные условия, биологический состав пострадавшей от загрязнения среды, экологическая значимость входящих в него видов и их восприимчивость к нефтяному загрязнению.

Возможные последствия разлива нефти зависят от скорости растворения и рассеивания загрязняющего вещества в воде в результате естественных процессов. Эти параметры являются определяющими территорию распространения загрязнения и вероятность длительного воздействия повышенных концентраций нефти или ее токсичных компонентов на уязвимые природные ресурсы.

К восприимчивым относятся организмы, сильнее других страдающие при контакте с нефтью или ее химическими компонентами. Менее восприимчивые организмы с большей вероятностью могут выдержать кратковременное воздействие нефтяного загрязнения.

С целью определения масштабов ущерба необходимо знать характеристики разлитой нефти. Разлив большого объема стойкой нефти (например, тяжелая топливная нефть), может нанести значительный ущерб, заключающийся в удушье организмов. Тяжелая топливная нефть, которая отличается низкой растворимостью в воде, оказывает менее выраженное токсическое воздействие в связи с низкой биологической доступностью своих химических компонентов.

Химические компоненты легкой нефти отличает более высокая биологическая доступность, следовательно, они с большей вероятностью могут причинять токсические повреждения. Нефть этого вида достаточно быстро рассеивается в результате испарения и дисперсии, а значит, может нанести меньше вреда при условии, что уязвимые природные ресурсы в достаточной мере удалены от места разлива.

Самые существенные и продолжительные последствия вероятны при обстоятельствах, когда растворение нефти замедлено. Даже если интенсивность воздействия ниже уровня, вызывающего гибель организмов, наличие токсичных компонентов может привести к состоянию, близкому к смертельному.

Экологические системы, все без исключения, достаточно сложные и естественные колебания видового состава, численности популяций и их распространение в пространстве и времени – это базовые показатели ее нормальной жизнедеятельности. Животные и растения обладают естественной устойчивостью различной степени к изменениям в пределах своей среды обитания. Естественное приспособление организмов к воздей-

ствию окружающей среды, пути и стратегии размножения очень важны для выживания при ежедневных и сезонных изменениях окружающих условий. Врожденная устойчивость говорит о том, что некоторые растения и животные могут выдержать определенный уровень нефтяного загрязнения.

Кроме того, получило широкое распространение чрезмерное использование природных ресурсов, хроническое загрязнение окружающей среды в городах, промышленное загрязнение окружающей среды. Все вышперечисленное значительно повышает изменчивость в рамках экологических систем. На фоне высокой естественной изменчивости становится сложнее обнаружить более слабовыраженный ущерб от разлива нефти. Способность среды восстанавливаться после серьезных нарушений связана с ее сложностью и устойчивостью. Восстановление после разрушительных природных событий демонстрирует, что с течением времени экологические системы восстанавливаются даже после серьезного урона, сопровождающегося масштабной гибелью организмов.

В результате естественной изменчивости экологических систем возврат к тому же состоянию, в котором система пребывала до разлива нефти, является маловероятным.

Восстановление – это повторное образование сообщества флоры и фауны, присутствующего данной среде обитания и нормально функционирующего, с точки зрения биологического разнообразия и продуктивности. Как правило, до разлива нефти в экологической системе присутствуют организмы всех возрастов. Вновь появившиеся растения и животные относятся к узкому возрастному диапазону, таким образом, такое сообщество является изначально менее устойчивым.

Разлив нефти может непосредственно воздействовать на организмы, обитающие в экологической системе, либо приводить к потере среды обитания в долгосрочной перспективе. Естественное восстановление сложной экологической системы может занимать длительное время, следовательно, внимание уделяется принятию реабилитационных мер для ускорения процесса.

Эффективные операции по очистке включают в себя удаление разлитой нефти в целях сокращения участка ее распространения и сокращения длительности ущерба от загрязнения, и, следовательно, ускорения начала процесса восстановления. Вместе с тем, агрессивные методы очистки могут нанести дополнительный ущерб, при этом более предпочтительны естественные про-

цессы очистки. Со временем происходит снижение токсичности нефти под действием ряда факторов, и на загрязненном грунте может нормально расти и развиваться растительность. Например, происходит вымывание нефти дождями, летучие фракции испаряются по мере выветривания, что снижает токсичность остаточной нефти.

Благодаря способности среды к восстановлению естественным путем воздействие разлива нефти является локальным и проходящим. Долгосрочный ущерб зафиксирован всего в нескольких случаях. Вместе с тем, в некоторых обстоятельствах последствия ущерба могут быть более стойкими, а нарушения в экологической системе могут носить более длительный характер, чем обычно ожидается.

Обстоятельства, влекущие за собой стойкий долгосрочный ущерб, связаны со стойкостью нефти, особенно если нефть занесена в почвенную толщу и не подвергается естественным процессам выветривания. При смешивании с мелкозернистым грунтом происходит оседание нефти и ее распад замедляется ввиду отсутствия кислорода. Нефтепродукты, обладающие большей плотностью, оседают и могут оставаться в неизменном состоянии в течение неопределенного времени, вызывая удушье организмов.

Согласно существующему положению исследования последствий загрязнения нефтью проводятся по каждой крупной аварии. В результате этих исследований накоплены обширные знания о возможных последствиях разливов для окружающей среды. Изучение последствий каждого разлива не является необходимым и уместным. Вместе с тем исследования такого рода необходимы для определения масштаба, характера и длительности последствий в конкретных обстоятельствах после разлива.

В большинстве своем последствия загрязнения нефтью хорошо изучены и предсказуемы, следовательно, необходимо направить усилия на оценку ущерба. Демонстрируемая окружающей средой изменчивость означает, что изучение широкого спектра потенциальных последствий может привести к неопределенным результатам.

Нефть и нефтепродукты нарушают экологическое состояние почвенных покровов и в целом деформируют структуру биоценозов. Почвенные бактерии, а также беспозвоночные почвенные микроорганизмы и животные не в состоянии качественно выполнять свои важнейшие функции в результате интоксикации легкими фракциями нефти.

Методы химического анализа загрязняющих веществ постоянно совершенствуются. Концентрацию потенциально токсичных компонентов нефти можно определить с достаточно высокой точностью.

Одна из наиболее важных задач при оценке ущерба – выявление направлений развития наблюдаемого ущерба и качественное определение конкретного нефтесодержащего загрязняющего вещества, которое вызвало этот ущерб, особенно в хронически загрязненных средах. Этот анализ проводится методом газовой хроматографии в сочетании с масс-спектрометрией.

Для выявления воздействия на животных полициклических ароматических углеводородов, которые содержатся в сырой нефти и нефтепродуктах, регулярно используются биомаркеры. Данный метод позволяет достаточно точно определить воздействие полициклических ароматических углеводородов, даже если дозовая нагрузка не обнаружена, и является методом ранней диагностики возможного ущерба. Например, измерение этоксирезоруфин-О-деэтилазной активности дает возможность определить уровни ферментов в тканях печени, которые участвуют в обмене веществ и выведении токсинов. Изменение уровня активности этого фермента может быть вызвано и другими причинами, например, присутствием схожих токсичных веществ, которые не связаны с нефтью. Уровни активности зависят от возраста и репродуктивного статуса животного и от динамики температуры. Следовательно, при проведении исследования важно учесть все эти влияющие на выводы факторы.

Первоочередность определяется рядом факторов. Изначально определяется шкала, по которой будут определены последствия разлива: относительно данных по состоянию до разлива, по результатам сравнения с аналогичными видами, сообществами или экологическими системами на незагрязненных территориях или путем контроля процесса восстановления по определенному признаку очевидного ущерба. Исследования в лабораториях и на местах разлива говорят о гибели и переходе живых организмов в близкое к смертельному состояние при взаимодействии с нефтью, но уровень изменчивости живых организмов настолько велик, что сравнение состояний до и после разлива не дает достоверных результатов.

Среди других факторов необходимо учитывать географическую протяженность загрязненных территорий, степень загрязнения и соответствующие уровни воз-

действия (концентрация и длительность), степень повреждения ресурсов, которые затронут нефтяным разливом, а также практическую осуществимость исследований.

Природовосстановление представляет собой процесс принятия мер по восстановлению пострадавшей окружающей среды до состояния нормальной жизнедеятельности в короткие сроки. В рамках Международного режима меры по реабилитации должны обоснованно повлечь существенное ускорение естественного процесса восстановления при условии отсутствия неблагоприятных последствий для различных ресурсов, как физических, так и экономических.

Меры должны быть пропорциональны масштабу и длительности ущерба и достигнутым в перспективе преимуществам. Под ущербом в данном случае понимается нарушение окружающей среды, нарушение в данном контексте рассматривается как нарушение жизнедеятельности или исчезновение организмов в биологическом сообществе вследствие разлива.

После мероприятий по очистке могут потребоваться дальнейшие активные действия по восстановлению пострадавших ресурсов и ускорения процесса естественного восстановления, особенно в обстоятельствах, когда восстановление в противном случае заняло бы относительно продолжительное время. Как пример можно привести высаживание растений солончаковых болот. После приживутся новые растения, вернутся и другие формы биологической жизни, потенциальный риск эрозии почвы на данной территории будет сведен к минимуму.

Разработка комплексных стратегий реабилитации фауны представляет собой достаточно сложную задачу. Необходимо принять меры по охране загрязненных мест обитания и стимулированию процесса восстановления экологических экосистем. Это может быть как ограничение доступа и деятельности человека на пострадавших территориях, так и внедрение контроля над рыболовством в целях сокращения конкурентной борьбы за источники пищи. В ряде случаев рекомендуется принять меры по охране производителей из естественной популяции на близлежащих, не загрязненных нефтью территориях. Однако на способность соседних популяций к заселению загрязненных территорий может повлиять множество биологических, экологических и природных факторов.

Сложность экологических систем означает, что ряд возможностей по искусственному восстановлению нанесенного экологи-

ческого ущерба ограничен. В большинстве случаев естественное восстановление протекает достаточно быстро.

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

- существует огромное количество экологических систем, и значительные колебания таких показателей, как избыточность, многообразие, характерны для их нормального функционирования;

- экологическая система обладает значительной способностью к восстановлению естественным путем после серьезных бедствий, вызванных как природными явлениями, так и разливами нефти;

- ключевой механизм негативного воздействия нефти на окружающую среду – физическое удушье и токсичность, но степень этого воздействия в значительной мере зависит от вида разлитой нефти и скорости ее рассеивания относительно местоположения ресурсов, которые восприимчивы к нефтяному загрязнению;

- наиболее уязвимыми организмами являются обитатели водных объектов;

- несмотря на то, что краткосрочное воздействие может быть значительным, длительный ущерб маловероятен, даже в случае крупных аварий, существенная длительность ущерба обусловлена географической изолированностью территорий, где благоприятны условия для сохранения скоплений нефти на долгое время;

- эффективное планирование и реализация операций по ликвидации разливов нефти способствуют смягчению последствий;

- тщательно подготовленные реабилитационные меры могут при определенных условиях ускорить естественные процессы восстановления.

Список литературы

1. Гришанов М.Н., Рамазанова М.И., Лапушова Л.А. Экологические последствия возгораний разливов нефти и нефтепродуктов. Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2013. – № 10. – С. 57–58.
2. Ивасишин П.Л. Ликвидация последствий разливов нефти посредством биоразлагающих сорбентов. Нефтяное хозяйство. – 2009. – № 5. – С. 5–9.
3. Криксунов И.А. Разливы нефти в море: причины, экологическое воздействие, способы предотвращения, ликвидация последствий. Водные ресурсы. – 2011. – № 5. – С. 633–634.
4. Редина М.М. Проблемы эколого-экономического анализа последствий аварийных разливов нефти. Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2012. – № 1. – С. 182–190.
5. Сайфутдинова Г.М., Атанбаев А.Ф., Бахтизин Р.Н. и др. Оценка последствий аварийных разливов нефти на магистральных нефтепроводах. Нефтегазовое дело. – 2006. – № 1. – С. 239–242.
6. Селуянов А.А., Шутов Н.В. Экологические последствия разливов нефти на воде. – 2011. – № 2. – С. 53–54.
7. Ходжаева Г.К. Мероприятия по предупреждению разливов нефти на нефтепроводах. Известия Самарского научного центра РАН. – 2013. – № 3. – С. 1180–1183.

УДК 622.83

РАЗРАБОТКА ЭФФЕКТИВНЫХ СПОСОБОВ БОРЬБЫ С ПУЧЕНИЕМ ПОРОД ПОЧВЫ В ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТКАХ УГОЛЬНЫХ ШАХТ

¹Демин В.Ф., ²Яворский В.В., ¹Демина Т.В., ¹Стефлюк Ю.Ю.

¹РГП на ПХВ «Карагандинский государственный технический университет», Караганда,
e-mail: vladfdemin@mail.ru;

²Карагандинский государственный индустриальный университет, Темурмай, e-mail: kgiu@mail.ru

Проявление горного давления в выработках в виде пучения пород почвы обусловлено влиянием большого числа естественно-геологических и производственно-технологических факторов. Наибольший эффект в борьбе с пучением достигается путем разгрузки вмещающего выработку массива от высоких напряжений. Разработана технология анкерного крепления, направленная на снижение пучения под почвы в различных горнотехнических условиях разработки, при применении различных видов крепи с учетом осложняющих факторов ведения горных работ с учетом геомеханических условий проведения и поддержания выработки. Применение технологии по поддержанию позволит повысить устойчивость породных обнажений в выработке с учетом форм проявления действия горно-геологических и горнотехнических факторов ведения горных работ. Определены параметры установки в почву выработки припочвенных анкеров, предусматривающей установку анкерной крепи в почву вдоль бортов горной выработки. Забуриваются наклонные шпуров под анкеры под углом 20–40° к вертикали. Длина шпуров предусматривается из расчета технической возможности их бурения и принимается равной 1,6; 2,4 и 2,9 м. Предусматривается перекрестная установка анкеров (под прямым углом) в слои пород почвы. Шаг установки перекрестно ориентированных напочвенных анкеров рекомендуется равным двойной величине количества арок металлоарочной крепи на 1 пог. метре выработки.

Ключевые слова: напряженно-деформированное состояние, вмещающий массив горных пород, выбор прогрессивных средств и способов крепления горных выработок

DEVELOPING EFFECTIVE WAYS OF COMBATING SOIL SPECIES IN SWELLING CAPACITY OF PREPARATORY EXCAVATIONS OF COAL MINES

¹Demin V.F., ²Javorskij V.V., ¹Demina T.V., ¹Stefflyuk Y.Y.

¹Karaganda state technical university, Karaganda, e-mail: vladfdemin@mail.ru;

²Karaganda state industrial university, Temurmay, e-mail: kgiu@mail.ru

Of rock-pressure Manifestation in workings in the form of swelling rocks soil due to the impact of a large number of natural and geological and industrial and technological factors. The greatest effect in combat precisely is achieved by unloading the containing an array of high voltages. The technology of anchoring to reduce frost heave in soil under different mining conditions of development, while applying different types of support given the complicating factors of mining, taking into account the geomechanical conditions and maintenance. Application of technology of keeping will enhance the stability of rock outcrops in the form of the geological and geotechnical factors of mining. The parameters of setting are certain in soil of making of anchors envisages setting of the roof bolting in soil along the sides of the mountain making. Sloping spud under anchors under the corner of 20 – 40° to the vertical line. Length of is envisaged their calculation of economic feasibility of their boring drilling and accepted by equal 1,6; 2,4 and a 2,9 m. The cross setting of anchors (at right angles) is envisaged in the layers of breeds of soil. The step of setting of the cross oriented anchors is recommended equal to the double size of amount of archs on 1 por. Meter.

Keywords: tensely-deformed state, containing array of mountain breeds, choice of progressive facilities and methods of fastening of the mountain making

При разработке угольных месторождений довольно часто встречаются деформации пород почвы в виде выдавливания их внутрь выработок. Пучение обычно наиболее интенсивно проявляется в подготовительных выработках. Вследствие особенностей генезиса угольных месторождений непосредственная почва пластов, как правило, сложена более слабо по сравнению с остальными породами-разностями. Кроме того, в них развиты зоны сдвига, вызванные разной степенью уплотнения пород и последующими тектоническими процессами. Пучение пород почвы усложняет ведение горных работ, опыт

показывает, что уже при достижении в выработках величин пучения более 300–350 мм необходимо применение технологических мер борьбы с ним. Интенсивность и абсолютная величина перемещений при пучении связаны с горно-геологическими и производственно-техническими факторами.

Анализ позволяет выделить два основных типа пучения пород при прохождении горных выработок: пучение глинистых пород вследствие их набухания, связанного со специфическими особенностями минералогического и коллоидно-химического состава глинистых грунтов и как проявление горного

давления в связи с проведением горных выработок.

В пластовых подготовительных выработках при залегании в почве угольных пластов слоистых аргиллитов и алевролитов процесс разрушения пород почвы и пучения включает стадии: расслоения по поверхности напластования без разлома расслоившихся пород; разлома расслоившихся пород под выработкой на блоки в форме многошарнирных арок; разрушения пород почвы под боками выработки с выдавливанием их в выработку [1, 5, 7]. Вздутие пород почвы является следствием выдавливания мягких пород из-под пят околострековых целиков или нетронутого горного массива.

Цель исследования – разработка эффективных способов борьбы с пучением пород почвы в подготовительных выработках угольных шахт.

Материалы и методы исследования

Анализ производственной деятельности шахт Карагандинского угольного бассейна, ведущих разработку на больших глубинах (преимущественно, более 500–600 м) в условиях слабых вмещающих пород, показывает, что значительная часть протяженных выработок постоянно находится в состоянии ремонта или работ, связанных с поддержанием их в удовлетворительном эксплуатационном состоянии. На выполнении таких маломеханизированных работ занято около 10–12% подземных рабочих структурно связанных, прежде всего, с ликвидацией последствий процесса пучения пород почвы в выработках (60%) и перекреплением (40%). Так, в 2014 г. удельный объем перекрепления выработок на действующих шахтах Карагандинского угольного бассейна достиг 5,5 м на 1000 т добычи, а затраты труда на ремонт и поддержание выработок 200 чел-см на 1 км протяженности поддерживаемых выработок в год или около 20 чел-см на 1000 т добычи. Эти мероприятия трудоемки (0,2 чел-см/м), требуют дополнительных материальных затрат (3–5 тыс. руб/м) и снижают скорость отработки запасов на 30–40%. На шахтах бассейна при ежегодном росте протяженности выработок, находящихся в неудовлетворительном состоянии на 2–3%, перекрепляется от 30 до 50% выработок, нуждающихся в ремонте.

На основе существующих гипотез и опираясь на производственный опыт, разрабатываются способы и средства, обеспечивающие предотвращение или снижение интенсивности этого процесса.

Проявление горного давления в выработках в виде пучения пород почвы обусловлено влиянием большого числа естественно-геологических и производственно-технологических факторов. Однако устойчивость породных обнажений выработки и прилегающих к ней горных пород зависит, главным образом, от физико-механических свойств пород и действующих в них напряжений, обусловленных массой вышележащих пород, тектоническими нарушениями и схемами и порядком ведения горных работ. Поэтому все мероприятия по снижению пучения пород почвы направлены на изменение показателей этих двух групп факторов или на использование наиболее благоприятного сочетания.

Все меры борьбы с пучением пород горных выработок могут быть подразделены на пять групп: использование благоприятных горно-геологических и технических условий (проведение выработки вприсечку к выработанному пространству, позади очистного забоя, в обрушенных и уплотненных породах); укрепление пород (применение анкерной крепи, полимерное упрочнение почвы и использование смол); разгрузка породного массива (взрыво-щелевая разгрузка породного массива, управление устойчивостью горной выработки взрывной боковой полосой, устройство разгрузочных щелей, разгрузка массивов горных пород с помощью выбуривания пласта, торпедирование пород кровли в выемочных выработках); комбинированные способы (активная разгрузка с последующим упрочнением с образованием обратного свода, взрывоукрепление с одновременной разгрузкой массива горных пород и его укреплением, разгрузка пород почвы буровзрывным способом с последующим применением усиливающих крепей-лежней и гидростоек); специальные методы борьбы (применение замкнутых и усиливающих крепей, а также комбинированные крепи).

Наибольший эффект в борьбе с пучением достигается путем разгрузки вмещающего выработку массива от высоких напряжений. В качестве способов разгрузки возможно применение проведения разгрузочных выработок, создание различного рода щелей и скважин, взрывание пород с образованием в почве зон дробления и т.п. Данные решения характеризуются весьма сложной технологией работ, большой трудоемкостью и стоимостью.

Это приводит к тому, что в практике эксплуатации угольных шахт основным способом по-прежнему остается подрывка вспучившихся пород, т.е. ликвидируются последствия этого явления, а не его причины. При этом достигается только кратковременный и незначительный эффект, а в долгосрочной перспективе на борьбу с пучением расходуются большие материальные и трудовые затраты.

В последнее время начинает успешно применяться способ борьбы с пучением путем крепления кровли (почвы) сталеполимерной и другими видами анкерной крепи высокой несущей способности [3, 10, 11, 12].

Ниже рассматриваются технологические разработки с применением анкерного крепления, направленные на снижение и предотвращение пучения пород почвы в горных выработках.

Анкерная крепь применяется для сохранения достаточного уровня монолитности приконтурных пород путем ограничения их смещений в выработку, что позволяет максимально поднять эффективность, надежность, максимальный безремонтный срок службы и безопасность выработок.

Процессами пучения пород почвы можно управлять в т.ч. за счет формы поперечного сечения выработки с расположением к породам кровли в виде обратного тραπεцевидного контура – грузонесущего свода (рис. 1), который позволяет повысить устойчивость почвы выработок [2, 8, 9, 11].

Результаты исследования и их обсуждение

Прогрессивным способом является активное упрочняющее воздействие на породы почвы выработки посредством анкерного крепления. Для его реализации необходимо

определение необходимой толщины упрочняемого слоя горных пород в почве, за счет упрочняющего слоя установленных в нее анкеров с формированием опорных блоков для опоры для несущего свода выработки на опорные блоки [5, 7] (рис. 2), исходя из глубины распространения зоны пучения в почве выработки, которую определяют по известному методу проф. Цимбаревича П.М. [12]:

$$x_0 = \frac{H_1 \operatorname{tg}^4 \left(\frac{90^\circ - \varphi}{2} \right)}{1 - \operatorname{tg}^4 \left(\frac{90^\circ - \varphi}{2} \right)}; \quad (1)$$

φ – угол внутреннего трения пород почвы, град.

H_1 – высота пригрузки почвы, приведенная к объемному весу пород почвы, м;

$$H_1 = h \frac{\gamma_6}{\gamma_{\text{п}}}; \quad (2)$$

где h – высота стен выработки, м;
 γ_6 – объемный вес пород боковых пород, т/м³;
 $\gamma_{\text{п}}$ – объемный вес пород почвы, т/м³;

Проведен анализ степени зависимости X_0 глубины распространения зоны пучения в почве выработки к объемному весу боковых пород, пород почвы и высоты стенок выработки: $h = 3,0; 3,5$ и $4,0$ м; $\gamma_6 = 2,0; 2,5; 3,0$ т/м³, H_1 изменяется от $4,0; 5,0$ до $6,0$ м.

Исходя из расчетных значений расчетов построена номограмма (рис. 3).

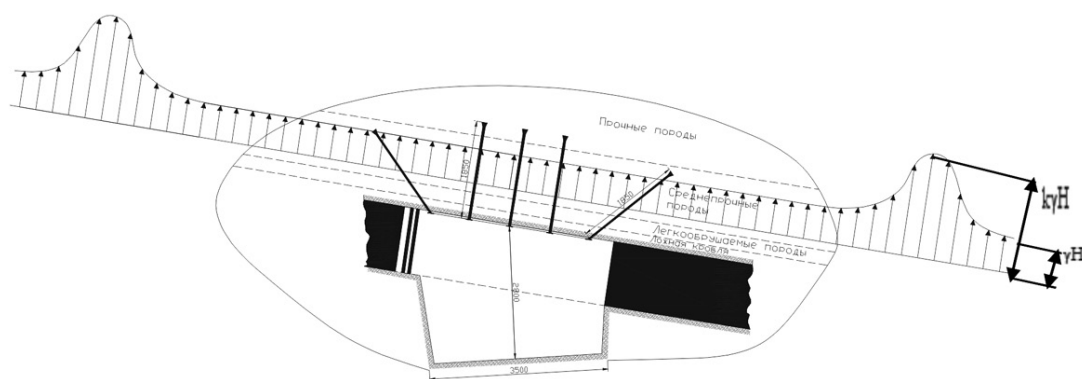


Рис. 1. Управление процессами пучения почвы за счет обратного трапецевидного контура выработки. Γ – плотность горных пород т/м³; H – глубина разработки; k – коэффициент роста величины опорного давления

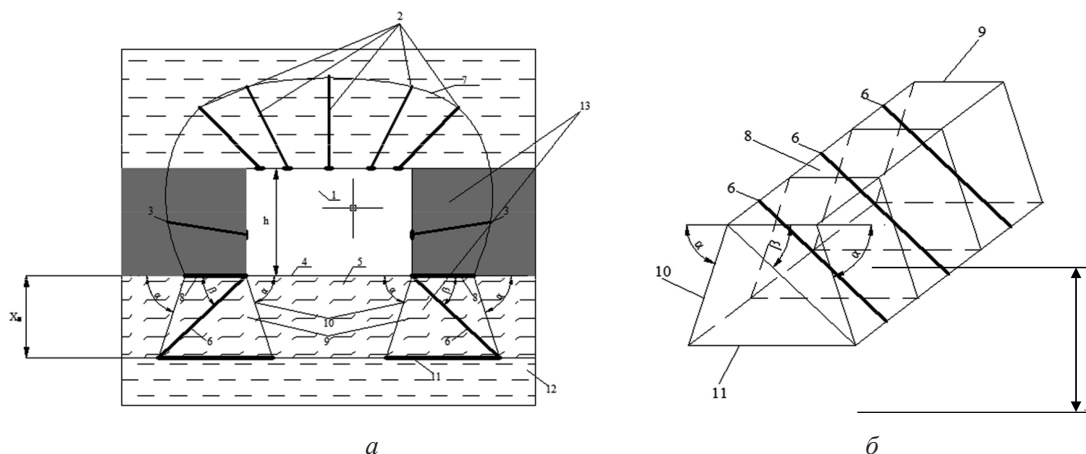


Рис. 2. Создание опорных блоков в почве выработки для поддержания ее свода.
 а – способ крепления и упрочнения пород почвы; б – опорные блоки в почве. 1 – выработка; 2 – сталеполимерные кровельные анкера; 3 – сталеполимерные боковые анкера; 4, 5 – пучащиеся слои почвы выработки; 6 – сталеполимерные анкера в почву выработки; 7 – контур несущего свода выработки; 8 – основание несущего свода; 9 – опорные блоки; 10 – линии скольжения пород пучащего слоя; 11 – нижнее основание опорного блока; 12 – слой устойчивых пород; 13 – зона укрепления пород вокруг выработки

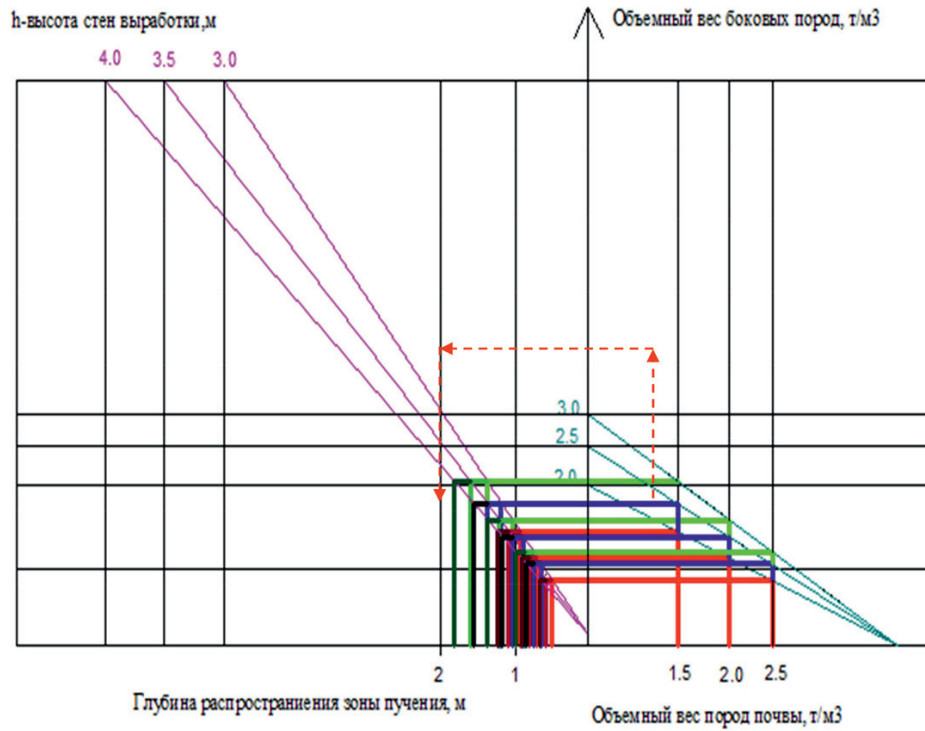


Рис. 3. Номограмма для определения глубины распространения зоны пучения в почве выработки в зависимости от влияющих факторов

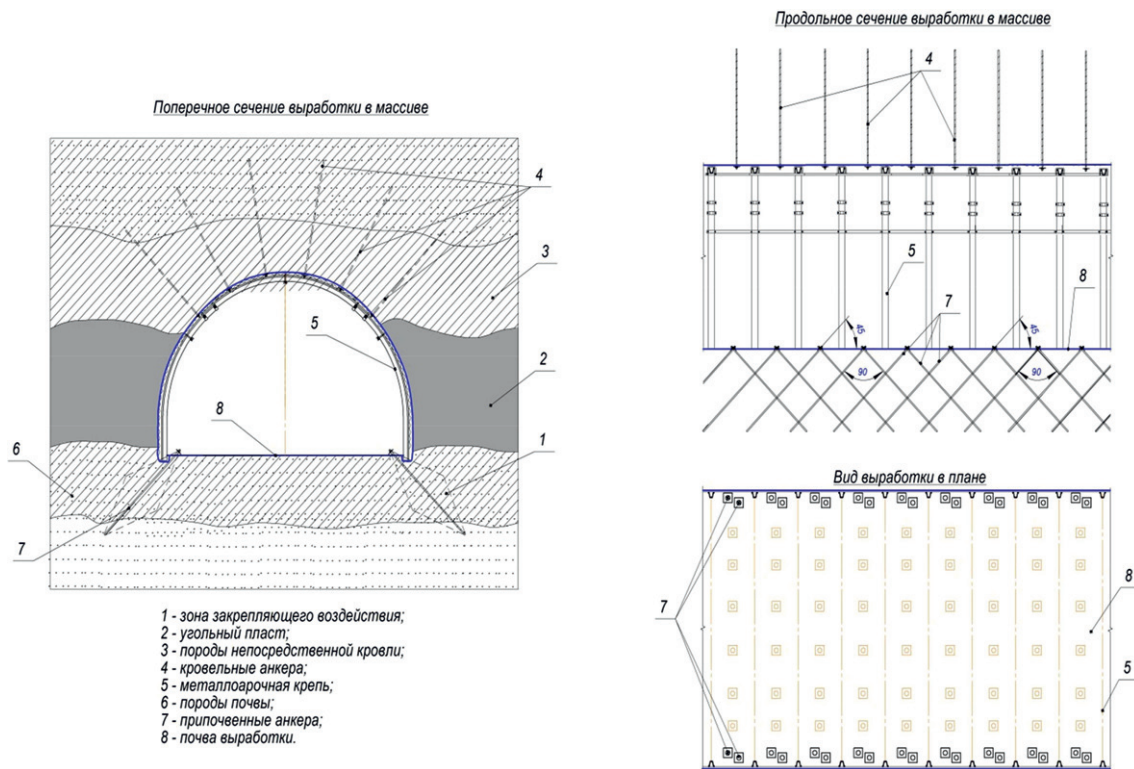


Рис. 4. Поперечный (а), продольный (б) разрез выработки с припочвенными анкерами и вид в плане – схема установки припочвенных анкеров относительно арок металлоарочной крепи (в)

Как видно из расчетов, с ростом значения объемного веса пород кровли меньше глубина распространения зоны пучения в почве выработки или чем больше значение объемного веса боковых пород и высоты стен выработки, тем больше глубина распространения зоны пучения [4].

Разработана также технология анкерного крепления, направленная на снижение пучения пород почвы в различных горно-технических условиях разработки, при применении различных видов крепи с учетом осложняющих факторов ведения горных работ с учетом геомеханических условий проведения и поддержания выработки. Технология работ по установке крепи – припочвенных анкеров предусматривает установку анкерной крепи в почву вдоль бортов горной выработки. Забуриваются наклонные шпуров под анкеры под углом 20–40° к вертикали. Длина шпуров предусматривается их расчета технической возможности их бурения и принимается равной 1,6; 2,4 и 2,9 м. Предусматривается перекрестная установка анкеров (под прямым углом) в слое пород почвы (рис. 4).

Длину анкеров, устанавливаемых в почву выработки, рекомендуется определять по эмпирической формуле, полученной для условий шахт Карагандинского бассейна:

$$L = 6,75 \cdot B_{\text{в}} \cdot H_{\text{п}} / P_{\text{п}}, \text{ м}, \quad (3)$$

где 6,75 – эмпирический коэффициент;
 $B_{\text{в}}$ – ширина горной выработки в черне, м;
 $H_{\text{п}}$ – величина пучения пород почвы, м;
 $P_{\text{п}}$ – прочность пород почвы на сжатие, МПа.

Шаг установки перекрестно ориентированных напочвенных анкеров рекомендуется равным двойной величине количества арок металлоарочной крепи на 1 пог. метре выработки.

Выводы

Применение технологии анкерного крепления, направленной на снижение пучения пород почвы выработок способствует повышению устойчивости породных обнажений с учетом горно-геологических, геометрических и горнотехнических условий ведения горных работ.

Определены параметры установки в почву выработки припочвенных анкеров, предусматривающей установку анкерной крепи в почву вдоль бортов горной выработки. Забуриваются наклонные шпуров под анкеры под углом 20–40° к вертикали. Длина шпуров предусматривается их расчета технической возможности их бурения и принимается равной 1,6; 2,4 и 2,9 м. Предусматривается перекрестная установка анкеров (под прямым углом) в слое пород почвы. Шаг установки перекрестно ориентированных напочвенных анкеров рекомендуется равным двойной величине количества арок металлоарочной крепи на 1 пог. метре выработки.

Список литературы

1. Артемьев В.Б., Коршунов Г.И., Логинов А.К. и др. Горная геомеханика. – СПб.: Наука. – 2011. – 102 с.
2. Бондаренко В.И., Ковалевская И.А., Симанович Г.А. и др. Экспериментальные исследования устойчивости повторно используемых выемочных выработок на пологих пластах Донбасса. – Днепропетровск. ТОВ «ЛізуновПрес». – 2012. – 426 с.
3. Борщ-Компониц В.И. Практическая механика горных пород. Пособие для горных инженеров. – М.: Издательство «Горная книга», 2013. – 322 с.
4. Демин В.Ф., Журов В.В., Демина Т.В. Геомеханика при креплении горных выработок/ LAP LAMBERT Academic Publishing is a trademark of AV Akademikerverlag GmbH & Co. KG. – Germany. 3013. – 185с.
5. Зацепин А.С., Плескунов И.В. Способ охраны участков подготовительных выработок (патент РФ № 2338066). 27.12.2011.
6. Лушников В.Н., Еременко В.А., Сэнди М.П. и др. Крепление горных выработок в условиях деформируемых и удароопасных массивов горных пород. – Горный журнал. – 2014. – № 4. – С. 37–43.
7. Осипов А.Н., Булкин А.В., Гусельников Л.М. и др. Способ борьбы с пучением почвы горных выработок (патент РФ № 2438018). Публикация патента 27.12.2011.
8. Eremenko V.A., Louchnikov V.N., Sandy M.P., Mikin D.A., Milsin E.A. Gornyi Zhurnal – Mining Journal. – 2013. – № 7. – P. 59–67.
9. Kuzmin S.V., Salvasser I.A., Meshkov S.A. Mechanism of rock heaving developing and it ways to fighting JSC «SUEK Kuzbass». Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). Издательство: Горная книга – М. S3, 2014. – С. 120–126.
10. Nierobisz A. Development of roof bolting use in Polish coal mines. Journal of mining science. Volume: 47 Issue: 6 Pages: 751760. Published: NOV 2011. View Journal Information.
11. Pivnyak G., Bondarenko V., Kovalevska I. Mining of Mineral Deposits. A Balkema Book. CRC Press is an imprint of the Taylor & Francis Group an informa business. London. – 371 p.
12. Rozenbaum M.A., Demekhin D.N. Deformational criteria for the stability of roof rocks and rock bolts. Journal of mining science. Volume: 50 Issue: 2 Pages: 260264. DOI: 10.1134/S1062739114020082. Published: MAR – 2014.

УДК 624.139:620.193:579.26

**МНОГОФАКТОРНАЯ ОЦЕНКА КОРРОЗИОННОЙ АГРЕССИВНОСТИ
ГРУНТОВ О. КОТЕЛЬНЫЙ (АРКТИКА)**¹Доманский В.О., ¹Рузов И.В., ^{1,2}Доманская О.В., ¹Кулакова А.Ю.¹Тюменский государственный нефтегазовый университет, Тюмень,

e-mail: vdomanskiy@gmail.com;

²Тюменский научный центр СО РАН, Тюмень

Настоящая статья посвящена исследованию грунтов криолитозоны, как коррозионно опасной среды для нефтегазопроводов. Рассматриваются факторы, определяющие коррозионную агрессивность грунтов. Электрохимическая и микробиологическая активность грунтов тесно связана с изменением температуры и режимом протаивания-промерзания верхних горизонтов криолитозоны. Оценивалась коррозионная агрессивность песчаных и глинистых грунтов криолитозоны. Результаты определения удельного электрического сопротивления, плотности катодного тока, анализа водных вытяжек и потеря массы стального образца при трех температурных режимах. Установлено, что увеличение количества циклов замораживания-оттаивания приводит к увеличению потерь массы стального образца в песчаных грунтах и уменьшению в засоленных песчаных и глинистых грунтах. Постоянная отрицательная температура замедляет коррозионные процессы в исследуемых грунтах. В образцах были выявлены аммонифицирующие и тионовые группы бактерий, способные продуцировать минеральные кислоты.

Ключевые слова: многолетнемерзлые породы, коррозия металла, микроорганизмы

**MULTIFACTOR EVALUATION OF GROUNDS CORROSION
OF THE KOTELNY ISLAND (ARCTIC)**¹Domanskii V.O., ¹Ruzov I.V., ^{1,2}Domanskaya O.V., ¹Kulakova A.Y.¹Tyumen State Oil and Gas University, Tyumen, e-mail: vdomanskiy@gmail.com;²Tyumen Scientific Center, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Tyumen

This article is devoted to the study of soil permafrost zone as corrosion dangerous environment for oil and gas pipelines. Examines the factors that determine the corrosivity of soils. Electrochemical and soil microbial activity is closely linked to changes in temperature and freezing-thawing mode the upper horizons of the permafrost zone. Estimated corrosiveness sandy and clay soils permafrost zone. The results determine the electrical resistivity, the cathode current density, analysis of aqueous extracts, and the mass loss of the steel sample at three temperatures. An increase in the number of freeze-thaw cycles increases the mass loss of the steel sample in sandy soils and a decrease in the saline sandy and clay soils. The constant negative temperature slows down the corrosion processes in the studied soils. The samples were identified ammonifying bacteria and thiobacteria capable of producing a mineral acid.

Keywords: permafrost, metal corrosion, microorganisms

Развитие промышленной инфраструктуры в Арктической зоне и особенно способов хранения и транспортировки углеводородного сырья требует проведения детальных исследований условий, обусловленных экстремальными природно-климатическими свойствами сред верхних широт.

Известно, что в трубопроводах и емкостях для хранения газа и нефтепродуктов используются углеродистые и низколегированные стали, подверженные самопроизвольному разрушению при взаимодействии с газообразными и жидкими веществами. Часть трубопроводов эксплуатируется при подземной схеме укладки, обеспечивающей меньшие затраты относительно наземной и полуподземной. Соприкасаясь с грунтами, нефтепроводы подвергаются коррозионному разрушению. Внутренняя и внешняя коррозия труб является одной из основных причин аварий. Например,

в ХМАО с 2008 по 2013 гг. зафиксировано 23000 критических коррозионных повреждений (рис. 1) [2, 3, 4, 5].

В существующих нормативных документах описаны только общие требования к оценке коррозионной агрессивности среды, не учитывающие ее динамику под воздействием климатических условий, что снижает эффективность используемых методов защиты, а также повышает риски, связанные с коррозией металла.

Коррозия металла или самопроизвольное разрушение металлических конструкций является следствием химического и электрохимического взаимодействия с окружающей средой [6]. В зависимости от условий, в которых находится металлическое сооружение, выделяют различные виды коррозии: атмосферная, морская, подземная и т.д.

Подземная коррозия (коррозия в почве) зависит от многих факторов: структуры, по-

ристости, влажности, воздухопроницаемости, величины pH , концентрации и состава солей, общей кислотности, а также климатических условий и рельефа местности. Скорость протекания коррозионного процесса может зависеть от наличия на трубе окалина и слоя продуктов коррозии, наличия блуждающих токов, резкого изменения состава, структуры грунтов, содержания солей и пр. [6].

Интенсивность почвенной коррозии возрастает с увеличением уровня насыщенности почвы и грунтов кислородом, и механизм переноса кислорода к поверхности металла более сложный, чем в электролитах. Основным средством доставки кислорода к поверхности металла выступает диффузия газов в поровом пространстве. Скорость диффузии зависит от влажности и объема порового пространства. В условиях неравномерной аэрации, возникают микрогальванические коррозионные зоны, и разрушение металла протекает на тех участках, к которым затруднен доступ кислорода. Ионы хлора и водорода способствуют разрушению оксидной пленки, образующейся на поверхности металла. Кислород, с одной стороны, усиливает коррозионный процесс, а с другой, препятствует, усиливая защитные пленки. Исходя из этого, электрохимический процесс коррозии металла можно разделить на два типа: анодный – переход металла в раствор в виде гидрированных ионов и катодный – ассимиляция избыточных электронов в металле деполяризатором (водородом и кислородом).

В настоящее время коррозионную агрессивность грунтов по отношению к стали оценивают в полевых и лабораторных условиях по удельному электрическому сопротивлению ($\text{Ом} \cdot \text{м}$) и средней плотности катодного тока (А/м^2). Оценка производится по ранжированной шкале («Низкая», «Средняя», «Высокая»), не учитывающей влияния изменений температуры, на происходящие в грунтах физико-химические и биологические процессы.

Одним из самых сложных вопросов является оценка коррозионной агрессивности многолетнемерзлых грунтов, по причине их высокого удельного электрического сопротивления. Работами исследователей доказано, что в криолитозоне происходят химические и биохимические процессы, миграция, новообразование веществ и т.д. Коррозионная активность грунтов криолитозоны объясняется наличием незамерзшей воды, концентрацией в ней ионов водорода, углекислоты и органического вещества [1]. Увеличению скорости коррозии способствуют колебания температуры в слое сезонного промерзания и оттаивания, а также в слое многолетнемерзлого грунта.

При подземной прокладке трубопроводов происходит неизбежное изменение природной среды (нарушение растительного покрова, режима грунтовых вод и надмерзлотных вод и т.д.), а в процессе эксплуатации «теплого» трубопровода происходит оттаивание мерзлых грунтов и изменение физико-химических и теплофизических свойств.



Рис. 1. Аварийность на нефтепромысловых трубопроводах за 2008–2013, ХМАО

При аварийных разливах на промышленных нефтепроводах в окружающую среду попадают углеводороды и различные соли, а также микроорганизмы, представленные аэробными (гетеротрофы, денитрифицирующие, сапрофиты, нефтеокисляющие) и анаэробными (сульфатредуцирующие, тионовые) группами [11].

Сегодня уже не вызывает сомнений, что коррозия металлов под воздействием микроорганизмов и их метаболитов относится к числу важнейших научно-технических проблем. В связи с тем, что трубопроводы эксплуатируются в естественной природной среде, значительная часть коррозионных разрушений происходит за счет деятельности микроорганизмов и их метаболитов, способных изменять физико-химические характеристики среды [7].

При проектировании, строительстве подземных инженерных сооружений и прокладке коммуникаций в криолитозоне следует полнее учитывать влияния микроорганизмов.

Цель работы – комплексное исследование грунтов, как коррозионно-опасной среды, физико-химическими, электролитическими и микробиологическими методами.

Материалы и методы исследования

Для оценки коррозионной агрессивности грунтов о. Котельный, были выбраны два типа грунта – песок и суглинок. Определены физико-химические свойства – гранулометрический состав (с использованием ситового и ареометрического метода), степень засоленности (кондуктометрический метод анализа) и содержание агрессивных ионов в водной вытяжке грунта. Удельное электрическое сопротивление и плотность тока катодной защиты измеряли на анализаторе АКАГ в соответствии с ГОСТ 9.602-2005.

В лабораторном эксперименте были использованы стальные водогазопроводные трубки (Ст. 10) и пластины низкоуглеродистой конструкционной стали 09Г2С (ГОСТ 19282-73). Длина трубки 100 мм, диаметр 22 мм, размер пластин 90 мм×70 мм×5 мм. Для определения коррозионной активности грунтов по потере массы была собрана установка, схема показана на рисунке (рис. 2).

В отличие от стандартной методики нами были изменены температурные условия проведения эксперимента. Эксперимент проводили при трех температурных режимах – при +23 °С, –17 °С и в переменном режиме замораживания-оттаивания. Установку с грунтом помещали в морозильную камеру с температурой –17 °С, включали ток и выдерживали в течение 2 (4, 6) часов, затем установку вынимали и выдерживали в течение 2 (4, 6) часов при комнатной температуре +23 °С. Таким образом проходил один цикл замораживания и оттаивания.

При рассмотрении воздействия микробиологического фактора на коррозионную агрессивность грунтов исследовали три физиологические группы коррозионно-опасных бактерий – аммонифицирую-

щие, сульфатредуцирующие и тионовые. Для обнаружения аммонифицирующих бактерий использовали мясопептонный бульон (МПБ). Признаками процесса развития аммонификаторов являются помутнение среды, образование пленки и осадка, положительная реакция на аммиак с реактивом Несслера. Накопительную культуру сульфатредуцирующих бактерий (СРБ) получали путем культивирования согласно соответствующей методике [10]. Для получения накопительной культуры группы тионовых бактерий использовалась среда Сильвермана и Люндгрена 9К. При наличии тионовых бактерий среда становится мутной через 2–3 дня, и на поверхности появляется пленка молекулярной серы, образующаяся при окислении тиосульфита [9]. Характер развития бактерий оценивался визуально по образованию пленки, осадка или помутнения среды по шкале мутности. Биологическую активность в пробах грунта оценивали по ферментативной активности инвертазы [12].

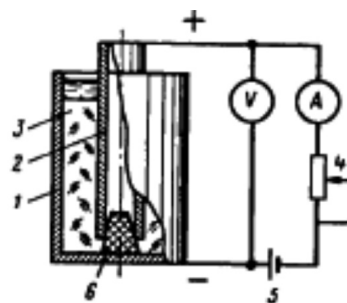


Рис. 2. Схема лабораторной установки: 1 – жестяная банка; 2 – образец стали; 3 – грунт; 4 – источник регулировочного сопротивления и 5 – постоянный ток

Результаты исследования и их обсуждение

Протяженные подземные линии нефтегазопроводов пересекают различные климатические зоны и геолого-географические провинции. Вмещающая сооружения среда – это сложная система, состоящая одновременно из твердых, жидких и газообразных веществ. Скорость коррозии металла в различных грунтах может изменяться в десятки раз, поэтому очень важна детальная характеристика и оценка воздействия среды на металлические конструкции.

В результате гранулометрического анализа исследуемые грунты классифицировали согласно ГОСТ 25100-2011 и классификации В.В. Охотина: П1 – песок крупный; СГ1 – пылеватый средний суглинок; П2 – песок гравелистый; СГ2 – пылеватый средний суглинок; СГ3 – пылеватый легкий суглинок (табл. 1). Воздухопроницаемость грунтов влияет на коррозионную агрессивность, но прямой зависимости между воздухопроницаемостью и скоростью кор-

розии нет. Коррозия может увеличиваться с ростом воздухопроницаемости до известного предела, а затем сильно снижается. Аналогичная закономерность наблюдается и для влажности. Для каждого вида грунта существует значение критической влажности, при котором коррозионные потери достигают максимума (песчаные – 10–20%, глинистые – 15–25%).

Водопроницаемость грунтов определяет размер частиц и содержание органического вещества. На основе результатов изучения органического вещества методом прокаливании пески П1 и П2 были проклассифицированы по ГОСТ 25100-2011 как минеральные (1,37% и 1,42%), СГ2 и СГ3 – органо-минеральные с низким содержанием органики (18,38% и 14,30%), СГ1 – с примесью органического вещества (5,60%).

Для коррозионной активности грунтов основное значение имеет химический состав водорастворимых солей, определяющие свойства порового раствора – электролита. По результатам анализа водной вытяжки определено содержание основных ионов (табл. 2). Исследуемые образцы имеют морской тип засоления и характеризуются по ГОСТ 25100-2011: П1 и П2 – слабо засоленный; СГ1 – средnezасоленный; СГ2 и СГ3 – сильнозасоленный.

Для большинства грунтов pH находится в интервале 6,0–7,5. Щелочные суглинки (pH от 11 до 14) или кислые среды – торф, грунты с высоким содержанием органического вещества ($pH = 3,0–4,0$) отличаются высокой агрессивностью. В зависимости от типа грунта и значения pH , исследуемые грунты можно охарактеризовать: П1, П2, СГ1 – средней коррозионной активности; СГ2 и СГ3 – высокой коррозионной активности. По результатам содержания ионов Cl и pH степень коррозионной активности среды оценивается: П1, П2, СГ1 – средняя; СГ2 и СГ3 – высокая.

Определение степени коррозионной агрессивности грунтов осуществляется на основе измерения двух параметров удельного электрического сопротивления и плотности катодного тока. Электропроводность и электрическое сопротивление грунтов являются изменчивыми и сложно зависимыми характеристиками от минерального состава, структуры грунта, влажности, концентрации порового раствора, температуры и т.д. [8]. Существует мнение, что удельное электрическое сопротивление грунта нужно рассматривать не как показатель, а как признак возможной интенсивной коррозии. В табл. 3 представлены результаты определения удельного электрического сопротивления и плотности катодного тока образцов.

Таблица 1

Гранулометрический состав грунта

Тип грунта	Гранулометрический состав, %										
	Диаметр частиц, мм										
	10	10–5	5–2	2–1	1–0,5	0,5–0,25	0,25–0,1	0,1–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	< 0,005
П1	0	0	0	0	2,83	29,96	45,90	21,32	0	0	0
СГ1	0	0	0	0	0,24	0,34	0,95	26,99	43,94	9,53	18,0
П2	2,58	23,68	36,34	16,39	10,17	3,68	4,25	2,93	0	0	0
СГ2	0	0	0	0	0,5	0	0,3	25,81	43,64	12,30	17,45
СГ3	0	0	0	0	0,34	0,31	0,58	0,52	62,67	21,24	14,34

Таблица 2

Содержание основных ионов

Тип грунта	pH	В мг на 1 кг абсолютно сухого грунта						D_{sal}
		HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	$\Sigma(K+Na)^+$	
П1	7,47	305,00	213,00	172,80	20,04	24,31	266,57	0,100
СГ1	7,91	183,00	230,75	153,60	400,80	243,12	627,35	0,183
П2	8,08	244,00	390,50	326,40	100,20	60,78	271,16	0,139
СГ2	9,52	1281,00	7206,50	1862,40	200,40	54,70	5705,93	1,631
СГ3	9,03	610,00	6922,50	2169,60	140,28	121,56	5358,94	1,532

Таблица 3

УЭС и плотность катодного тока грунтов

№ п/п	Тип грунта	УЭС	Классификация ГОСТ 9.602-2005	Плотность катодного тока	Классификация ГОСТ 9.602-2005
1	Песок (П1)	94	Низкая	0,07	Средняя
2	Суглинок (СГ1)	24	Средняя	0,17	Средняя
3	Песок (П2)	30	Средняя	0,17	Средняя
4	Суглинок (СГ2)	1	Высокая	0,25	Высокая
5	Суглинок (СГ3)	1	Высокая	0,25	Высокая

Таблица 4

Потеря массы стального образца при разных температурных режимах

№ п/п	Тип грунта	m, г, при t = -17°C	m, г, при t = +23°C	m, г, при t = - 17°C/+ 23°C		
				2 ч	4 ч	6 ч
стальные водогазопроводные трубки (Ст. 10)						
1	П1	0,20	0,63	1,28	—	—
2	СГ1	0,38	2,02	1,06	—	—
3	П2	0,35	2,46	0,96	—	—
4	СГ2	1,43	8,73	9,37	—	—
5	СГ3	1,26	8,38	7,90	—	—
пластины низкоуглеродистой конструкционной стали 09Г2С						
1	П1	0,17	0,31	0,44	0,34	0,31
2	СГ1	0,12	0,96	0,62	0,79	0,90

Таблица 5

Потеря массы стального образца при различной концентрации NaCl и циклической заморозке-оттаивании (2 ч/2 ч)

Тип грунта	NaCl, г	В мг на 1 кг абсолютно сухого грунта						D _{sal}	Потеря массы, г
		HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Σ(K+Na) ⁺		
П1	0,5	427	604	173	30	128	355	0,172	0,46
П1	1	580	1491	192	60	134	954	0,341	1,14
П1	2	366	1704	211	80	73	1112	0,355	1,39
П1	3	244	2379	154	180	219	1085	0,426	1,57
П1	4	732	4988	230	100	122	3270	0,944	2,33
СГ1	0,5	275	675	134	70	176	191	0,152	1,28
СГ1	1	610	1101	134	50	115	731	0,274	1,98
СГ1	3	488	2521	211	70	103	1641	0,503	2,24
СГ2	4	244	4828	173	281	243	2519	0,829	2,5

Электролитический метод определения коррозионной агрессивности грунтов, или метод определения коррозии по потере массы, считается одним из наиболее легко выполнимых лабораторных методов. Результаты исследования по потере массы стальных образцов при разных температурных режимах приводятся в табл. 4 и 5. Для стандартных образцов металлических трубок при потере веса коррозионная активность оценивалась: до 1 г – «низкая»; от 1 до 2 г – «средняя», больше двух граммов – «высокая». Так же определяли потерю массы стальной пластины с различной концентрацией NaCl.

На рис. 3 представлены результаты изменения поверхности металлических пластин при использовании электролитического метода.

При определении коррозионной агрессивности в работе исследовалась коррозионно-опасная микрофлора мерзлых грунтов о. Котельный, архипелага Новосибирские острова (табл. 6). Грунты о. Котельный представлены супесями, суглинками, глинами и крупнообломочными породами с высоким содержанием гидрокарбонатов, сульфатов и хлоридов, с высоким показателем влажности и характеризуются слабокислыми условиями поровых растворов (pH 6,0).

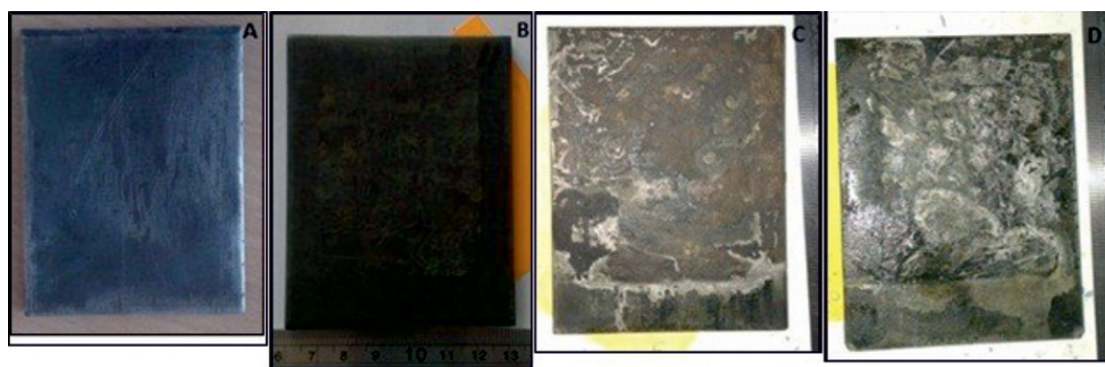


Рис. 3. Поверхность пластин: А – до испытания; В – после замораживания-оттаивания (2 ч/2 ч) в СГ1; С – III и D – СГ1 с добавлением NaCl после замораживания-оттаивания (2 ч/2 ч)

Таблица 6

Оценка коррозионно-опасной микрофлоры и содержания инвертазы в грунтах

Скважина	Глубина, м	Аммонифицирующие бактерии	СРБ	Тионовые бактерии	Инвертаза, мг глюкозы на 1 г за 24 ч	Степень биогенности
1	0,0–0,3	Средний	слабый	Средний	35,884	средняя
1	0,3–0,5	Сильный	Нет роста	Средний	53,111	богатая
1	0,5–0,7	Средний	слабый	Средний	25,067	средняя
1	0,7–1,0	Сильный	слабый	Сильный	36,909	средняя
1	1,0–1,2	Средний	Нет роста	Нет роста	38,227	средняя
1	1,2–1,45	Средний	средний	Сильный	–	
1	1,45–1,7	Сильный	слабый	Средний	18,072	средняя
1	1,7–1,9	Средний	слабый	Средний	9,256	бедная
1	1,9–2,0	Сильный	слабый	Средний	7,141	бедная
1	2,0–2,2	Средний	Нет роста	Средний	5,986	бедная
1	2,2–2,5	Средний	слабый	Сильный	5,986	бедная
1	2,5–2,65	Средний	слабый	Средний	5,710	бедная
1	2,65–2,8	–	средний	Сильный	2,147	бедная
1	2,8–3,2	Средний	–	Сильный	5,287	бедная

Примечание. Слабая степень развития бактерий – среда мутная, без осадка; средняя степень развития – среда мутная, с осадком; сильная степень развития бактерий – среда мутная с хорошо выраженным осадком и образованием пленки.

В результате микробиологического анализа во всех исследуемых образцах обнаружены аммонифицирующие бактерии. Наиболее ярко выражен процесс аммонификации на глубине 1,7–1,9 м. В результате микробиологического анализа сульфатредуцирующие бактерии (СРБ) были обнаружены только в нескольких образцах грунта. Отсутствие СРБ в большинстве исследуемых грунтов может быть связано, на наш взгляд, с неблагоприятными для их развития значениями *pH*. В свою очередь, слабокислую реакцию среды грунтов можно объяснить развитием тионовых бактерий.

Заключение

Понять механизм подземной коррозии металлов и сделать надежную оценку сте-

пени влияния физико-химических и микробиологических процессов в грунтах невозможно без комплексного анализа системы «сооружение-вмещающая среда» и ее динамического изменения.

Экспериментально установлено, что увеличение количества циклов замораживания-оттаивания приводит к увеличению потерь массы стального образца в песчаных грунтах и уменьшает потери массы стального образца в глинистых грунтах. Постоянная отрицательная температура только замедляет коррозионные процессы в песчаных и глинистых грунтах. Для засоленных суглинков и песков о. Котельный характерно увеличение потери массы стального образца с увеличением концентрации *NaCl*. В засоленных песча-

ных грунтах наибольшие потери массы наблюдаются при положительной температуре, а циклическое промораживание-оттаивание уменьшает потери в два раза. Для засоленных глинистых грунтов потери массы при малой продолжительности циклического замораживания-оттаивания сопоставимы с потерями при постоянной положительной температуре.

В образцах грунтов о. Котельный были выявлены аммонифицирующие и тионовые группы бактерий, которые в результате своей деятельности продуцируют сильные минеральные кислоты, ускоряющие развитие коррозии металла. По данным Н.В. Остроумовой, характерной чертой бактериальных сообществ, при оттаивании мерзлых пород и почв является «взрывной рост». Тем самым при оттаивании грунтов о. Котельный создаются благоприятные условия для бурного роста и размножения коррозионно-опасной микрофлоры.

Детальное исследование экстремальных природно-климатических свойств сред верхних широт позволяет качественнее оценить коррозионную агрессивность грунтов, а следовательно, сократить затраты при эксплуатации промышленных систем в Арктике.

Список литературы

1. Великоцкий М.А., Егурцов С.А. К проблеме оценки коррозионной активности многолетнемерзлых дисперсных грунтов криолитозоны // Криосфера Земли. – 2008. – Т. XII, № 3. – С. 50–57.
2. Доклад об экологической ситуации в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре в 2010 году. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.prirodnadzor.admhmao.ru/wps/portal/env/home/statisticheskaja-informacija> (дата обращения 10.12.2015).
3. Доклад об экологической ситуации в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре в 2011 году. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.prirodnadzor.admhmao.ru/wps/portal/env/home/statisticheskaja-informacija> (дата обращения 10.12.2015).
4. Доклад об экологической ситуации в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре в 2012 году. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.prirodnadzor.admhmao.ru/wps/portal/env/home/statisticheskaja-informacija> (дата обращения 10.12.2015).
5. Доклад об экологической ситуации в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре в 2013 году. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.prirodnadzor.admhmao.ru/wps/portal/env/home/statisticheskaja-informacija> (дата обращения 10.12.2015).
6. Жук Н.П. Курс теории коррозии и защиты металлов. – М.: Металлургия, 1976. – 475 с.
7. Максимович Н.Г., Хмурчик В.Т. Влияние микроорганизмов на минеральный состав и свойства грунтов // Вестник Пермского университета. – 2012. – Вып. № 3 (16). – С. 47–54.
8. Мельников В.П. Электрофизические исследования мерзлых пород. – Новосибирск, «Наука», 1977. – 108 с.
9. Нетрусов А.И. Практикум по микробиологии. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 608 с.
10. РД 39-0147103-350-89. Руководящий документ. Оценка бактерицидной эффективности реагентов относительно адгезированных клеток сульфатовосстанавливающих бактерий при лабораторных испытаниях (утв. ВНИИСПТ нефть 09.03.1989).
11. Сваровская Л.И., Алтунина Л.К. Активность почвенной микрофлоры в условиях нефтяных загрязнений // Биотехнология. – 2004. – № 3. – С. 63–69.
12. Хазиев Ф.Х. Методы почвенной энзимологии. – Издательство: Наука, 2005. – 252 с.

УДК 556.3.01:662.012

ОЦЕНКА БЛАГОПРИЯТНЫХ УЧАСТКОВ ДЛЯ ЗАХОРОНЕНИЯ ДРЕНАЖНЫХ РАССОЛОВ КАРЬЕРА «ЮБИЛЕЙНЫЙ» В КРИОГЕННЫХ ТОЛЩАХ

¹Дроздов А.В., ²Мельников А.И.¹Институт «Якутнипроалмаз» АК «АЛРОСА», Мирный;²Институт земной коры СО РАН, Иркутск, e-mail: mel@crust.irk.ru

Рассмотрены криогидрогеологические, структурно-тектонические условия вблизи трубки «Юбилейной» и на выделенных участках для захоронения дренажных рассолов в мерзлые толщи. По результатам поисковых работ, опытно-фильтрационных исследований, аналитических расчетов и выполненного численного моделирования произведена прогнозная оценка возможности закачки сточных вод в многолетнемерзлые породы на перспективном участке «Заречный» с расчетом его полезной емкости и продолжительности эксплуатации.

Ключевые слова: дренажные рассолы, тектонические структуры, многолетнемерзлые породы, моделирование, закачка

ESTIMATION OF FAVORABLE SITES FOR THE BURIAL PLACE OF DRAINAGE BRINES OF THE OPENCAST MINE PIPE «JUBILEJNYJ» IN CRYOGENIC THICKNESSES

¹Drozdov A.V., ²Melnikov A.I.¹Institute «Jakutnioproalmaz» AC «ALROSA», Mirnyj;²Institute of the Earth Crust of the Siberian Branch of the Russian Academy of Science, Irkutsk,
e-mail: mel@crust.irk.ru

Structurally tectonic conditions near to a pipe «Jubilejnyj» and on the allocated sites for a burial place of drainage brines in frozen thicknesses are considered criohydrogeologicals. By results of search works, skilled-filtrational researches, analytical calculations and the executed numerical modelling the look-ahead estimation of possibility pumping sewage in многолетнемерзлые breeds on a perspective site of «Zarechnyj» with calculation of its useful capacity and duration of operation is made.

Keywords: drainage brines, tectonic structures, permafrost, modelling, pumping

Отработка глубоких горизонтов алмазных месторождений в Якутии связана с поступлением хлоридных (кальциевых или натриевых) рассолов в открытые и подземные горные выработки [4]. Возможность использования криогидрогеологических структур и подмерзлотных водоносных горизонтов для удаления дренажных вод зависят от региональных мерзлотно-гидрогеологических условий, определяющих закрытость геологической структуры, характера обмена подземных и поверхностных вод, фильтрационно-емкостных свойств выбранных интервалов криолитозоны, а также мощности и проницаемости пород перекрывающего мерзлого экрана. В Удачинском ГОКе АК «АЛРОСА» уже более 25 лет осуществляется захоронение дренажных рассолов в толщи многолетнемерзлых пород (ММП), обладающих высокими поглощающими способностями на благоприятных участках, приуроченных к зонам тектонических нарушений [2, 3]. При отработке трубки «Удачной» в условиях обводнения уже использовано два полигона захоронения (Октябрьский и Киенгский). В настоящее время

начата эксплуатация Левобережного участка для удаления дренажных рассолов в благоприятные криогенные структуры. В Далдыно-Алакитском алмазоносном районе ведется строительство узла закачки минерализованных на участке Ноябрьский для рудника «Айхал».

В то же время на перспективу для Айхальского ГОКа существует необходимость объективной оценки вновь вводимых природных объектов криолитозоны, в которые можно закачивать минерализованные стоки горных предприятий без ущерба окружающей среде региона. В карьере «Юбилейный» вскрытие межмерзлотных рассолов нижнеордовикского водоносного комплекса с минерализацией 50–150 г/дм³ прогнозируется в 2017–2018 гг. на отметках +168...+118 абс. м. Водопритоки в карьер оцениваются объемами от 450 (гор. +165 абс. м) до 1100 м³/сут (гор. –100 абс. м). Минерализованные стоки карьера планируется закачивать в благоприятные криогенные структуры ММП. При водоотведении необходимо обеспечить экологическую безопасность на всех этапах ее реализации: контроль и прогноз запол-

нения дренажными рассолами выбранного интервала в ММП, выявление направления их миграции, разработка мероприятий по предотвращению возможных негативных процессов и т.п.

Геологоразведочные работы по поиску перспективных структур для закачки дренажных вод карьера «Юбилейный» выполнялись Мирнинской ГРЭ на 5 выделенных ранее участках, расположенных недалеко от месторождения (рисунок). Для выявления и изучения криогеологических структур на данном этапе было пробурено 10 скважин (11н–20н) глубиной по 250 м. Для предварительной оценки приёмистости, а также для определения интервалов поглощения в ММП проведены пробные наливы рассолов во всех пробуренных скважинах. Для выполнения наливов использовались дренажные рассолы из карьера «Удачный».

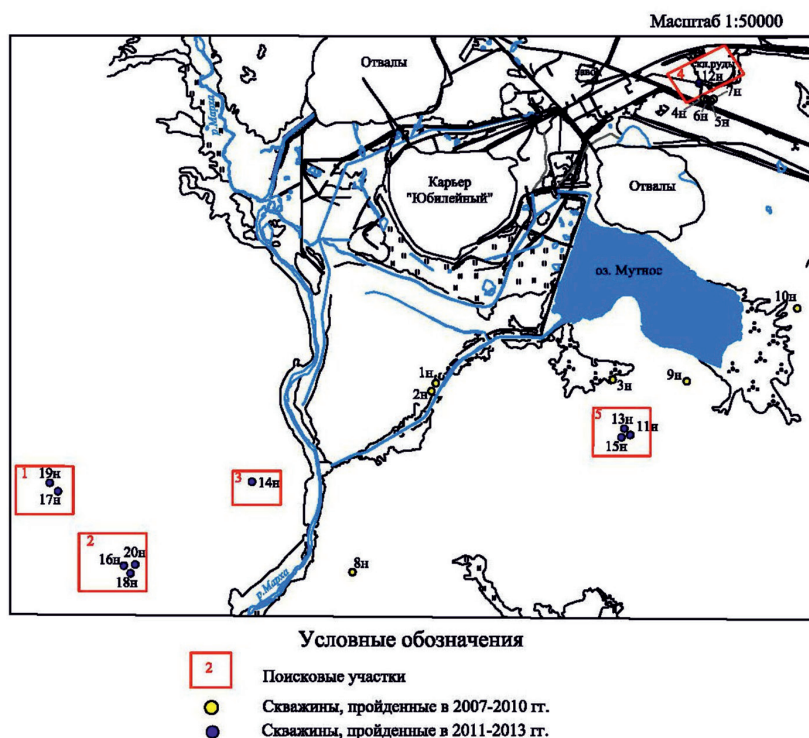
Участок № 1 находится юго-западнее трубки Одинцова, в пределах осевой части Центральной кимберлитовмещающей зоны, в которой фиксируются интервалы повышенной трещиноватости, дробления и закарстованности пород. Приемистость скважин 17н, 19н составила около 1 м³/час.

Участок № 2 расположен в районе трубки Амакинской, в пределах осевой части

Центральной кимберлитовмещающей зоны Северо-Восточного разлома. По результатам наземных геофизических исследований были выделены объекты, характеризующиеся на участке поглощающими радиоволны свойствами: карстовые образования, зоны тектонических нарушений, зоны измененных осадочных пород. Приемистость скважин 16н, 18н, 20н превысила 5 м³/час.

Участок № 3 находится в районе трубки Устинова, в пределах осевой части Центральной зоны Северо-Восточного разлома. По результатам поискового бурения в разрезе отмечаются карстовые образования, зоны дробления, интенсивной трещиноватости и повышенной кавернозности пород карбонатного цоколя. Приемистость скважины 14н менее 1 м³/час.

Участок № 4 выделен на основе анализа материалов геолого-геофизических работ юго-восточнее трубки «Юбилейная». Выделяется субвертикальная тектонизированная зона динамического развития регионального разлома в нижнепалеозойских карбонатных породах, которые отличаются повышенной трещиноватостью и, возможно, высокими фильтрационно-ёмкостными параметрами. Приемистость скважины 12н не превышает 0,5 м³/час.



Поисковые участки для закачки дренажных рассолов карьера Юбилейный в ММП

Участок № 5 выделен по геолого-геофизическим данным при изучении характера проявления рудовмещающего разлома от жилы «Межозерная» к северо-востоку до границы участка «Фабричный». По скважинам фиксировались признаки рудовмещающей зоны: наличие карстовых полостей, маломощные инъекции кимберлитов, зоны дробления, зеркала скольжения, повышенная трещиноватость, нарушение корреляции геофизических пластов во вмещающих карбонатных породах. Приемистость скважин 11н, 13н, 15н изменяется в диапазоне 0,95–5,8 м³/час.

По результатам пробных наливов и для уточнения фильтрационных характеристик ММП на наиболее перспективных участках (№ 2 и № 5) были проведены 2 кустовых налива. Кустовые наливы выполнялись в непрерывном режиме, за исключением кратковременных остановок по техническим причинам. Центральные скважины в кусте выбирались по результатам, полученным при проведении пробных наливов, учитывалось также и техническое состояние скважин. По результатам проведенных опытно-фильтрационных работ для опытно-промышленной эксплуатации рекомендован участок № 2 (Заречный), обладающий наиболее высокими фильтрационно-емкостными свойствами ММП в осадочных толщах.

Криогидрогеологические и структурно-тектонические условия

Согласно схеме районирования и в соответствии с геоструктурными и стратиграфо-литологическими признаками территория трубки Юбилейной относится к Верхневилуйскому криоартезианскому бассейну [4]. Отработка месторождения потребовала анализа граничных условий, фильтрационных схем и оценки необходимых параметров водоносных комплексов. Для расчета прогнозных водопритоков в карьер произведено микрорайонирование с уточнением границ областей фильтрации и корректировкой фильтрационных свойств водоносных комплексов. Кимберлитовая трубка рассматривалась как «гидрогеологическое окно», через которое осуществляется прямая гидравлическая связь водоносных комплексов с карьером. Поэтому на криогидрогеологическом уровне (район месторождения) для определенных целей и задач производится районирование природных криогидрогеологических систем с позиций генезиса

отложений в определенных структурных этажах осадочного чехла.

Криогидрогеологические условия района отличаются большой сложностью и своеобразием. К числу факторов, сыгравших основную роль в формировании коллекторов подземных вод, относятся: наличие древнего осадочного чехла, включающего преимущественно переслаивание карбонатных и глинистых отложений; значительные фациальные замещения разных типов пород осадочных толщ; существование многоактного кимберлитового и траппового магматизма; развитие региональных и локальных зон тектонических нарушений разного уровня заложения; влияние длительного, многофазного и разнонаправленного криогенного этапа развития региона с образованием мощной толщи криолитозоны и изменением режима подземной и поверхностной гидросфер.

Территория района входит в состав северной геокриологической зоны, которой свойственно сплошное распространение ММП, непрерывность криогенной толщи, значительная ее мощность и высокие значения отрицательных температур [4]. Основной чертой климата региона является резкая континентальность, с температурным диапазоном выше 100 °С. Низкая среднегодовая температура воздуха и отрицательный годовой радиационный баланс (– 0,5...– 2,0 ккал/см²·мес) благоприятствуют сохранению, а также локальному преобразованию температурных полей мерзлых массивов. Температурный режим мерзлой толщи имеет прямую связь с температурой земной поверхности и формируется, кроме всего, под воздействием климатических, ландшафтных, геоморфологических и других факторов.

Криогенная толща района имеет трехъярусное строение. Верхний ярус составляют ММП, содержащие воду в виде льда, заполняющего поры, каверны, трещины. Нижний ярус состоит из охлажденных пород, пустоты которых заполнены солеными водами и рассолами с отрицательной температурой – криопэгами. Промежуточное значение занимает ярус морозных пород. Необходимо отметить, что представление о строении верхнего яруса криолитозоны в последние годы несколько изменилось. Некоторыми скважинами в толще ММП зафиксированы реликтовые линзы межмерзлотного типа соленых вод и рассолов [2–4]. Мощность верхнего яруса криолитозоны (ММП) в районе достигает 750 м

и зависит преимущественно от рельефа и структурно-тектонических особенностей горных массивов. Нижняя граница ММП по месторождению контролируется глубиной вскрытия подземных вод и варьируется в пределах от 454 до 668 м, причем минимальные ее значения характерны для восточного фланга. Пониженные значения мощности криогенных толщ объясняются наличием ослабленной зоны рудоконтролирующего разлома с развитием нижеордовикского межмерзлотного водоносного комплекса.

Геотермическими исследованиями установлено, что среднегодовая температура горных пород изменяется в широком диапазоне. Это связано со сложными геологическими условиями, влиянием реки Мархи и крупных озёр в районе месторождения. В результате температура горных пород на глубине нулевых годовых амплитуд изменяется от -6 до $+4^{\circ}\text{C}$. Причём наиболее высокие температуры наблюдались в подошрном талике озера Безымянного, а по мере удаления от него они закономерно понижались от 0 до -6°C . Наиболее низкие температуры горных пород на месторождении зафиксированы в интервалах глубин $400\text{--}500$ м. Величина геотермического градиента в интервале глубин $400\text{--}1200$ м постепенно увеличивается от $0,2\text{--}0,4$ до $1,3\text{--}1,7^{\circ}\text{C}/100$ м. Различие в температурах горных пород в некоторой степени связано с литологическими особенностями горных пород и их теплопроводностью. Среднее значение внутриземного теплового потока для района трубки Юбилейной составляет $25\text{ мВт}/\text{м}^2$.

Криогенное строение осадочных пород поисковых участков изучено по керну скважин глубиной 250 м. Установлено, что зоны дробления осадочного чехла отличаются интенсивной трещиноватостью и связанной с ней льдистостью. Породы в них местами превращены в щебень и сцементированы льдом. В приповерхностных интервалах отмечаются расширенные трещинные, трещинно-жильные и базальные криогенные текстуры. Ниже по разрезу осадочные толщи разбиты вертикальными и наклонными трещинами шириной от $0,5$ до $12,0$ см. Лед в трещинах чистый, прозрачный. В его массе заключены обломки пород. Трещины напластования зафиксированы только в глинистых известняках и мергелях. Влажность глинистых известняков составляет $6\text{--}14\%$. Объемная льдистость пород на участках изменяется

по разрезу от 20 до $2\text{--}3\%$. В ряде случаев скважинами вскрыты пакки монолитных крепких известняков и доломитов мощностью $2\text{--}5$ м. Пленки льда визуальны видны только на скеле образцов.

В соответствии с известной схемой, устанавливающей взаимоотношение подземных вод и ММП, подземные воды района разделены на следующие типы: над-, меж- и подмерзлотные. Поэтому характеристика криогидрогеологических условий основана на данном принципе стратификации водовмещающих пород. В районе месторождения надмерзлотные воды представлены водами сезонно-талого слоя, водами гидрогенных подрусловых таликов и водами подошренных таликов.

Нижнеордовикский межмерзлотный водоносный комплекс характеризуется спорадичностью распространения (только на северо-восточном фланге месторождения), наличием мерзлых пород выше и ниже обводненной части разреза, незначительным напором подземных вод и крайне низкой водообильностью отложений. Глубина вскрытия обводненных пород от 454 до 504 м ($+167,6\text{...}+118,3$ абс. м). Кровлей комплекса служит мощная толща замороженных отложений от нижнего ордовика до пермо-карбона, а подошвой – породы нижнего ордовика и верхнего кембрия ($+87,2\text{...}+95,6$ абс. м). Водосодержащие пласты – коллектора, приуроченные к нижней части олдондинской свиты (O_{ol}), представлены песчанистыми доломитами, водорослевыми доломитами, известковистыми песчаниками, переслаивающимися с плотными глинистыми доломитами и мергелями. Эффективная мощность коллекторов – от $0,6$ до $6,6$ м, преобладают пласты мощностью $1\text{--}2$ м. Распределение коллекторов в плане и разрезе неравномерное.

Степень водообильности комплекса очень слабая, приток пластовой воды составляет $0,86\text{--}1,27\text{ м}^3/\text{сут}$, величина пластового давления не превышает $2,3\text{ МПа}$, коэффициент водопроводимости составляет $0,0014\text{ м}^2/\text{сут}$. По химическому составу межмерзлотные воды хлоридные натриево-кальциевые с минерализацией от $27,8$ до $57,8\text{ г}/\text{дм}^3$. Рассолы агрессивны к металлу и бетону. Таким образом, нижнеордовикский водоносный комплекс обладает незначительными естественными запасами, которые сформировались, по-видимому, лишь за счет поступления напорных вод из нижележащих горизонтов по ослабленной

зоне северо-восточного рудовмещающего разлома.

Верхнекембрийский подмерзлотный водоносный комплекс характеризуется повсеместным распространением, на всю изученную глубину (до 1200 м) является единственным водоносным комплексом, который будет оказывать определенное влияние на обводнение месторождения при его отработке. Водоносный комплекс приурочен к карбонатным разностям отложений моркокинской (C_3mrk) и мархинской (C_3mrh) свит верхнего кембрия, характеризующихся частым переслаиванием глинистых и карбонатных пород. Верхнекембрийские отложения вскрыты в интервале глубин 550–1334 м. Водосодержащие коллектора в плане и разрезе распределены неравномерно. При оценке водообильности комплекса получены незначительные притоки воды, колеблющиеся в пределах 0,2–13,8 м³/сут. Замеренные пластовые давления при этом составляли от 2,15–3,87 МПа.

В целом, участок № 2 «Заречный» расположен в разломном узле, образованном широкими пересекающимися зонами северо-восточных (более ранняя) и северо-западных систем разломов.

Многочисленные дизъюнктивные нарушения, установленные в верхних горизонтах осадочного чехла, связаны с проявлениями траппового магматизма, который контролируется в районе Вилуйско-Котуйской региональной зоны глубинных разломов, протянувшейся на сотни километров. Северо-западные разломы этой системы прослеживаются в виде широкой полосы прерывистых даек траппов среднепалеозойского возраста и сопровождаются широкими зонами повышенной трещиноватости горных пород. Выделяется несколько ветвей спаренных или строенных даек. В процессе проведения буровых работ на поисковых участках отмечались тектонические элементы, проявляющиеся в наличии маломощных (до 1–2 м) зон дробления, секущей открытой трещиноватости отложений. Повышенная частота встречаемости указанных показателей отмечается до глубины 200 м. На нижних горизонтах наибольшим развитием пользуются межслоевая трещиноватость и слоистость. В керне по скважинам встречались трещины с зеркалами скольжения на их плоскостях. На поисковых участках зоны поглощений ниже эрозийного среза приурочены большей ча-

стью к крепким плотным известнякам или доломитизированным известнякам. Эти породы кроме крупных трещин, содержат и открытые пустоты. По всей вероятности, немалую роль в поглощении играют и межслоевые трещины. Северо-восточная система частично затушевывается наложенной на нее северо-западной и проявлена не так отчетливо. Тем не менее, она также подчеркивается широкими зонами повышенной трещиноватости, иногда со штрихами и зеркалами скольжения имеющими сбросовую или (чаще) сдвиговую кинематику.

Результаты опытно-фильтрационных работ на перспективном (Заречном) участке

На поисковом участке № 2 (Заречный) пробурено 3 скважины 16н, 18н и 20н глубиной по 250 м. Геолого-стратиграфический разрез ММП на участке представлен палеозойскими осадочными образованиями: карбонатно-терригенными отложениями кылахской свиты (ордовикская система); байтахской, башенной и машковской свит (силурийской системы); айхальской и ахтарандинской свит (каменноугольной системы). Осадочные породы перекрыты трапповым силлом (мощностью 14–21 м) позднепалеозойского-раннемезозойского возраста (P_2-T_1). Кроме этого, всеми тремя скважинами на участке вскрыта трапповая интрузия на глубинах 103,0–115,5 м мощностью около 2 м.

По результатам выполненных гидрогеологических исследований установлено, что минимальное значение коэффициента приемистости на участке «Заречный» составляет 0,2 м³/ч×м. Однако криогидрогеологическая среда толщи ММП является благоприятной для захоронения дренажных рассолов, при этом подтверждено, что, чем продолжительнее проводится закачка, тем больше становится коэффициент приемистости скважины. К примеру, в скважине № 16н были проведены пробный и кустовой налив. При пробном налив с продолжительностью 0,5 суток коэффициент приемистости был равен 0,2 м³/час×м, а при кустовом налив с продолжительностью 10 суток (2 ступень) коэффициент приемистости увеличился до 2,5 м³/час×м (таблица). Коэффициент фильтрации по результатам расчетов на участке увеличивается от 0,08 до 0,4 м/сут, а коэффициент водопроводимости от 7,8 до 27,6 м²/сут.

Результаты наливов рассолов в скважину 16н на участке «Заречный»

Характеристика налива	Пробный налив	Кустовой налив (1; 2 ступени)
Продолжительность налива, сут.	0,5	12; 10
Объем налитого рассола, м ³	17	525; 1280
Начальный уровень воды в скважине, м	147,4	145; 152
Плотность рассола, г/см ³	1,255	1,14
Температура рассола, °С	9,5	4
Динамический уровень, м: – на начало / на конец налива	147,4 / 74,4	145/141,6; 152/150
Повышение, м	73	3,4; 2
Приемистость скважины, м ³ /ч	14,8	1,8; 5
Коэффициент приемистости, м ³ /ч×м	0,2	0,5; 2,5
Подошва коллектора по расходомерии, м	168	

Приемистость эксплуатационных скважин в условиях ММП является величиной переменной. Во время пробных наливов в скважины, из-за ограниченной возможности использования больших объемов рассолов, в основном, не удается оценить максимальные показатели их поглощающей способности. В начальный момент сброса рассолов в ММП их отток идет по уже существующему свободному, главным образом, трещинному коллектору. Далее, по мере плавления ледового заполнителя трещин, появляются новые пути фильтрации. В большинстве случаев приемистость скважин возрастает в 2–3 раза [1, 2].

Фильтрационно-емкостные свойства ММП на полигонах закачки по сравнению с начальными этапами освоения скважин увеличиваются (таблица). Это объясняется тем, что происходит плавление ледового заполнителя под воздействием сбрасываемых рассолов. Таким образом, ММП как среда для захоронения минерализованных стоков, может изменять под воздействием рассолов свои поглощающие, емкостные и прочностные показатели. Некоторые проницаемые интервалы коллекторов на начальных этапах проработки не проявляются, так как, вероятнее всего, оказались закольматированы при бурении продуктами разрушения пород и льдом. При пробных наливах часть трещинных коллекторов открывается и становится местом проникновения жидкости в ММП [1, 2].

Анализируя полученные данные опытно-фильтрационных исследований по скважинам Заречного участка, можно сделать следующие выводы:

– основной поглощающий интервал (143–168 м) приурочен к отложениям ба-

шенной и машковской свит, представленных известняками и доломитами. Породы среднетрещиноватые, до 5–7 трещин на 1 п.м. Трещины открытого типа, частично залечены льдом;

– приемистость скважины 16н более 5 м³/ч, при расчётной водопроницаемости толщ от 7,8 до 14 м²/сут;

– коллекторы залегают ниже урезов речных долин (урез р. Мархи 604,5 абс. м, отметка залегания коллекторов 487–493 абс. м);

– установлен эффект увеличения фильтрационно-емкостных свойств коллекторов за счет растворения льда;

– коллекторы выше по разрезу перекрыты естественным водоупором в виде силла траппов, залегающих в кровле отложений машковской свиты;

– участок закачки удален от карьера на расстояние 5,5 км, при котором возврат закачиваемых вод в карьер будет отсутствовать длительный период (несколько десятков лет).

Таким образом, по результатам проведенных опытно-фильтрационных работ для опытно-промышленной эксплуатации рекомендован участок № 2 (Заречный), обладающий наиболее высокими фильтрационно-емкостными свойствами ММП в осадочных толщах и характеризующийся благоприятными условиями для закачки рассолов.

Прогноз распространения фронта закачиваемых рассолов на участке «Заречный»

Прогноз закачки рассолов в ММП сводится к решению взаимосвязанной системы уравнений фильтрации и тепломассопереноса в пласте с учетом фазового перехода в системе лед-рассол при изменчивости

фильтрационных параметров в зависимости от нахождения в мерзлой или талой зонах. Для решения задачи утилизации рассолов в ММП расчеты можно упростить, для этого используя схему фильтрации в сухой грунт [5]. В соответствии с этой схемой проводимость пласта меняется от нулевых значений (T_o – мерзлая зона) до максимальных (T , отвечающих талой зоне). Соответственно, будет изменяться водоотдача (недостаток насыщения) пласта от μ_o до μ . Причем, в качестве водоотдачи следует принимать гравитационную составляющую. В такой постановке с использованием лицензионной программы MODFLOW было выполнено численное моделирование задачи захоронения сточных вод в двух предельных вариантах:

– I вариант – минимальные значения фильтрационных параметров (зона растаяла минимально), $k_1 = 0,08$ м/сут, $\mu_1 = 0,02$;

– II вариант – максимальные значения параметров (талая зона), $k_2 = 0,4$ м/сут, $\mu_2 = 0,1$.

Закачка моделировалась в соответствии с объемами водопритоков в карьерное поле. В одну скважину сбрасывалось до 5–7,5 м³/ч рассолов в режиме свободного налива. Одновременно закачка производилась в 2 (1 год) – 6 (9–11 годы) скважин. При I варианте расчетов площадь распространения техногенного водоносного горизонта составит 0,83 км² (через 3 года) и 4,21 км² (через 11 лет). Уровни воды на участке закачки прогнозируются на отметках 490–520 абс. м (ниже тела долеритовой интрузии).

При II варианте исследований площадь распространения техногенного водоносного горизонта будет значительно меньше: 0,37 км² (через 3 года) и 2,13 км² (через 11 лет). Уровни воды на участке закачки будут существенно ниже (460–470 абс. м). Результаты моделирования свидетельствуют о том, что чем выше емкостные свойства отложений, тем меньше площадь распространения закачиваемых рассолов.

Таким образом, если закачивать на участке только дренажные рассолы (без смешивания со слабоминерализованными водами), то прогнозной емкости ММП участка «Заречный» хватит на весь период отработки запасов до отметки – 100 абс. м. При этом граница распространения закачиваемых рассолов в ММП не доходит до р. Марха и карьера.

Приведенные выше результаты численных расчетов с использованием моделирования были продублированы аналитическими оценками. При наливе рассолов через

скважину в ММП в первом приближении можно воспользоваться решением задачи о радиальной фильтрации в сухой грунт. Для этого используем зависимость радиуса растекания от фильтрационных параметров и времени [5]:

$$R^2 = \frac{2t}{\mu} \sqrt{\frac{KQ}{\pi}} + R_K^2, \quad (1)$$

где K – коэффициент фильтрации; Q – дебит закачки, соответствующий общим водопритокам в карьер; R – радиус растекания; R_K – приведенный радиус контура закачных скважин; t – время; μ – гравитационная емкость пласта (коэффициент недостатка насыщения).

Подставляя исходные данные в формулу (1), получим: $R = 943$ м. Оцененный радиус растекания не учитывает площадную конвекцию и дисперсионную составляющую. Дополнительные параметры контура вытеснения за счет разницы в плотностях получим по зависимости [1]:

$$\Delta R_n = 1,65 \sqrt{\Delta \bar{\gamma} \frac{Km}{n_\delta} t}, \quad (2)$$

где $\Delta \bar{\gamma} = \frac{\gamma_p - \gamma_o}{\gamma_o}$, γ_p – плотность рассола, γ_o – плотность пресной воды; Km – водопроводимость пласта; t – время прогноза; n_δ – пористость блока.

Введя исходные данные для расчета, получим: $\Delta R_n = 379$ м. Дополнительное перемещение контура вытеснения за счет дисперсионного переноса составит [1]:

$$\Delta R_d = 4,4 \sqrt{\frac{D}{n_o} t}, \quad (3)$$

где D – коэффициент конвективной диффузии; n_o – активная трещиноватость, 0,01.

Введя исходные данные для расчетов, получим, что дополнительное фронт поршневого вытеснения за счет конвективной дисперсии за 10 лет составит: $\Delta R_d = 138$ м. Суммируя вышеизложенное, оценим общий радиус распространения закачиваемых рассолов:

$$R_\Sigma = R + \Delta R_n + \Delta R_d = 943 + 379 + 138 = 1460 \text{ м.}$$

Минимальное расстояние от контура обратной закачки до охраняемого объекта (р. Марха) составляет 1800 м. Таким образом, условие экологической безопасности соблюдается: 1800 м > 1460 м. Проведем расчет радиуса распространения рассолов

другим способом на основе зависимости (5,25), учитывающий фазовый переход «лёд-вода»:

$$V_{on} = \frac{2}{3} \beta^* \frac{Q_o \tau}{n_\delta m} \sqrt{\tau}. \quad (4)$$

Считаем, что рассолы займут область, которую в плане можно приравнять к кругу:

$$V_{on} = \pi (R^2 - R_K^2) \cdot m \cdot n_\delta. \quad (5)$$

Из зависимости (5) найдем радиус растекания закачиваемых рассолов:

$$R = \sqrt{\frac{V_{on}}{\pi m n_\delta} + R_K^2}. \quad (6)$$

Подставим в формулу исходные данные и получим: $R = 853$ м. Расчетное значение хорошо коррелируется с R , полученным с использованием схемы фильтрации в сухой грунт ($R = 943$ м) (см. зависимость 1). Для оценки общего радиуса распространения R_Σ необходимо дополнительно учесть гравитационную и дисперсионную составляющие:

$$R_\Sigma = 853 + 379 + 138 = 1370 \text{ м.}$$

Таким образом, рассчитанные двумя способами значения радиуса распространения закачиваемых рассолов в ММП близки между собой (1370 и 1460 м), что меньше расстояния до р. Марха, находящейся на расстоянии 1800 м от участка закачки. Полученные результаты аналитических расчетов хорошо коррелируются с данными численного моделирования, что является надежной базой для дальнейшего их использования.

Список литературы

1. Бочеввер Ф.М. и др. Основы гидрогеологических расчетов. – М.: Изд-во «Недра». – 1969.
2. Дроздов А.В. Захоронение дренажных рассолов в многолетнемерзлых породах (на примере криолитозоны Сибирской платформы). – Иркутск: Изд-во ИГТУ, 2007. – 296 с.
3. Дроздов А.В. Природные и техноприродные резервуары промышленных стоков в криолитозоне (на примере Якутской части Сибирской платформы). – Якутск: Изд-во СВФУ, 2011. – 416 с.
4. Дроздов А.В., Иост Н.А., Лобанов В.В. Криогидрогеология алмазных месторождений Западной Якутии. – Иркутск: Изд-во ИГТУ, 2008. – 507 с.
5. Полубаринова-Кочина П.Я. Теория движения грунтовых вод. – М.: Изд-во «Наука». – 1977.

УДК 556.114.7 (282.247.211)

**ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО И ЕГО КОМПОНЕНТЫ
В ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДАХ ГУМИДНОЙ ЗОНЫ****Зобкова М.В., Ефремова Т.А., Лозовик П.А., Сабылина А.В.***Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН, Петрозаводск, e-mail: efromova.nwpi@mail.ru*

Представлен анализ данных по количественному составу аллохтонного и автохтонного органического вещества (ОВ) в поверхностных водах гумидной зоны. Содержание растворенного автохтонного ОВ изменялось незначительно ($1,7\text{--}4,4$ мгС/л) (по ХПК) и в среднем составляло $3,2 \pm 0,8$ мгС/л. Основное отличие исследованных водоемов было связано с различным содержанием в них аллохтонного ОВ, которое варьировалось в широких пределах, от 0,9 до 22,3 (в среднем $6,4 \pm 4,6$ мгС/л) мгС/л. В составе аллохтонного ОВ преобладают гумусовые вещества (89%), а на долю связанных углеводов приходится 7%. В автохтонном ОВ выявлены свободные углеводы (28%), липиды (3–4%) и белки (1,4%).

Ключевые слова: автохтонное и аллохтонное органическое вещество, гумусовые вещества, углеводы, липиды, белки, поверхностные воды гумидной зоны

**ORGANIC MATTER AND ITS COMPONENTS IN SURFACE WATER
OF HUMID ZONE****Zobkova M.V., Efremova T.A., Lozovik P.A., Sabylina A.V.***Northern Water Problems Institute Karelian research center of RAS, Petrozavodsk,
e-mail: efromova.nwpi@mail.ru*

The data analysis of quantitative composition of autochthonous and allochthonous organic matter (OM) in surface water of humid zone was presented. Dissolved autochthonous OM changed slightly ($1,7\text{--}4,4$ mgC/l) (by chemical oxygen demand) and averaged $3,2 \pm 0,8$ mgC/l. The main difference of investigation reservoirs was associated with different content of allochthonous OM, which varied widely from 0,9 to 22,3 mgC/l (in average $6,4 \pm 4,6$ mgC/l). Humic substances dominate as part of allochthonous OM (89%), while proportion of bound carbohydrates accounted for 7%. Free carbohydrates (28%), lipids (3–4%) and proteins (1,4%) were determined in autochthonous OM.

Keywords: autochthonous and allochthonous organic matter, humic substances, carbohydrates, lipids, proteins, surface water of humid zone

Органическое вещество (ОВ) природных вод является сложной многокомпонентной системой, состоящей из огромного числа индивидуальных соединений. Эти соединения отличаются друг от друга строением, свойствами, происхождением, размером молекул и содержанием. В зависимости от источника происхождения ОВ природных вод делят на автохтонное и аллохтонное. Автохтонное ОВ представлено биохимически легкоокисляемыми продуктами (свободные углеводы, липиды, белки, летучие органические кислоты и др.), а аллохтонное – поступает с водосбора и со сточными водами.

Существуют качественные отличительные признаки автохтонного и аллохтонного ОВ [8]:

1) по соотношению перманганатной (ПО) и бихроматной (ХПК) окисляемости (для автохтонного ОВ они меньше, чем для аллохтонного);

2) по отношению $C_{\text{орг}}:N_{\text{орг}}$ (для аллохтонного ОВ выше, чем для автохтонного);

3) по способности к биохимическому окислению (автохтонное ОВ – легкоокисляемое, а аллохтонное – трудноокисляемое);

4) по интенсивности светопоглощения в видимой (для автохтонного значения

ниже, чем для аллохтонного) и УФ области спектра (для автохтонного значения выше, чем для аллохтонного).

Для количественной оценки содержания автохтонного и аллохтонного ОВ была разработана методика разделения ОВ природных вод на автохтонную и аллохтонную составляющие адсорбцией на диэтиламиноэтилцеллюлозе (ДЭАЭ-целлюлоза) в динамическом режиме [5]. Разработанная методика позволила количественно оценить составляющие ОВ природных вод. Целью работы было установить закономерности содержания и распределения автохтонного и аллохтонного ОВ и в их составе углеводов, липидов и белков в поверхностных водах гумидной зоны.

Исследование было проведено на 17 разнотипных водных объектах Республики Карелии и Ленинградской области в течение четырех гидрологических сезонов (в 2012 г. на малых озерах Карелии (Валгомозеро, Яндомозеро, Вегарусъярви, Салонъярви, Вендюрское, Урос, Урозеро, Крошнозеро, Святозеро), в 2013 г. – озерах (Шотозеро, Сямозеро, Каменное (центр. часть и губа Камалахта), Онежское (центр. часть, Петрозаводская и Кондопожская губы) и р. Шуя)

(рис. 1). В 2014 г. наблюдения проводились в период открытой воды на крупнейших озерах Европы – Онежском, Ладожском, а также р. Неве и оз. Верхнее (рис. 2).

Материалы и методы исследования

Для количественной оценки содержания автохтонного и аллохтонного ОВ использовался адсорбционный метод [5], а также расчет по эмпирической формуле:

$$\rho_{\text{авт}} = 0,62 \text{ХПК} / \sqrt{\text{Hum}} - 0,35 [3],$$

где Hum – гумусность воды ($\text{Hum} = \sqrt{\text{цветность} \cdot \text{ПО}}$). Доли аллохтонного ОВ, полученные по адсорбции, оказались близки к расчетным по эмпирической формуле, между ними наблюдается тесная корреляция ($(\rho_{\text{алл}})_{\text{эмп}} = 1,0009(\rho_{\text{алл}})_{\text{алс}} + 0,0195$; $r = 0,92$). Выделение гумусовых веществ из аллохтонного ОВ и их разделение на фульвовые и гуминовые кислоты осуществлялось по стандартной методике [9]. Определение органического углерода осуществлялось УФ-персульфатным окислением в системе непрерывного газового потока [1].

Определение концентрации липидов и углеводов проводилось по модифицированным методикам с L-триптофановым реактивом и с фосфованилиновым соответственно [4], а белков – с Кумасси R-250 [7].

Количественное определение форм углеводов в поверхностных водах осуществлялось по следующей схеме:

- 1) общее содержание углеводов ($Y_{\text{общ}}$) в исходной воде (растворенных, связанных с гумусовыми веществами и во взвеси);
- 2) свободных углеводов ($Y_{\text{своб}}$) в воде после удаления гумусовых веществ адсорбцией на диэтиламиноэтилцеллюлозе (ДЭАЭ);
- 3) растворенных углеводов ($Y_{\text{раств}}$) в воде после удаления взвешенных веществ центрифугированием;
- 4) содержание связанных углеводов ($Y_{\text{связ}}$) устанавливали по разности растворенных и свободных углеводов: $Y_{\text{связ}} = Y_{\text{раств}} - Y_{\text{своб}}$.

5) содержание взвешенных углеводов ($Y_{\text{взв}}$) определяли по разности $Y_{\text{общ}}$ и $Y_{\text{раств}}$, а также путем анализа взвеси, выделенной на стекловолнистых фильтрах (фильтрование проб воды через стекловолнистые фильтры «Ватман» GF/F, 0,7 мкм).

Результаты исследования и их обсуждение

Как уже указывалось, в гидрохимической практике широко используются отличительные признаки автохтонного и аллохтонного ОВ (Скопинцев, Гончарова, 1987). С помощью разработанной методики разделения ОВ на автохтонную и аллохтонную составляющие [5] удалось проверить возможность использования отличительных признаков автохтонного и аллохтонного ОВ для их количественной оценки. Проведенные исследования на большом количестве образцов природной воды позволили установить значения отличительных признаков. Для соотношения ПО/ХПК величины автохтонного и аллохтонного ОВ составили 0,16–0,32 и 0,40–0,63 соответственно, для соотношения C:N значения автохтонного ОВ – меньше 15, а аллохтонного – больше 30, а соотношение $I_{\text{инт}}/\text{ХПК}$ в видимой области характеризуется низкими величинами для автохтонного (1–4) и более высокими для аллохтонного ОВ (6–9). Эти данные а также проведенный анализ зависимостей между соотношениями ПО/ХПК, C:N и $I_{\text{инт}}/\text{ХПК}$ и долей автохтонного ОВ показал отсутствие значимой корреляции между ними ($r = 0,35–0,50$). Это связано с тем, что ОВ природных вод постоянно трансформируется в ходе различных внутриводоемных процессов, в результате чего меняются и их характеристики.

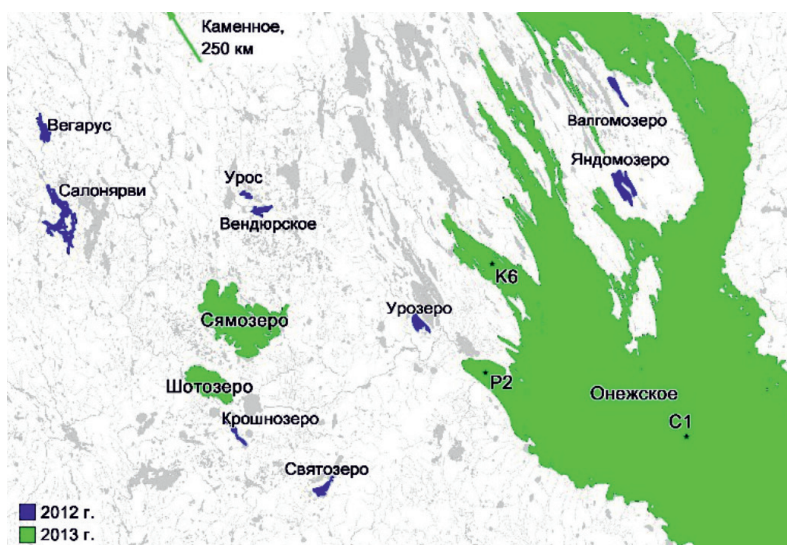


Рис. 1. Карта-схема отбора проб воды в 2012–2013 гг.

Анализируя данные по содержанию автохтонного и аллохтонного ОВ в природных водах, было установлено, что основное отличие исследованных водоемов было связано с различным содержанием в них аллохтонного ОВ при малой изменчивости автохтонного (рис. 3), что подтверждается и данными статистической обработки (табл.). Так, концентрации аллохтонного ОВ изменялись в широких пределах, от 0,9 до 22,3 мгС/л (в среднем $6,4 \pm 4,6$ мгС/л) (по ХПК), а наибольшие значения отмечены для высокогумусных озер (Верхнее, Вегарус, Салонъярви, Шотозеро), а наименьшие – для ультраолигогумусных озер (Урос и Урозеро).

В то же время содержание растворенного автохтонного ОВ изменялось в узких пределах (1,7–4,4 мгС/л) и в среднем составляло $3,2 \pm 0,8$ мгС/л. Наименьшие значения отмечены в олиготрофных озерах (Урос, Урозеро, Вендюрское и Каменное), а также в центральном плесе Онежского озера. Малая изменчивость содержания растворенного автохтонного ОВ указывает на то, что его количество не зависит от трофности водного объекта, и связано это с тем, что все исследованные объекты находятся в одной климатической зоне и продукционно-деструкционные процессы здесь протекают на одном уровне.

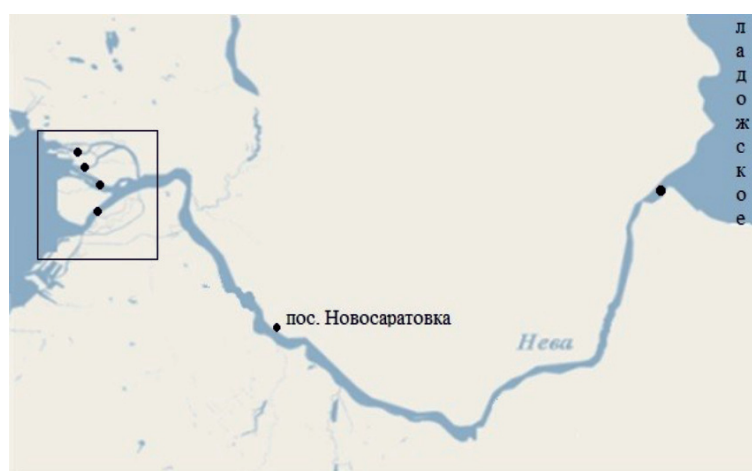


Рис. 2. Схема расположения станций отбора проб на р. Неве и в истоке из оз. Ладожское в 2014 г.

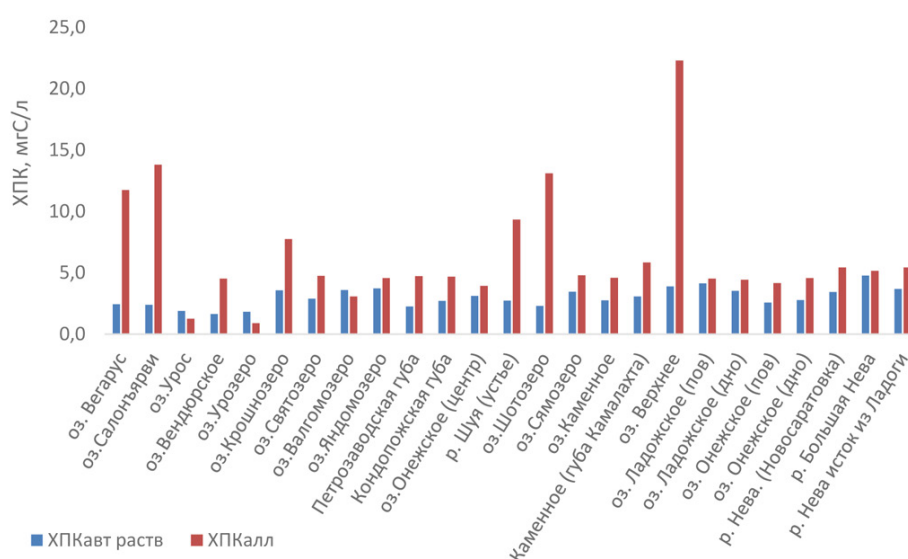


Рис. 3. Содержание растворенного автохтонного и аллохтонного ОВ в водных объектах Карелии

Статистические показатели содержания автохтонного и аллохтонного ОВ

Параметры	Автохтонное ОВ	Растворенное автохтонное ОВ	Аллохтонное ОВ	$\rho_{\text{алл}}$	$\rho_{\text{авт}}$
	мгО/л				
Минимальное значение	4,0	3,0	1,8	0,05	0,12
Максимальное значение	26,1	13,6	69,0	0,88	0,95
Среднее значение	9,8	8,0	17,1	0,58	0,42
Стандартное отклонение	3,7	2,3	13,3	0,17	0,17
Первый квартиль	7,4	6,7	9,8	0,49	0,32
Третий квартиль	11,7	9,7	21,5	0,68	0,51
Медиана	9,0	7,8	12,8	0,59	0,41

Пр и м е ч а н и е . Число проб (n) – 84.

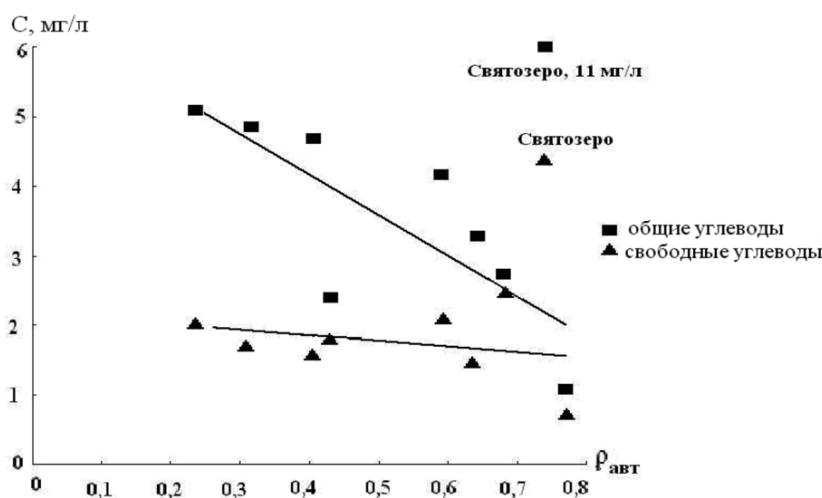


Рис. 4. Зависимость содержания углеводов в воде озер от доли автохтонного ОВ по данным наблюдений в летний период 2012 г.

Однако, при цветении воды в эвтрофных водоемах наблюдалось резкое увеличение содержания общего автохтонного ОВ и, в первую очередь, его взвешенной формы. Так, в оз. Святозеро летом 2012 г. во время цветения воды количество общего автохтонного ОВ достигало 9,3 мгС/л, из которого 68 % приходилось на взвешенную форму (6,3 мгС/л).

В 2014 г. было проведено исследование содержания гумусовых веществ в составе аллохтонного ОВ (фульвовых и гуминовых кислот) на образцах высокогумусной воды, в которых доля аллохтонного ОВ достигала 0,83. В результате было установлено, что количество гумусовых веществ составляло в среднем 89 % от суммарного содержания аллохтонного ОВ. Фульвовые кислоты превалировали в составе гумусовых веществ, на их долю приходилось в среднем 76 %, а гуминовых кислот было все-

го 24 %. Содержание углерода фульвовых кислот в различные сезоны года изменялось от 11,6 до 14,4 (в среднем $13,3 \pm 1,5$) мг/л, а углерода гуминовых – от 1,0 до 7,7 (в среднем $4,6 \pm 3,4$) мг/л.

Одновременно в исследуемых озерах в автохтонном и аллохтонном ОВ изучалось содержание биохимически лабильных веществ – углеводов, липидов и белков.

С помощью методики разделения ОВ на автохтонную и аллохтонную составляющие удалось впервые установить, что углеводы в воде представлены в трех формах: свободные в составе автохтонного ОВ, а также связанные как компонент аллохтонного ОВ и углеводы во взвеси.

Анализируя зависимость содержания углеводов от доли автохтонного ОВ, установлена важная закономерность, что общее содержание углеводов уменьшается с увеличением доли автохтонного ОВ,

а количество свободных углеводов мало меняется от его доли, за исключением эвтрофных озер в период цветения воды (рис. 4). Это доказывает, что в состав общих углеводов входят связанные углеводы, как компонент аллохтонного ОВ, а также свободные углеводы (моно, ди- и полисахариды), как часть автохтонного ОВ. Из всех объектов, представленных на рис. 4, существенно выделяется оз. Святозеро, в котором летом общая концентрация углеводов достигала 11,0 мг/л, а $Y_{\text{своб}}$ – 4,4 мг/л, но при этом наблюдалось цветение воды.

Наличие связанных углеводов является весьма закономерным, если учесть, что гумусовые вещества – это продукт конденсации лигнина, углеводов, белков и других веществ [2, 6]. По-видимому, в ходе анализа происходит расщепление гумусовых веществ с образованием углеводов и, таким образом, в связанных углеводах мы имеем углеводную составляющую гумусовых веществ.

Медианные концентрации общих углеводов в исследуемых водных объектах Карелии, включая Онежское и Ладожское озера, составили 3,3, а $Y_{\text{своб}}$ – 1,8, $Y_{\text{связ}}$ – 0,7 и $Y_{\text{взв}}$ – 0,6 мг/л. В поверхностных водах преобладают растворенные углеводы. В большей части объектов их доля равняется 82–96%, и только в эвтрофных озерах, особенно при цветении воды, она снижается до 43%. Количество углеводов во взвеси достигает небольшой величины (7–17%), в среднем 14%. Доля $Y_{\text{связ}}$ в составе аллохтонного ОВ в озерах изменялась в пределах 4–17%, в среднем – 7%. Тогда как количество $Y_{\text{своб}}$ в автохтонном ОВ было значительно больше (17–43%, в среднем 28%). Последние данные свидетельствуют о том, что $Y_{\text{своб}}$ вносят существенный вклад в автохтонное ОВ.

Содержание липидов в малых озерах Карелии изменяется в пределах от 0,10 до 0,97 мг/л (в среднем 0,32). Максимальная концентрация (0,97 мг/л) отмечалась при цветении воды эвтрофного оз. Святозеро в летний период 2012 г. В Ладожском и Онежском озерах количество липидов оказалось довольно близким к их содержанию в малых озерах (в среднем 0,33 мг/л).

Анализ связи содержания липидов от гумусности воды показал отсутствие такой зависимости, которая имела место для углеводов. Наблюдается слабый отрицательный тренд концентрации липидов с ростом гумусности воды, что связано с более высокой концентрацией липидов

в олиготрофных олигогумусных водоемах в весенний период, когда в них идет активная вегетация диатомового планктона, богатого липидами. Поэтому следует считать, что липиды в поверхностных водах находятся преимущественно в составе автохтонного ОВ и образуются в результате протекания продукционно-деструкционных процессов.

Если рассмотреть долю липидов от общего количества ОВ (по ХПК) по сезонам года, то ее среднесезонная величина изменяется в пределах 2,1–5,0%. Наибольшее значение, как и в случае содержания липидов, было отмечено весной – 5,0%. Летом и осенью оно составляло 3,5%. Зимой доля липидов была наименьшей – 2,1%. Полученные данные по количеству липидов в составе ОВ также отражают особенности функционирования фитопланктона по сезонам года. В распределении липидов по объектам выявлена следующая закономерность: наименьшая их доля отмечается в высокогумусных водоемах, а наибольшая – в олигогумусных олиготрофных озерах с высокой долей автохтонного ОВ. В составе автохтонного ОВ содержание липидов уже достигает 6,0–14%. Причем наибольшее значение отмечено в весенний период, в который, как известно, наиболее активно происходит вегетация диатомового планктона. Самая высокая доля липидов в автохтонном ОВ была отмечена летом в цветущем оз. Святозеро (14%).

Концентрация белков в малых озерах Карелии составляла 0,10–0,92 мг/л (в среднем 0,27), а в больших стратифицированных (Ладожском и Онежском) в вегетационный период изменялась в пределах 0,02–0,21 мг/л (в среднем 0,09). Доля белков от общего количества ОВ (по ХПК) в озерах составляет 1,4%. Как и в случае с липидами, не отмечается связи содержания белков с гумусностью воды, что дает основание полагать, что белки в поверхностных водах находятся преимущественно в составе автохтонного ОВ.

Заключение

Автохтонное ОВ в поверхностных водах гумидной зоны, также как углеводы, липиды и белки, характеризуется довольно малой изменчивостью их содержания, поскольку все исследованные водоемы находятся в одной климатической зоне, и продукционно-деструкционные процессы в них протекают с одинаковой интенсивностью. Единственное, что придает отли-

чие водным объектам гумидной зоны, это поступление в них аллохтонного ОВ, содержание которого изменяется в широких пределах.

Список литературы

1. Зобков М.Б., Зобкова М.В. Устройство для определения органического углерода в воде фотохимическим персульфатным окислением в системе непрерывного газового потока и ИК-Фурье спектрометрическим детектированием // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. – 2015. – № 8, Т. 81. – С. 10–15.
2. Кононова М.М. Проблема почвенного гумуса и современные задачи его изучения. – М.: Изд-во АН СССР, 1951. – 390 с.
3. Лозовик П.А. Аллохтонное и автохтонное органическое вещество в поверхностных водах Карелии / П.А. Лозовик, А.К. Морозов, М.Б. Зобков, Т.А. Духовичева, Л.А. Осипова // Водные ресурсы. – 2007. – Т. 34, № 26. – С. 225–237.
4. Лозовик П.А., Ефремова Т.А., Сабылина А.В. Количественное определение содержания углеводов и липидов в поверхностных водах // Вестник МГОУ. – 2013. – № 3. – С. 57–62.
5. Лозовик П.А., Мусатова М.В. Методика разделения органического вещества природных вод адсорбцией на диэтиламиноэтилцеллюлозе на автохтонную и аллохтонную составляющие // Вестник МГОУ. Серия «Естественные науки». – 2013. – № 3. – С. 63–68.
6. Орлов Д.С. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации. – М.: МГУ, 1990. – 325 с.
7. Руководство по современным биохимическим методам исследования водных экосистем, перспективных для промысла и марикультуры. – М.: ВНИРО, 2004. – 123 с.
8. Скопинцев Б.А., Гончарова И.А. Использование значений отношений различных показателей органического вещества природных вод для его качественной оценки // В кн.: Современные проблемы региональной и прикладной гидрохимии. – Л., 1987. – С. 95–117.
9. Унифицированные методы анализа вод. – М.: Химия, 1971. – 376 с.

УДК 624.139

ГЕОТЕРМИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ОСНОВАНИЙ ПОВЕРХНОСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ АЛМАЗОДОБЫВАЮЩИХ РУДНИКОВ ЯКУТИИ**¹Курилко А.С., ²Дроздов А.В., ¹Хохолов Ю.А., ¹Соловьев Д.Е., ²Мельников А.И.**¹*Институт горного дела Севера им. Н.В. Черского СО РАН, Якутск;*²*Институт земной коры СО РАН, Иркутск, e-mail: mel@crust.irk.ru*

В настоящей статье представлены материалы по особенностям геотермического контроля оснований поверхностных сооружений на подземных рудниках АК «АЛРОСА». Анализ исследований по развитию деформаций грунта при изменении температуры вокруг устьевой части шахтных стволов показал, что наибольшее влияние оказывают реологические процессы в зоне промерзания-протаивания. Разработана трехмерная математическая модель теплообмена грунтов под основанием башенных копров, которая позволяет учитывать реальный процесс промерзания-протаивания порового раствора мерзлого массива в спектре возможных температур при изменении теплофизических свойств и общей засоленности разреза пород по глубине. На алмазодобывающих рудниках в Якутии необходима постоянная эксплуатация систем принудительной заморозки грунтов вблизи стволов и всей охлаждающей системы свайных полей, а расчеты несущей способности криогенных оснований следует выполнять с учетом фактической обводненности и засоленности породного массива.

Ключевые слова: подземный рудник, геотермический контроль, температурный режим, мерзлые грунты**GEOTHERMAL CONTROL OF THE BASES OF SUPERFICIAL CONSTRUCTIONS DIAMOND-MINING MINES OF YAKUTIA****¹Kurilko A.S., ²Drozдов A.V., ¹Khokholov Y.A., ¹Solovev D.E., ²Melnikov A.I.**¹*Institute mining of the North of N.V. Chersky of the Siberian Branch of the Russian Academy of Science, Yakutsk;*²*Institute earth crust of the Siberian Branch of the Russian Academy of Science, Irkutsk, e-mail: mel@crust.irk.ru*

In the present article materials on features of geothermal control of the bases of superficial constructions on underground mines AC «ALROSA» are presented. The analysis of researches on development of deformations of a ground at temperature change around mouth parts of mine trunks has shown that the greatest influence render rheological processes in a zone frost penetration-thaw through. The three-dimensional mathematical model of heat exchange materials under the basis tower which allows to consider real process frost penetration-thaw through poral a solution of a frozen file in a spectrum of possible temperatures at change thermophysical properties and the general salinity of a cut of breeds on depth is developed. On diamond-mining mines in Yakutia constant operation of systems compulsory frosts materials near to trunks and all cooling system of pile fields is necessary, and calculations of bearing ability of the cryogenic bases should be carried out taking into account actual watering and salinities of a pedigree file.

Keywords: underground mine, geothermal control, a temperature mode, frozen materials

В настоящее время алмазодобывающая промышленность России переходит по основным крупнейшим месторождениям Якутии на подземный способ их отработки [1]. На рудниках АК «АЛРОСА» кимберлитовые трубки вскрываются вертикальными и наклонными стволами, над которыми устанавливаются сложные инженерные сооружения – копры. Их устойчивость над подземными выработками – вопрос общей промышленной безопасности горного предприятия, поскольку аварии при спуско-подъемах скипов или клетей из-за опасного наклона оси сооружения ведут к длительному прекращению добычи руды (кимберлита), простую обогатительных фабрик, длительному и дорогостоящему ремонту [3].

Основания фундаментов копров представлены, главным образом, высокольдистыми глинистыми отложениями, теряю-

щими свою прочность при протаивании. Поэтому существует угроза устойчивости копров на рудниках, которые являются тяжело нагруженными конструкциями со сложным тепловым режимом грунтового основания. При восстановлении мерзлого состояния фундаментов копров возникает опасность разрушения крепи стволов силами морозного пучения. Тогда возникает актуальная проблема управления процессом замораживания пород оснований фундаментов, чтобы, с одной стороны, добиться необходимой несущей способности свайного поля, а, с другой стороны, не разрушить при этом крепь шахтного ствола [2]. Нередко в устьевой части ствола, относящейся к интервалу годовых колебаний температур, происходит разрушение крепи, состоящей из бетона и чугунных тюбингов.

Необходимость контроля термомеханических процессов, протекающих при растеплении и замораживании грунтов в основаниях копров, требует создания термометрических комплексов для измерения параметров температурного поля и математических моделей для прогноза геотермического режима грунтового основания при эксплуатации сооружения. Поскольку опыт создания таких комплексов в горном деле отсутствует, актуальными являются теория и практика конструирования и обслуживания системы геотермических наблюдений в криолитозоне.

Результаты исследования и их обсуждение

Результаты проведенных инженерно-геологических изысканий на всех промплощадках рудников АК «АЛРОСА» показали, что грунтовые основания башенных копров шахтных стволов обладают различной степенью техногенной засоленности: от слабо- до сильнозасоленных. По результатам химических анализов подземные воды, вскрытые практически во всех скважинах, с высоким содержанием солей имеют хлоридный кальциевый или натриевый состав. Это указывает на их техногенный характер, при этом по степени минерализации растворы изменяются от слабосоленых до рассолов. Химический анализ водных вытяжек грунтов, к примеру, по руднику «Удачный» подтвердил хлоридный кальциевый тип засоления. Поэтому можно утверждать, что загрязнение верхнего криогенного интервала разреза произошло вследствие разлива шахтных минерализованных вод и инфильтрации их в грунты основания сооружений на промплощадке.

Для сохранения мерзлого состояния грунтов и, как следствие этого, их несущей способности на период эксплуатации копров на рудниках в каждом стволе предусмотрены замораживающие установки. В этом случае возникает неординарная задача, связанная с управлением процесса замораживания пород в их основаниях, чтобы, с одной стороны, добиться необходимой несущей способности свайных полей, а с другой, не допустить разрушения бетонной и тубинговой крепи стволов в результате негативных воздействий напряжений, возникающих при промерзании грунтов. Для достижения поставленной цели на промплощадках рудников АК «АЛРОСА» необходимо решить следующие задачи:

1. Провести анализ результатов натуральных наблюдений и оценить изменение геотермического режима верхней части криогенно-растепленного породного массива.

2. Оценить возможность наличия высококонцентрированных растворов в охлажденной породной толще и нижележащих отложениях.

3. Проанализировать имеющиеся результаты геотермического контроля.

4. Оценить пригодность проектных замораживающих систем.

5. Разработать математическую модель температурного режима породного массива, вмещающего устьевую часть стволов и площадок под фундаменты копров с учетом многих факторов, в частности: температуры замораживающей жидкости, длины скважин, их количества и места расположения, температур атмосферного воздуха и т.д. Разработать программное обеспечение для оценки несущей способности свайного основания копров и устойчивости крепи устьевой части стволов.

6. Провести численные эксперименты для выбора оптимального режима функционирования замораживающих систем.

Лабораторией горной теплофизики ИГДС СО РАН в течение ряда лет проводятся исследования по изучению тепловых и геомеханических процессов в многолетнемерзлых породах и подземных сооружениях, в том числе на специально разработанных математических моделях. При этом накоплен определенный опыт в области регулирования теплового режима рудников в криолитозоне. На основании анализа данных инженерно-геологических исследований на промплощадках установлено, что распределение льда в верхних слоях оснований неравномерно по площади, что предполагает при оттаивании неравномерное деформирование поверхности и различную степень осадок грунта. Поэтому вертикальные деформации грунта носят неравномерный характер вблизи башенных копров, что отрицательно влияет на устойчивость его конструкции. С другой стороны, и горизонтальные деформации массива носят явно выраженный временный характер, обусловленный реологическими свойствами льдистого и засоленного грунта, что требует его геомеханической оценки при процессах оттаивания-промерзания на воздействие крепи устьевой части шахтных стволов. В данных моделях деформирования предполагается, что при определенных соот-

ношениях влажности и льдистости горные породы обладают реологическими свойствами, т.е. ползучестью.

Особенности разработки алмазных месторождений Якутии приводят к необходимости учета взаимодействия засоленных подземных вод и криогенных грунтов. При этом возникает необходимость оценки температурного и концентрационного, по воде и солям, состояния мерзлых засоленных отложений, как в естественных условиях, так и при техногенном воздействии. Имеются различные методики прогноза температурного режима засоленных мерзлых пород, удовлетворительно отражающие природу происходящих в них процессов. Основная проблема при их использовании – это корректный выбор входных параметров, прежде всего температуры начала замерзания и прогноз фазового состава влаги в засоленных грунтах. Для массивов засоленных пород, приемлемые методики прогноза концентрационного режима отсутствуют. Нами сделан основной акцент на разработку математической модели и алгоритма ее реализации для расчета температурного режима засоленного разреза, находящегося в зоне действия годовых теплооборотов. В качестве выражения аппроксимирующего содержание незамерзшей воды в засоленных грунтах использованы результаты выполненных работ [4, 5, 7].

Как известно, основной проблемой при строительстве и эксплуатации зданий и сооружений в криолитозоне является поддержание требуемого (отрицательного) температурного режима грунтов, обеспечивая тем самым несущую способность свайных фундаментов и, как следствие этого, устойчивость и долговечность любых строительных конструкций. Острота этого момента ощущается практически на всех промышленных площадках рудников АК «АЛРОСА», где строительство горнотехнических объектов невозможно без применения специальных мероприятий, обеспечивающих их устойчивость. Особенно это характерно для сооружений поверхностных комплексов рудников и в большей степени шахтных стволов, оснащенных подъемными установками, свайные фундаменты и устьевые части которых подвергаются техногенному растеплению в процессе ведения проходческих и строительных работ, а также в период эксплуатации. Причинами растепления и оттаивания многолетнемерзлых грунтов

являются подача вентиляционного воздуха в рудник с круглогодичной положительной температурой; тепловое влияние обогреваемых зданий; высокая засоленность грунтов; воздействие атмосферного тепла в летний период.

Температурное поле в породном массиве, вмещающем ствол, определяется взаимодействием тепловых потоков, идущих от него и влиянием дневной поверхности. В подземные горные выработки через вентканал и ствол круглогодично подается воздух, который поддерживает положительный температурный режим с помощью калориферных установок. Все это вызывает растепление окружающих криогенных пород, негативно сказывающееся на их устойчивости. Для предотвращения негативных воздействий теплового потока, идущего от ствола предусматривается расположение вокруг ствола замораживающих установок, которые к тому же обеспечивают повышение несущей способности массива горных пород.

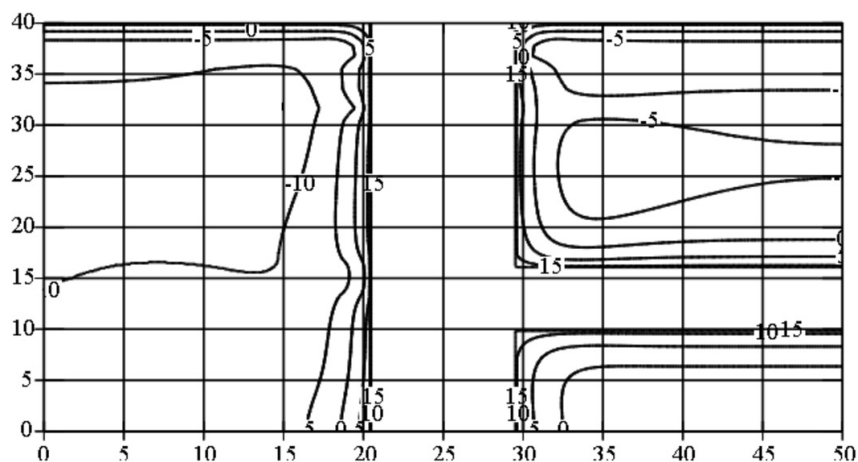
Поверхностные комплексы рудников включают громоздкие копры, свайные поля которых расположены вокруг вертикальных стволов и испытывают огромную нагрузку от их давления. В связи с этим их устойчивость гарантирована только при стабильной требуемой отрицательной температуре грунтов, обеспечивающей круглогодичное нахождение их в мерзлом состоянии, несмотря на негативное воздействие растепляющих факторов. Поддержание горных пород в основании фундаментов копров и устьевой части стволов в мерзлом состоянии осуществляется с помощью системы принудительного замораживания, состоящей из станции, галереи рассолопроводов, колонок. Общее количество замораживающих колонок в галерее заморозки зависит от диаметра ствола и изменяется от 12 до 56, при длине от 15 до 40 м. Эксплуатация замораживающей станции предусмотрена в течение всего срока существования рудника, включение и выключение ее производится на основании температуры по показаниям датчиков, установленных в термометрических скважинах. В целом система автоматизированного термоконтроля, состоящая из вертикальных и горизонтальных скважин, необходима для обеспечения стабильной, требуемой температуры грунтов в местах расположения свайного фундамента и устьевой части крепи вертикального ствола.

Расположение вертикальных термометрических скважин должно быть осуществлено с расчетом возможности обеспечения контроля каждого куста свайного поля, т.е. по две скважины на куст. Глубина термометрических скважин должна соответствовать длине свай. Температурные датчики располагаются в следующем порядке: первый датчик следует установить на нулевой отметке грунта, остальные через один метр по всей длине скважины. Для предотвращения деформирования и разрушения крепи стволов сдвиговыми напряжениями, возникающими в процессе замерзания пород в закрепном пространстве, необходимо наличие в нем демпфирующей талой кольцеобразной зоны. Следовательно, требуется оборудовать дополнительные термометрические скважины для мониторинга температурного режима породного массива между крепью ствола и замораживающими колонками и демпфирующей зоны, и также обеспечения оптимального режима работы замораживающей системы. Расположение горизонтальных скважин необходимо выполнять на основе результатов численных модельных экспериментов с учетом криогидрогеохимических условий прилегающего породного массива и особенностей системы заморозки ствола.

Для примера покажем характер изменения геометрических параметров ореола протаивания вокруг ствола ВВС рудника «Удачный» в момент отключения замораживающей станции. Расчеты проводились при следующих исходных параметрах: температура воздуха в стволе $+15^{\circ}\text{C}$, температура хладоносителя в замораживающих колонках -20°C . Режим эксплуатации замора-

живающей станции: 5 месяцев работает, 1 месяц – отключена. Результаты расчетов для наглядности представлены с интервалом 30 суток и приведены на рисунке. Как видно из рисунка, ореол протаивания (нулевая изотерма) смещается в глубь породного массива практически параллельно поверхности закрепленного ствола за исключением нижней части, где происходит его расширение, связанное с тем, что данная область находится под замораживающими колонками и их влияние на теплопритоки от ствола ослабевает.

Исходя из результатов численного моделирования для организации автоматизированного контроля температуры грунтов (горизонтальными скважинами) устьевой части ствола ВВС предлагаются следующие мероприятия. Для измерения температуры устьевой части ствола необходимо оборудовать три яруса горизонтальных термометрических скважин на отметках 8, 18 и 35 м от земной поверхности (выше и ниже уровня вентканала). В качестве обсадки скважин рекомендуется использовать металлические трубы, обладающие высокими прочностными свойствами, что важно при их установке в скважины, а также в последующей эксплуатации. Длина термометрических скважин должна быть 2,5 м. В каждую термометрическую скважину необходимо установить термогирлянды с 8 температурными датчиками. Датчики необходимо располагать в следующем порядке: первый размещается на контакте «крепь-воздух»; второй – на контакте «крепь-порода» на глубине 0,5 м; третий – на глубине 0,75 м; четвертый – 1,0 м; пятый – 1,25 м; шестой – 1,5 м; седьмой – 2,0 м; восьмой – 2,5 м.



Температурное поле вокруг ВВС через 30 суток после отключения замораживающей системы

Автоматизированная система термoкoнтрoля на рудниках позволяет снимать данные температурных датчиков и производить пересчет показаний с различной частотой по времени. Как известно, процессы теплообмена в породном массиве довольно инерционны и скорости изменения температуры относительно невелики, поэтому для определения оптимального периода проведения температурных замеров были проведены численные расчеты, позволяющие спрогнозировать скорость движения нулевой изотермы в моменты времени, когда замораживающая система работает или отключена.

Анализ исходных данных показал, что температура грунтов возле стволов имеет более высокие значения, чем температура пород в скважинах, расположенных на расстоянии от стволов, т.е. произошло повышение температуры грунтов вокруг сооружений. По результатам прогнозных расчетов, температура грунта вокруг ряда стволов в районе расположения свай фундаментов копров в основном соответствует $-2...-3^{\circ}\text{C}$, при которой поровая влага в засоленном грунте не замерзает при концентрации солей 6 и более %. Это говорит о необходимости применения дополнительных замораживающих скважин и станций для обеспечения мерзлого состояния породного массива. При этом, согласно СНиПу 2.02.04-88 [6], расчетные значения сопротивления грунтов нормальному давлению и сдвигу по поверхности смерзания надлежит принимать, как правило, по опытным данным.

Для наглядности приведем результаты модельных расчетов по стволу ВВС рудника «Удачный», которые проводились при следующих исходных параметрах: температура подаваемого воздуха в ствол $+10^{\circ}\text{C}$, температура хладоносителя в замораживающих колонках -20°C . Режим эксплуатации замораживающей станции: 2 месяца находится в работе, 2 месяца – отключена. Установлено, что изменение размеров ореола протаивания за 1 месяц носит плавный характер без резких понижений и подъемов температуры грунтов. При работе замораживающей станции за месячный период размер ореола протаивания уменьшился с 1,34 м до 0,88 м, т.е. в среднем за неделю его уменьшение составило 0,11 м. Чуть менее интенсивно идет движение нулевой изотермы при отключении замораживающей станции, а также происходит некоторая стабилизация нулевой изотермы в последу-

ющие несколько дней и затем начинается ее плавный рост.

В соответствии с модельными расчетами, для эффективного промораживания грунтов температура замерзающей жидкости должна соответствовать -20°C . Максимальная температура грунтов, при которой можно начинать нагрузку на основания сооружения, составляет не выше -7°C . В период эксплуатации копров, с учетом неоднородности грунтов и их засоленности, температуру в контролируемых точках следует поддерживать на уровне $-12...-13^{\circ}\text{C}$.

Таким образом, исходя из результатов численного моделирования изменения скорости движения нулевой изотермы, можно сделать вывод, что для оперативного мониторинга температурного поля в устьевой части стволов достаточно проводить замеры с периодичностью один раз в неделю. Оценку температурного состояния грунтов в основаниях фундаментов копров также достаточно проводить один раз в неделю для отражения полной картины температурного поля на всем контролируемом участке. Для обеспечения устойчивости башенных копров шахтных стволов необходимо заморозить обводненный и засоленный грунт, особенно в районе свайного фундамента башенного копра, с помощью системы заморозки, состоящей из морозильных колонок, галереи и замораживающей станции.

Заключение

Анализ результатов исследований на всех промплощадках подземных рудников АК «АЛРОСА» по развитию горизонтальных деформаций грунта при изменении температуры вокруг устьевой части стволов показал, что наибольшее влияние оказывают реологические процессы деформирования в зоне промерзания-протаивания. Активный рост смещений горных пород наблюдается в момент деградации мерзлых грунтов, при стабилизации зоны протаивания происходит замедление роста смещений в породном контуре выработки. Геотермическими наблюдениями с оценкой несущей способности крепи устьевых частей стволов установлено, что устойчивость массива в условиях образования трещиноватости и проявление реологических процессов в зоне протаивания мерзлых грунтов должны обеспечиваться со значительным запасом.

Разработанная трехмерная математическая модель теплообмена грунтов под основанием башенных копров с учетом тем-

пературы существующей жидкости, длины замораживающих скважин, их количества и места расположения, температуры атмосферного воздуха, степени засоленности вмещающих пород и т.д., позволяет учитывать реальный процесс промерзания-протавивания порового раствора мерзлого массива в спектре возможных температур при изменении теплофизических свойств и общей засоленности разреза по глубине.

При эксплуатации рудников на их площадках следует предусмотреть комплекс мероприятий по предотвращению прогрессирующего обводнения и засоления грунтов оснований башенных копров. Установки свай фундамента рекомендуется производить в зимний период, когда рассолы в зоне годовых колебаний температур (до 30 м) находятся в твердом состоянии. Следует отметить, что замораживание грунтов предотвращает миграцию солей, поскольку интенсивность массообменных процессов значительно снижается при понижении их температуры. Кроме того, при замораживании загрязненных пород соли вытесняются в зону с более высокой температурой. Таким образом, на алмазодобывающих рудниках Якутии необходима постоянная эксплуатация систем принудительной заморозки

грунтов вблизи стволов и всей охлаждающей системы свайных полей, а расчеты несущей способности криогенных оснований следует выполнять с учетом фактической обводненности и засоленности породного массива.

Список литературы

1. Дроздов А.В., Иост Н.А., Лобанов В.В. Криогидрогеология алмазных месторождений Западной Якутии. – Иркутск: Изд-во ИГТУ, 2008. – 507 с.
2. Козеев А.А., Изаксон В.Ю., Звонарев Н.К. Термo-и геомеханика алмазных месторождений. – Новосибирск: Наука, Сибирская издательская фирма РАН. – 1995. – 245 с.
3. Крамсков Н.П. Устойчивость копров вертикальных стволов – основа промышленной безопасности алмазодобывающих рудников // Наука и образование. – 2004. – № 1. – С. 27–34.
4. Попов В.И., Курилко А.С. Решение задач тепло-массопереноса при промерзании-оттаивании горных пород с учетом уравнения фазового состояния поровой влаги. ГИАБ. – 2006. Тематическое приложение «Физика горных пород». С. 236–244.
5. Слепцов В.И., Мордовской С.Д., Изаксон В.Ю. Математическое моделирование теплообменных процессов в многолетнемерзлых горных породах. – Новосибирск: Наука. Сибирская издательская фирма РАН, – 1996. – 104 с.
6. СНиП 2.02.04-88. Основания и фундаменты на вечномёрзлых грунтах.
7. Khokholov U.A., Solovev D.E., Kurilko A.S., Drozdov A.V. The forecast of a temperature regime of soils containing the pile foundation of a pithead on diamond-mining mines of cryolithic zone // Journal of Engineering of Heilongjiang University. – 2014. – Vol. 5, № 3. – P. 117–122.

УДК 502: 911.2; 504.54: 911.52; 519.876

РЕЙТИНГ УЧАСТКОВ С ДЕРЕВЬЯМИ НА КАДАСТРОВЫХ КВАРТАЛАХ ГОРОДА

Мазуркин П.М., Кудряшова А.И.

ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет», Йошкар-Ола,
e-mail: Little-one7@yandex.ru, kaf_po@mail.ru

По классификации ООН, среди 11 классов почвенного покрова первые три составляют травяной покров, древесно-кустарниковая растительность и леса. В городе им соответствуют три элемента растительного покрова: газоны, древесные насаждения (древостой) и кустарник обычный. Для выявления статистических закономерностей было принято зонирование городской застройки. Картографическими измерениями в ГИС «Карта 2011» г. Йошкар-Ола была выделена «Зона застройки многоэтажными жилыми домами». Рассмотрены параметры участков с деревьями: количество элементов разного уровня, площадь и периметр, коэффициенты абсолютной и относительной формы. Получены двухчленные уравнения ранговых распределений, проведен рейтинг и выбран лучший участок с деревьями по экологическим условиям.

Ключевые слова: город, кадастровые кварталы, древостой, распределения, закономерности, рейтинг, лучший участок с деревьями

A RATING OF LOTS OF TREES ON THE CADASTRAL DISTRICTS OF THE CITY

Mazurkin P.M., Kudryashova A.I.

Volga state technological University, Yoshkar-Ola, e-mail: Little-one7@yandex.ru, kaf_po@mail.ru

According to UN classification among 11 classes of soil cover the first three are grass, trees and shrubs and forests. In the city they correspond to the three elements of vegetation: lawns, tree plantings (trees) and shrub normal. To identify the statistical-sky laws were adopted, the zoning of urban development. Map measurements-tions in GIS «Map 2011» Yoshkar-Ola was dedicated «built-up Area of high-rise residential buildings». The parameters of the plots with trees: the number of elements of different levels, the square has an area and perimeter, the absolute and relative form. The obtained equations binomial rank distributions, conducted the ratings and selected the best area with trees on the environmental conditions

Keywords: city, cadastral quarter, the stands, the distribution, patterns, rating, the best site with trees

По классификации ООН [7], среди 11 классов почвенного покрова первые три составляют: травяной покров, древесно-кустарниковая растительность и леса. В городе им соответствуют три элемента растительного покрова: газоны, древесные насаждения (древостой) и кустарник обычный. Для выявления закономерностей было принято зонирование городской застройки, и картографическими измерениями в ГИС «Карта 2011» была выделена «Зона застройки многоэтажными жилыми домами (58 кадастровых кварталов)».

В зоне застройки многоэтажными жилыми домами (58 кадастровых кварталов)

были рассмотрены элементы растительности [1–6] только в виде древостоев (табл. 1).

Древостой имеют следующие параметры:

- количество элементов древостоев n_d , шт.;
- периметр земельного участка с деревьями P_d , м;
- площадь земельного участка с деревьями S_d , м²;
- коэффициент абсолютной формы $s_d = S_d / P_d$;
- коэффициент относительной формы объекта $\gamma_d = 100 S_d / P_d^2$.

Ранговые распределения. Вектор предпорядка предпочтительности «лучше → хуже» у всех пяти факторов одинаков: чем больше, тем лучше (рис. 1).

Таблица 1

Параметры кадастровых кварталов зоны многоэтажных жилых домов с ранговыми местами по значениям параметров древостоев

№ п/п	Параметры древостоя						Параметр формы			
	R_n	n_d , шт.	R_p	P_d , м	R_s	S_d , м ²	R_{as}	s_d , м	R_γ	γ_d , %
1	21	39	15	4009	12	18747	11	4,68	26	0,1166
2	46	0	46	0	46	0	46	0	46	0
3	41	1	42	66	41	185	32	2,80	3	4,2304
4	41	1	44	38	44	81	38	2,14	1	5,6728
5	9	72	2	8374	2	44657	6	5,33	38	0,0637

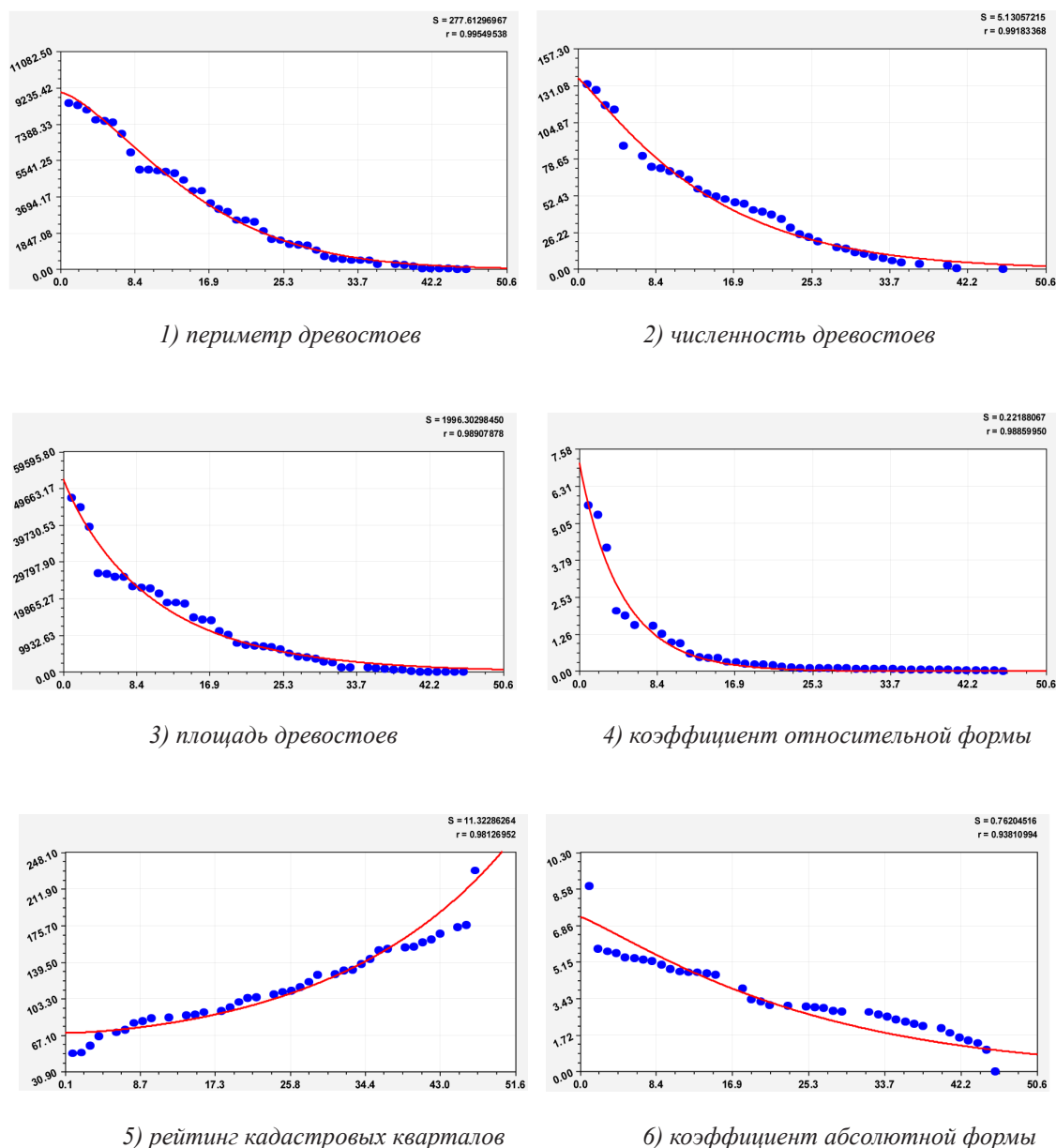


Рис. 1. Графики ранговых распределений кадастровых кварталов по древостоям

По пяти параметрам кадастровых кварталов и сумме рангов были получены уравнения ранговых распределений:

$$P_d = 9011,3378 \exp(-0,017442 R_p^{1,43765}); \quad (1)$$

$$n_d = 136,49955 \exp(-0,047978 R_n^{1,13372}); \quad (2)$$

$$S_d = 52161,437 \exp(-0,11107 R_s^{0,93199}); \quad (3)$$

$$\gamma_d = 7,10945 \exp(-0,22967 R_\gamma^{0,95344}); \quad (4)$$

$$\sum R = 69,47528 \exp(0,0025332 I_{KB}^{1,59004}); \quad (5)$$

$$s_d = 7,27000 \exp(-0,02451 R_{as}^{1,14525}). \quad (6)$$

Таблица 2

Ранговые распределения параметров древостоев на кадастровых кварталах зоны многоэтажных жилых домов города Йошкар-Ола

№ п/п	Код кадастрового квартала зоны застройки многоэтажными жилыми домами	R_n	R_p	R_s	R_{as}	R_γ	ΣR	I_{kv}
1	12:05:0303001", "", 20110916, 20110916, 20120306, 1, "", 113638.3	21	15	12	11	26	85	12
2	12:05:0702004", "", 20110916, 20110916, 20120306, 1, "", 80295.2	46	46	46	46	46	230	47
3	12:05:0704005", "", 20110916, 20110916, 20120306, 1, "", 107571.1	41	42	41	32	3	159	41
...	...	...	...	...	...	...	...	...
36	12:05:0303006", "", 20110916, 20110916, 20120306, 1, "", 208842.4	5	0	0	5	39	49	1
...	...	...	...	...	...	...	...	...
56	12:05:0503004", "", 20110916, 20110916, 20120306, 1, "", 186932.9	14	5	3	8	36	66	4
57	12:05:0202004", "", 20110916, 20110916, 20120306, 1, "", 303214.2	3	8	13	21	40	85	12
58	12:05:0203003", "", 20110916, 20110916, 20120306, 1, "", 238141.1	2	12	18	37	41	110	25
Сумма рангов ΣR		1571	1586	1586	1578	1586	7907	—
Рейтинговое место показателя		1	3	3	2	3	—	—

Наиболее точно получается периметр древостоев, а с наибольшей погрешностью учитывается коэффициент абсолютной формы древостоев.

Рейтинг факторов по рангам. Без статистического моделирования можно выявить значимость каждого из пяти факторов, а также определить рейтинг среди 58 кадастровых кварталов (табл. 2).

Первое место получил кадастровый квартал № 0303006. Суммированием по 58 строкам получаем рейтинг факторов. Как показатель на первом месте оказалась численность древостоев на кадастровом квартале.

Далее проведем факторный анализ участков с деревьями.

Исходные данные. Они приведены в табл. 3. В ней нулями показано отсутствие древостоя на этом земельном участке. Из пяти факторов получаются $5^2 = 25$ отношений, из которых пять являются закономерностями ранговых распределений. А $25 - 5 = 20$ формул характеризуют бинарные отношения между факторами.

Таблица 3

Значения параметров древостоев подзоны 11

№ п/п	Параметры древостоя			Параметр формы	
	n_d , шт.	P_d , м	S_d , м ²	s_d , м	γ_d , %
1	39	4009	18747	4,68	0,1166
2	0	0	0	0	0
3	1	66	185	2,80	4,2304
4	1	38	81	2,14	5,6728
5	72	8374	44657	5,33	0,0637
...	...	...	...	...	...

Рейтинг факторов по коэффициентам корреляции. В табл. 4 приведены коэффициенты корреляции закономерностей.

По рейтингу среди влияющих переменных на первом месте оказался периметр древостоя, на втором – площадь древостоя и на третьем – численность древостоев на кадастровом квартале. Как показатель на первом месте находится периметр, на втором – численность и на третьем месте – площадь земельного участка с деревьями.

Таблица 4

Корреляционная матрица и рейтинг факторов по детерминированным моделям

Факторы как объясняющие переменные x	Факторы-показатели y					Сумма коэф. корр.	Рейтинг I_x
	n_d , шт.	P_d , м	S_d , м ²	s_d , м	γ_d , %		
Численность n_d , шт.	0,9918	0,8882	0,7832	0,2871	0,3979	3,3482	3
Периметр P_d , м	0,8918	0,9955	0,9557	0,7391	0,3957	3,9778	1
Площадь S_d , м ²	0,7807	0,9657	0,9891	0,7902	0,3641	3,8898	2
Абсол. форма s_d , м	0,5534	0,6437	0,5387	0,9381	0,0334	2,7073	4
Относит. форма γ_d , %	0,4230	0,4200	0,2874	0,0334	0,9886	2,1524	5
Сумма коэфф. коррел.	3,6407	3,9131	3,5541	2,7879	2,1797	16,0755	—
Рейтинг I_γ	2	1	3	4	5	—	0,6430

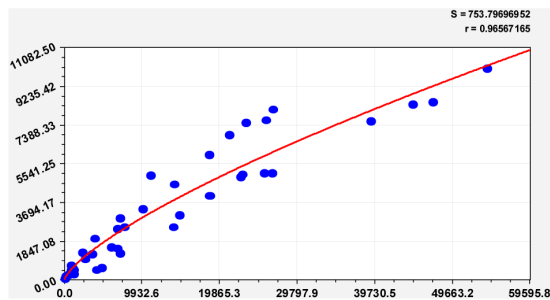
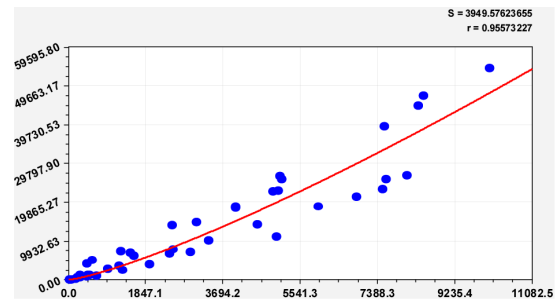
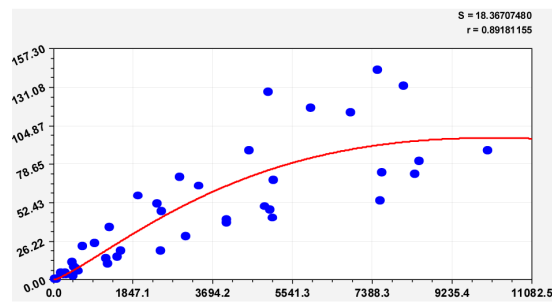
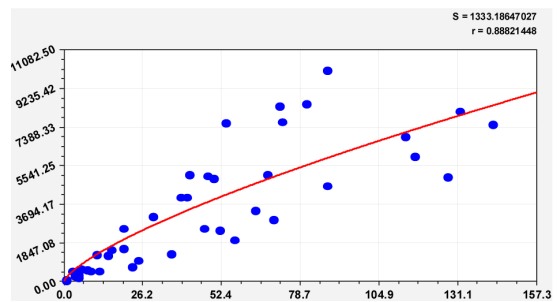
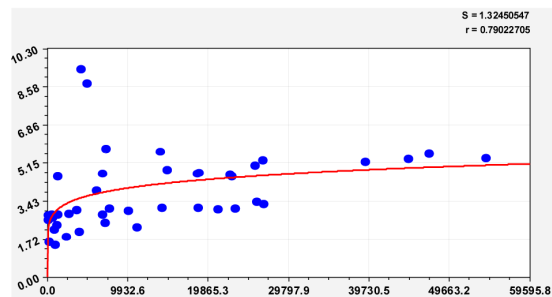
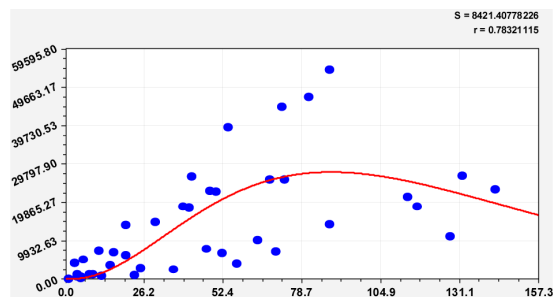
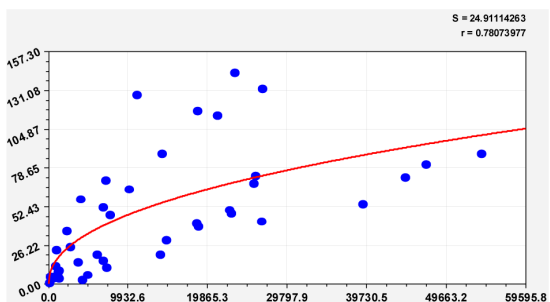
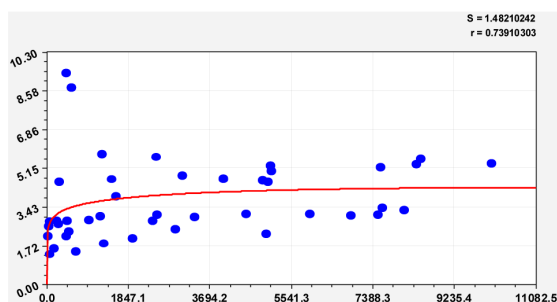
1) зависимость $-P_d = f(S_d)$ 2) формула $-S_d = f(P_d)$ 3) выражение $-n_d = f(P_d)$ 4) закономерность $-P_d = f(n_d)$ 5) зависимость $-s_d = f(S_d)$ 6) формула $-S_d = f(n_d)$ 7) выражение $-n_d = f(S_d)$ 8) закономерность $-s_d = f(P_d)$

Рис. 2. Графики бинарных связей кадастровых кварталов по лесостоям

Таблица 5

Корреляционная матрица бинарных отношений факторов

Факторы как объясняющие переменные x	Факторы-показатели y				
	n_d , шт.	P_d , м	S_d , м ²	s_d , м	γ_d , %
Численность n_d , шт.		0,8882	0,7832	0,2871	0,3979
Периметр P_d , м	0,8918		0,9557	0,7391	0,3957
Площадь S_d , м ²	0,7807	0,9657		0,7902	0,3641
Абсол. форма s_d , м	0,5534	0,6437	0,5387		0,0334
Относит. форма γ_d , %	0,4230	0,4200	0,2874	0,0334	

Таблица 6

Корреляционная матрица по сильным бинарным связям при $r \geq 0,7$

Факторы как объясняющие переменные x	Факторы-показатели y				
	n_d , шт.	P_d , м	S_d , м ²	s_d , м	γ_d , %
Численность n_d , шт.		0,8882	0,7832		
Периметр P_d , м	0,8918		0,9557	0,7391	
Площадь S_d , м ²	0,7807	0,9657		0,7902	
Абсол. форма s_d , м					
Относит. форма γ_d , %					

Таблица 7

Рейтинг бинарных отношений параметров древостоев

Влияние $x \rightarrow y$	Формула влияния фактора $x \rightarrow y$	Коэф. корр.
$S_d - P_d$	$P_d = 3,56584 S_d^{0,73047}$	0,9657
$P_d - S_d$	$S_d = 0,47163 P_d^{1,25062}$	0,9557
$P_d - n_d$	$n_d = 0,0028896 P_d^{1,26625} \exp(-0,00012574 P_d^{0,99894})$	0,8918
$n_d - P_d$	$P_d = 227,92906 n_d^{0,72767}$	0,8882
$S_d - s_d$	$s_d = 1,17844 S_d^{0,13345}$	0,7902
$n_d - S_d$	$S_d = 4,53595 n_d^{2,50512} \exp(-0,028403 n_d)$	0,7832
$S_d - n_d$	$n_d = 0,74593 S_d^{0,45025}$	0,7807
$P_d - s_d$	$s_d = 1,74926 P_d^{0,10707} \exp(-8,79382 \cdot 10^{-6} P_d)$	0,7391

Корреляционная матрица бинаров. Рассмотрим коэффициенты корреляции бинарных биотехнических закономерностей (табл. 5).

Из 20 уравнений выбираем закономерности с допустимым уровнем адекватности по коэффициенту корреляции (рис. 2). Чаще всего выделяют сильные связи с коэффициентом корреляции $r \geq 0,7$, именно они считаются относительно надежными в расчетах.

Из 20 формул остались 8 уравнений (табл. 6 и табл. 7), имеющие тесноту связи по коэффициенту корреляции более 0,7, то

есть которые относятся к сильным связям. Поэтому они могут быть применены при составлении комплекса уравнений у имитационной модели поведения древостоев на кадастровых кварталах города.

Статистическим моделированием параметров участков с деревьями можно найти биотехнические закономерности высокой адекватности.

Заключение

Среди лесных насаждений первое место получил участок № 39 по 88 эле-

ментам, по рейтингу среди влияющих переменных на первом месте оказалась площадь древостоя, на втором – периметр участка с деревьями, как показатель на первом месте находится периметр древостоя, на втором – площадь земельного участка с деревьями.

Список литературы

1. Кудряшова А.И. Рейтинг земель Тульской области по районам // «Опыт прошлого – взгляд в будущее» – 4-я Международная научно-практическая конференция молодых ученых и студентов. Материалы конференции: ТулГУ, Тула, 2014. – С. 376–381.
2. Мазуркин П.М., Кудряшова А.И. Динамика онтогенеза листьев дерева. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2015. – 172 с.
3. Мазуркин П.М., Кудряшова А.И. Закономерности онтогенеза листьев деревьев. Динамика роста листьев липы и березы в чистой и загрязненной автомобильными
- выхлопами городской среде. – Германия: LAB LAMBERT Academic Publishing, 2015. – 100 с. ISBN 978-3-659-68893-2.
4. Мазуркин П.М., Кудряшова А.И., Фадеев А.Н. Закономерности распределения кадастровых участков города Йошкар-Ола // Труды Поволжского ГТУ. Сер.: Технологическая. Вып. 3. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2015. – С. 259–263.
5. Мазуркин П.М., Кудряшова А.И., Фадеев А.Н. Закономерности распределения кадастровых кварталов в общественно-деловой зоне города // Матер. междунар. научно-практ. конф. «Управление территорией: современные подходы и методы». – Пенза: ПГУАС, 2015. – С. 58–62.
6. Мазуркин П.М., Кудряшова А.И., Фадеев А.Н. Вейвлет-анализ распределений центров кадастровых кварталов города // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. – 2015. – № 8. – С. 61–70.
7. Günther Fischer, Harrij van Velthuisen, Mahendra Shah, Freddy Nachtergaele. Global Agro-ecological Assessment for Agriculture in the 21st Century: Methodology and Results. International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Viale delle Terme di Caracalla. Rome, Italy, 2002. URL: <http://webarchive.iiasa.ac.at/Research/LUC/SAEZ/index.html>.

УДК 502; 504.54

АНАЛИЗ ВИДОВОГО СОСТАВА ЛУГОВОЙ ТРАВЫ**Михайлова С.И., Мазуркин П.М.***ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет», Йошкар-Ола,
e-mail: cveta1978_01@mail.ru, kaf_po@mail.ru*

Предлагаемое техническое решение относится к измерению качества различных видовых комплексов трав и травянистых растений на пробах, преимущественно на пойменных лугах, и может быть использовано в экологическом мониторинге территорий с травяным покровом. Рассмотрен коэффициент коррелятивной вариации для множества из 32 видов травяных и травянистых растений. Приведены модели относительной встречаемости и обилия видов с волновыми составляющими колебательной адаптации травяного покрова к изменениям окружающей среды. Дано эвристическое объяснение каждой составляющей статистической модели. Доказано, что поведение травяных растений вполне можно изучать по изменению ранговых распределений относительной встречаемости видов растений по убыванию ранга и обилия видов растений по каждому рангу на выделенном участке пойменного луга.

Ключевые слова: луговая трава, травянистые растения, закономерности, видовой состав**ANALYSIS OF COMPOSITION MEADOW GRASS****Mikhailova S.I., Mazurkin P.M.***Volga state technological University, Yoshkar-Ola, e-mail: cveta1978_01@mail.ru, kaf_po@mail.ru*

The invention relates to the measurement of the quality of different types of complexes grasses and herbaceous plants on the samples, mainly on floodplains, and can be used in-Vano environmental monitoring areas with grass. Considered a correlation coefficient of variation for a set of 32 kinds of grass and herbaceous plants. The models of the relative occurrence and abundance of species with vibrational wave components sward adaptation to environmental changes. Given heuristic explanation of each component of the statistical model. It is proved that the behavior of herbaceous plants it is possible to study the change of rank distributions relative occurrence of plant species descending rank and abundance of species in each rank on a dedicated section of the floodplain meadows.

Keywords: meadow grass, herbaceous plants, patterns, species composition

Луга и поля – это динамично меняющееся, богатое сообщество разнообразных растений, которые соперничают между собой за свет, воду и питательные вещества – минеральные соли и микроэлементы. Верхний ярус образуют светолюбивые растения; двулистные здесь редки. Самый нижний ярус состоит из видов, хорошо переносящих недостаток света. Состав и вид луговых растений зависит не только от деятельности человека, но и от характера местности: качества почвы, разлива рек, уровня грунтовых вод, направления ветров, а также видов насекомых и птиц – потенциальных переносчиков семян [1, 2].

Продолжение изобретений [3–5] относится к измерению качества различных видовых комплексов трав и травянистых растений на пробах, преимущественно на пойменных лугах, и может быть использовано в экологическом мониторинге территорий с травяным покровом, а также относится к ландшафтам малых рек с луговой растительностью и может быть использовано при оценке видового разнообразия травы по наличию отдельных видов растений.

Существующие способы. Известен способ испытания пробы травяных растений по патенту № 2389015, включающий

отмечание контура площадки на месте взятия пробы травяных растений, после срезки травы с площадки пробу сразу же взвешивают на весах около площадки, а после первого взвешивания пробу травы размещают на естественную сушку в сухом и безветренном месте, затем после высыхания пробу травы взвешивают.

Недостатком является то, что способ предполагает неделимость пробы на отдельные элементы по видовому составу, и это не позволяет проводить анализ пробы по видовому составу травяных и травянистых растений по наличию видов.

Известен также способ испытания травяного покрова на пойме малой реки (патент № 2384048), включающий выделение на малой реке или её притоке визуальное по карте или натурно участка пойменного луга с испытываемым травяным покровом, затем на этом участке по течению малой реки или её притока в характерных местах размечают не менее трех гидрометрических створов в поперечном направлении в пределах водоохраной зоны, вдоль каждого гидрометрического створа размечают не менее трех пробных площадок с каждой стороны малой реки или её притока, а после выявляют закономерности показателей проб травы.

Недостатком является невозможность учета наличия видов травяных и травянистых растений на пробных площадках.

Технический результат – повышение точности учета наличия видов травяных и травянистых растений, упрощение процесса анализа видового состава без проведения измерений, повышение функциональных возможностей сравнения проб травы по относительной встречаемости и обилию видов на разных пробных площадках, причем без срезания с них травяных проб.

Сущность технического решения заключается в том, что вместо крупной площадки размерами 2,00×2,00 м для подсчета обилия видов на всем выделенном участке пойменного луга выделяются пробные площадки всего размерами 0,50×0,50 м, но в совокупности обеспечивающие площадь не менее 4 м². Минимальное количество пробных площадок равно 3 створа×6 площадок = 18 шт. Общая площадь в минимальном случае будет равной $18 \times 0,50 \times 0,50 = 4,50 \text{ м}^2$, что больше требуемой площади на 4,00 м².

Сущность технического решения заключается также и в том, что опыты по определению видового состава травы можно проводить без срезки проб травы и без измерений расстояний поперек, вдоль и по высоте расположения пробной площадки. Это позволяет заложить постоянные пробные площадки.

На них приходится только сосчитать количество видов травы.

Положительный эффект достигается тем, что общее количество видов в составе всех 18 проб показывает качество травяно-

го покрова на данном мозаичном участке по биоразнообразию. Выявление математической связи с видовым составом происходит по показателю относительной встречаемости видов на пробных площадках пойменного луга по сторонам малой реки. При этом участок пойменного луга принимается за цельный объект исследования.

Новизна технического решения заключается в том, что впервые доказаны закономерности видового распределения. Коэффициент коррелятивной вариации позволяет сравнивать участки одной и той же реки или даже разных малых рек между собой. Относительная встречаемость видов растений и обилия в каждом ранге позволяют оценить экологическое качество территории выделенного участка на пойменном лугу.

Результаты исследования и их обсуждение

Объект исследования – земельные участки на территории племенного завода «Азановский» Медведевского района Республики Марий Эл с растительным покровом в травяной пойме реки Манага (рис. 1).

Предмет исследования – закономерности влияния расстояния поперек и вдоль реки, а также закономерности влияния высоты от уреза воды на видовой состав травяного покрова.

Манага – левый приток Малой Кокшаги, длина реки равна 27 км, площадь водосбора – 194 км². Участок по течению реки Манага расположен с северо-востока на юго-запад. Исследования проводились в июле 2011 года.



Рис. 1. Схема расположения пробных площадок на пойменном лугу

Таблица 1

Наличие травяных и травянистых растений на пробных площадках в 2011 году

Наименование травы	Наличие видов травы по номерам площадок 0,50×0,50 м																		Кол-во
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
1. Тысячелистник обыкновенный	1	1		1	1	1				1	1	1			1	1	1	1	12
2. Анис обыкновенный	1	1		1	1	1		1	1				1	1	1		1	1	12
3. Вероника дубравная	1				1	1	1		1				1	1		1		1	9
4. Герань луговая	1		1	1	1	1		1		1			1		1		1		10
5. Одуванчик луговой					1	1	1	1		1	1	1	1	1	1		1		11
6. Подорожник ланцетный						1												1	2
7. Щучка дернистая		1				1	1			1		1						1	6
8. Тимофеевка луговая						1	1		1	1									4
9. Земляника лесная	1			1		1	1		1					1	1				7
10. Тростник обыкновенный	1	1		1	1		1	1	1	1	1	1	1		1		1	1	14
11. Манжетка	1			1		1					1								4
12. Мать-и-мачеха				1										1					2
13. Ежовник петушье просо		1		1											1		1		4
14. Василек луговой	1			1			1			1				1	1				6
15. Репей				1															1
16. Вейник обыкновенный			1							1			1				1	1	5
17. Польша		1								1		1					1		4
18. Гулявник лекарственный		1																	1
19. Пырей ползучий		1						1	1										3
20. Незабудка мелкоцвет.		1																	1
21. Донник лекарственный желтый		1																	1
22. Гусиная лапка	1																		1
23. Лютик ползучий	1																		1
24. Белоус торчащий												1							1
25. Клоповник сорный												1							1
26. Цикорий										1					1	1			3
27. Лисохвост луговой										1									1
28. Плевел многолетний									1								1		2
29. Клевер красный							1												1
30. Костер безостый																		1	1
31. Вьюнок полевой														1	1				2
32. Зверобой продырявленный														1					1
Численность видов	10	10	2	10	6	10	8	5	7	7	8	7	6	8	10	3	9	8	134

Нами был выбран метод пробных площадок, при изучении травы пробные площадки размерами 0,5×0,5 м и площадью в 0,25 м². Для соблюдения постоянных условий отбор проб на пойменном лугу предложено проводить в период созревания травы.

Для количественного учета растительности, прежде всего, необходимо определить видовой состав биоценоза, выявить характер распределения растений по площади. Это дает возможность выяснить годичную изменчивость, смену видов и устойчивость видового состава луга. Размещение пробных площадей в пространстве для методов геоботанического исследования может быть типическим или случайным.

При типическом отборе определение места заложения пробной площадки выполняется после визуального изучения всей совокупности растительности. Применяют типический отбор при качественных исследованиях, что позволяет экономить время на стадии полевых исследований.

Сначала визуально была изучена с обеих сторон береговая линия малой реки Манага и травяной покров на пойменном лугу, далее натурно были намечены места расположения восемнадцати пробных площадок пойменного луга. По течению реки выбирали три створа и с каждого створа по обеим сторонам реки по три пробы.

На выбранном первом створе, на расстоянии 90 м от кромки воды, обознача-

ем первую пробную площадку размером 0,5×0,5 м. Для упрощения процесса установления пробной площадки, был изготовлен квадратный шаблон из деревянных реек. На выбранную учетную площадку накладываем шаблон с внутренним сечением в 0,25 м² и после этого проводим учет видов растений.

При анализе видового состава в хозяйственно-ботаническом отношении в пойме реки Манага было отмечено несколько групп растений.

Наличие всех 32 видов травяных и травянистых растений приведено полностью в табл. 1. Нумерация видов была произвольной.

В табл. 2 даны некоторые расчетные показатели по рангам, которые приняты по вектору предпорядка предпочтительности «лучше → хуже»: чем больше количество пробных площадок, на которых встречается данный вид растения, тем экологически лучше данный участок луга.

На 18 площадках встречается 134 заполненных клетки по наличию данного вида травы. Теоретически могут быть заполнены все $32 \times 18 = 576$ клеток. Тогда **коэффициент коррелятивной вариации** по численности видов травы равен $134 / (32 \times 18) = 134 / 576 = 0,2326$.

Таблица 2

Ранговое распределение встречаемости и обилия видов растений

Наименование травы	Параметры распределения			Обилие видов	
	Ранг, R	Количество, видов N	Встречаемость, видов P	Ранг, R	Обилие, O
1. Тысячелистник обыкновен.	1	12	0,6667	1	2
2. Анис. обыкновенный	1	12	0,6667		
3. Вероника дубравная	4	9	0,5000	4	1
4. Герань луговая	3	10	0,5556	3	1
5. Одуванчик луговой	2	11	0,6111	2	1
6. Подорожник ланцетный	10	2	0,1111	10	4
7. Щучка дернистая	6	6	0,3333	6	2
8. Тимофеевка луговая	8	4	0,2222	8	4
9. Земляника лесная	5	7	0,3889	5	1
10. Тростник обыкновенный	0	14	0,7778	0	1
11. Манжетка	8	4	0,2222		
12. Мать-и-мачеха	10	2	0,1111		
13. Ежовник петушье просо	8	4	0,2222		
14. Василек луговой	6	6	0,3333		
15. Репей	11	1	0,0556	11	12
16. Вейник обыкновенный	7	5	0,2778	7	1
17. Польша	8	4	0,2222		
18. Гулявник лекарственный	11	1	0,0556		
19. Пырей ползучий	9	3	0,1667	9	2
20. Незабудка мелкоцветная	11	1	0,0556		
21. Донник лекарств. желтый	11	1	0,0556		
22. Гусиная лапка	11	1	0,0556		
23. Лютик ползучий	11	1	0,0556		
24. Белоус торчащий	11	1	0,0556		
25. Клоповник сорный	11	1	0,0556		
26. Цикорий	9	3	0,1667		
27. Лисохвост луговой	11	1	0,0556		
28. Плевел многолетний	10	2	0,1111		
29. Клевер красный	11	1	0,0556		
30. Костер безостый	11	1	0,0556		
31. Вьюнок полевой	10	2	0,1111		
32. Зверобой продырявлен.	11	1	0,0556		
Численность видов	—	134	7,4444	—	32
Встречаемость видов B	—	4,1875	0,2326	—	—

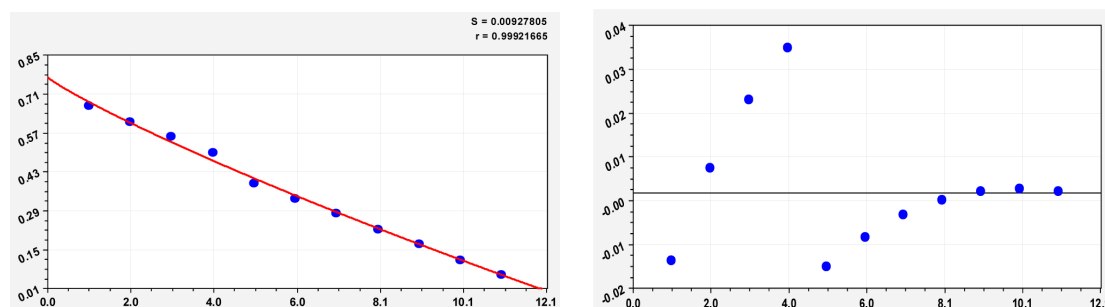


Рис. 2. График изменения по рангам относительной встречаемости видов травы и остатки после формулы (1)

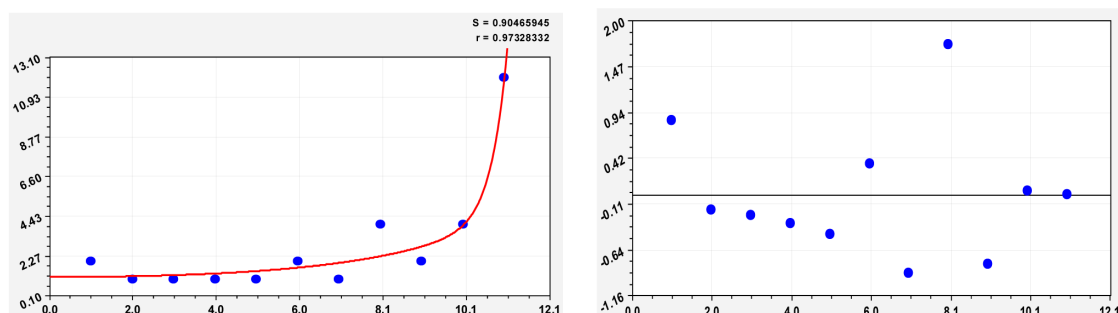


Рис. 3. График рангового распределения обилия видов растений без ограничений роста количества видов и остатки от формулы (2)

Этот показатель является универсальным и может применяться для сравнения разных участков на одной реке и даже на разных реках.

Средняя встречаемость видов равна 4,1875 пробным площадкам. А среднее арифметическое значение численности видов на одной пробной площадке равно 7,4444 видам травяных и травянистых растений. По коэффициенту корреляции в каждой клетке таблицы находится в среднем 0,2326 вида.

Биотехнические закономерности. После моделирования в программной среде CurveExpert-1.40 была получена (рис. 2) формула вида

$$P = 0,77083 \exp(-0,072079 R^{0,82913}) - 0,036191 R^{1,00222}, \quad (1)$$

где P – относительная встречаемость видов травяных и травянистых растений, $0 \leq P \leq 1$, R – ранг количества видов растений, $R = 0,1,2,\dots$. Ранговое распределение идентифицируется с коэффициентом корреляции 0,9992.

Обилие видов показывает количество видов, встречающихся при одном и том же ранге, то есть этот показатель является одноранговым.

По данным табл. 2 обилие видов определяется (рис. 4) двухчленной формулой:

$$O = 1,13732 \exp(0,0072132 R^{2,19220}) + 2,61126 R^{2,92452}. \quad (2)$$

Однако из рис. 3 видно, что с дальнейшим продолжением рангов при условии $R \geq 12$ по формуле (3) будет обилие видов только возрастать.

Коэффициент корреляции формулы (3) равен 0,9733. Однако рост по двум законам (экспоненциальному и показательному) не может продолжаться бесконечно долго с дальнейшим повышением ранга.

При условии $R = 12$ обилие видов равно нулю, т.е. $O = 0$.

Поэтому с дополнительным учетом точки (12; 0) получим (рис. 4):

$$O = 0,81311 \exp(0,13802 R) + 6,04774 \cdot 10^{-72} R^{111,82033} \exp(-9,94337 R^{0,96681}) - 3,83523 \cdot 10^{-16} R^{15,92609}. \quad (3)$$

Коэффициент корреляции этой формулы равен 0,9739, то есть чуть больше по сравнению с формулой (3).

Эвристически эта формула становится адекватной содержательному смыслу обилия видов растений. Первая составляющая по закону экспоненциального роста показывает увеличение обилия с возрастанием рангов. Это естественный процесс. Но дальнейшие составляющие связаны с антропогенным воздействием на луговой биогеоценоз. Вторая составляющая по биотехническому закону показывает стрессовое возбуждение популяции из 32 видов травы, когда мало обеспеченных условиями произрастания видов становится больше на каком-то интервале достатка (между

рангами от 10 до 12, точно при условии $R_{opt} = 11$).

Третья составляющая является кризисной (отрицательный знак перед составляющей), и она очень быстро (с интенсивностью показательного роста 15,92609) тормозит дальнейший рост обилия видов травы.

По остаткам на рис. 3 и 4 видно, что существуют волновые составляющие, то есть, как было нами доказано ранее, живые растения пытаются приспособливаться к изменениям в окружающей их среде колебательных возмущений.

Это и происходит (рис. 5) по формуле вида

$$O = O_1 + O_2 + O_3 + O_4, \quad (4)$$

$$O_1 = 1,07088 \exp(0,068413R), \quad O_2 = 3,05685 \cdot 10^{-71} R^{111,82580} \exp(-10,12050 R^{0,96681}),$$

$$O_3 = -3,70699 \cdot 10^{-17} R^{16,72983}, \quad O_4 = A \cos(\pi R / p - 3,03076),$$

$$A = 4,23281 \cdot 10^{-43} R^{115,29289} \exp(-17,49955 R^{1,00093}), \quad p = 0,42358 + 0,035139 R^{0,99920},$$

где A – амплитуда (половина) колебания, p – полупериод колебательной адаптации растительного покрова к окружающей среде.

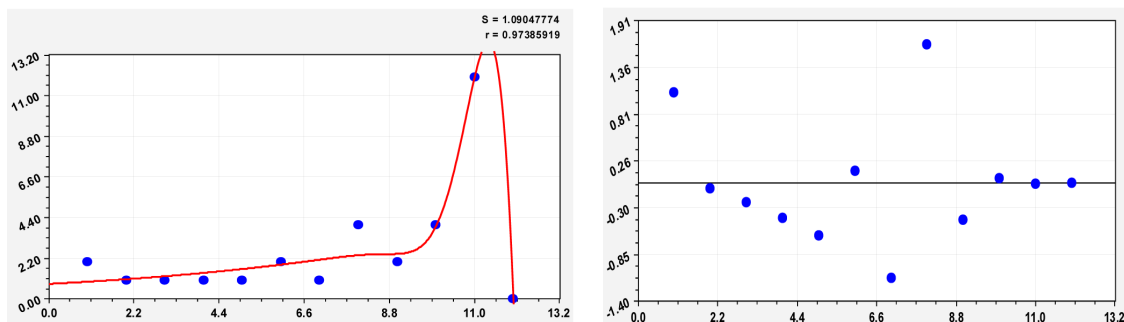


Рис. 4. График рангового распределения обилия видов растений при ограничении роста обилия видов и остатки после уравнения (3)

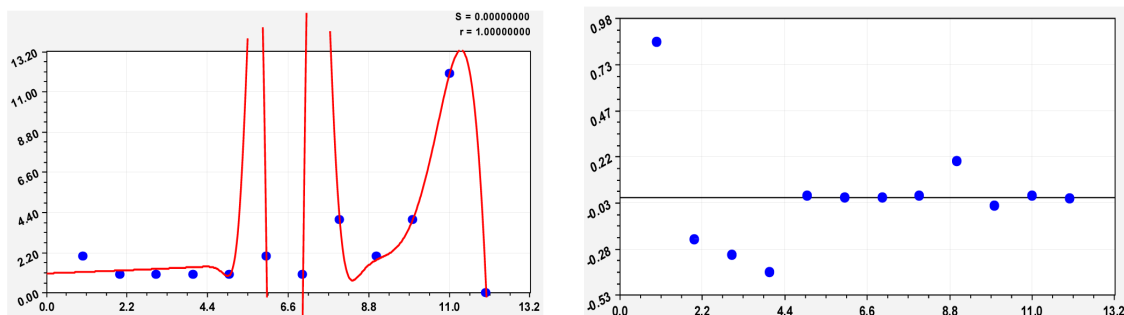


Рис. 5. Общий график и остатки после формулы (3), при ограничении роста количества видов, и дополнительной волновой составляющей колебательной адаптации травы

Здесь положительный знак перед волновой функцией показывает, что происходит позитивная для травяной растительности колебательная адаптация. При этом полупериод возрастает по закону показательного роста, и частота колебания снижается. Это указывает на благоприятные условия для травяного покрова. Но сами колебания, как видно из рис. 5, происходят в интервале $5 \leq R \leq 9$. Адекватность формулы (3) равна по коэффициенту корреляции 1,0000.

Заключение

Поведение травяных растений вполне можно изучать по изменению ранговых распределений относительной встречаемости видов растений по убыванию ранга и обилия видов растений по каждому рангу на выделенном участке пойменного луга. При этом не требуется выполнять геодезических измерений и тем более не нужно срезать траву с пробных площадок. Причем видовой состав вполне можно изучать на множестве пробных площадок размерами $0,50 \times 0,50$ м.

Предлагаемое изобретение упрощается по исполнению и дает возможность ежегодного экологического мониторинга разных участков пойменного луга.

Список литературы

1. Мазуркин П.М., Михайлова С.И. Анализ видового состава луговой травы. Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2015. – 151 с.
2. Михайлова С.И., Мазуркин П.М. Ландшафтно-экологическая роль пойменного луга малых рек. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2011. – 154 с.
3. Пат. 2540353, Российская Федерация, МПК А 01 G 23 / 00 (2006.01). Способ анализа урожайности луговой травы от высоты пробной площадки над урезом малой реки / Мазуркин П.М., Михайлова С.И., Ямбаева О.С.; заявитель и патентообладатель Поволжский гос. технолог. ун-т. № 2013136793/13; заявл. 06.08.2013; опубл. 10.02.2015. Бюл. № 4.
4. Пат. 2547763, Российская Федерация, МПК А 01 G 7 / 00, А 01 G 23 / 00, G 01 C 5 / 00 (2006.01). Способ анализа видового состава луговой травы от высоты пробной площадки над урезом малой реки / Мазуркин П.М., Михайлова С.И., Ямбаева О.С.; заявитель и патентообладатель Поволжский гос. технолог. ун-т. № 2013136761/13; заявл. 06.08.2013; опубл. 10.04.2015. Бюл. № 10.
5. Пат. 2556981, Российская Федерация, МПК А 01 G 23 / 00 (2006.01). Способ распределения видов луговой травы по массе свежесрезанной пробы / Мазуркин П.М., Михайлова С.И., Ямбаева О.С.; заявитель и патентообл. Поволжский гос. технолог. ун-т. № 2013136726/13; заявл. 06.08.2013; опубл. 20.07.2015. Бюл. № 20.

УДК 04-130 05-732, 04-170 05-730

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОЗЕР ОАЗИСОВ ХОЛМОВ ЛАРСЕМАНА И ШИРМАХЕРА (ВОСТОЧНАЯ АНТАРКТИДА)**¹Нигаматзянова Г.Р., ^{2,3}Федорова И.В.**¹ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», Казань,
e-mail: gulnaraniga@mail.ru;²ФГБУ «Арктический и антарктический научно-исследовательский институт»,
Санкт-Петербург, e-mail: i.fedorova@otto.nw.ru;³Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург

В работе представлены результаты оценки современного экологического состояния четырех репрезентативных пресноводных водоемов оазисов Холмы Ларсеманн и Ширмахера (Восточная Антарктида) на основе гидрологических и гидробиологических показателей. Гидрохимические показатели озер имеют довольно большой диапазон и изменяются в течение летнего сезона. Фосфор является основным биогенным элементом, лимитирующим первичную продукцию в водоемах. Согласно полученным данным, исследованные озера относятся к олиготрофному типу по трофности и качеству вод, характеризуются различными экологическими показателями, обладают высокой степенью самоочищающей способности как благодаря наличию большого объема воды, так и за счет высокой фильтрационной активности зоопланктона. Однако рассмотренные водоемы характеризуются низкими показателями устойчивости к изменениям параметров окружающей среды.

Ключевые слова: гидробиология, гидрология, водные экосистемы, антарктические оазисы**ASSESSMENT OF THE ECOLOGICAL STATE OF THE LARSEMANN HILLS AND THE SHIRMACHER OASES LAKES (EAST ANTARCTICA)****¹Nigamatzyanova G.R., ^{2,3}Fedorova I.V.**¹Kazan (Volga region) Federal University, Kazan, e-mail: gulnaraniga@mail.ru;²Arctic and Antarctic Research Institute, St. Petersburg, e-mail: i.fedorova@otto.nw.ru;³Saint Petersburg State University, St. Petersburg

The article presents the results of a current ecological status estimation of four representative freshwater lakes of The Larsemann Hills and The Schirmacher Oases (East Antarctica) based on hydrologic and hydro-biological indicators. Hydrochemical indicators of lakes have a large range and change during a summer season. Phosphorus is a key nutrient element limiting primary production in water body. According to received data, investigated lakes belong to the oligotrophic type of trophic status and water quality. They have a high ability of a self-cleaning according to both a huge water volume and zooplankton high filtration activity. Considered lakes are characterized by low resistance for environmental parameter changes.

Keywords: hydrobiology, hydrology, aquatic ecosystems, Antarctic oases

В связи с труднодоступностью антарктических водных объектов большая часть из них до сих пор остается малоизученной. Так как водоемы антарктических оазисов являются достаточно хрупкими экосистемами, резко реагирующими на изменения окружающей среды [10], встаёт вопрос об оценке их современного состояния, изучении их устойчивости к климатическим и антропогенным воздействиям и прогнозировании дальнейшей направленности развития водных экосистем. С 2006 г. в летний сезон проводится мониторинг репрезентативных озер оазисов Ширмахера и Холмы Ларсеманн (Восточная Антарктида). Характеристика современного экологического состояния пресноводных водоемов оазисов была выполнена на основе изучения гидробиологического разнообразия, моделирования водных экосистем и оценки влияния гидрологических факто-

ров на структурные и количественные показатели зоопланктонного сообщества; были выполнены расчеты лимитации продукции органического вещества содержанием биогенных элементов, подсчитаны индексы видового разнообразия (Шеннона – Уивера), рассчитана скорость фильтрации зоопланктоном для оценки самоочищения озер. В качестве репрезентативных объектов выбраны 4 водоема: озера Прогресс и Степпед (оазис Холмы Ларсеманн) и озера Верхнее и Водоросли (оазис Ширмахера), характеризующиеся различными морфометрическими и гидробиологическими свойствами, а также имеющие различную степень антропогенной нагрузки. Для исследований были использованы данные измерений, выполненных в летний сезон 2006–2007 гг. (52-я Российская антарктическая экспедиция (РАЭ)) в оазисе Ширмахера, летом 2011–2012 гг. (57-я РАЭ), 2012–2013 гг.

(58-я РАЭ) и 2014–2015 гг. (60-я РАЭ) в оазисе Холмы Ларсеманн.

Материалы и методы исследования

Исследуемые водные объекты расположены на территории оазисов Восточной Антарктиды. Озера Прогресс и Степпед оазиса Холмы Ларсеманн (координаты озера 69°24'4.52» ю.ш., 76°23'15.62» в.д. и 69°22'32.81» ю.ш., 76°23'8.94» в.д. соответственно) были выбраны как репрезентативные в связи с использованием воды из озера Прогресс в качестве питьевой на полярных станциях оазиса и наличия непосредственного антропогенного влияния на оз. Степпед, расположенного поблизости с российской полярной станцией «Прогресс» и китайской – Zhongshan. Приледниковое оз. Прогресс имеет максимальную глубину 34 м, площадь поверхности 0,158 км² и гомотермию почти круглый год. Глубина озера Степпед чуть более 5 м, площадь поверхности 0,005 км², вода прогревается за летние месяцы до +8–9°С [9]. Оазис Ширмахера, отделенный от моря на 80–100 км шельфовым ледником, характеризуется континентальным генезисом большинства озерных вод с влиянием талого стока с ледника в летний период. Озера Верхнее и Водоросли (координаты 70°77'63,71 ю.ш., 11°80'99,21 в.д. и 70°77'18,67 ю.ш., 11°78'52,83 в.д. соответственно) данного оазиса отличаются обратной термической стратификацией большую часть года. Максимальная глубина озера Водоросли – 2 м, площадь озера – 0,046 км²; дно сложено валунами и песком. Озеро Верхнее имеет каменистое дно, максимальная глубина озера 7,7 м, площадь озера – 0,042 км².

Экологическое состояние озер было оценено на основе нескольких методов:

1. Оценка самоочищения водной экосистемы по отношению деструкции к валовой первичной продукции органического вещества [2].
2. Оценка количественных показателей зоопланктона и расчет на их основе индекса видового разнообразия Шеннона-Уивера [11].
3. Определение трофического статуса озер по гидрологическим и гидробиологическим показателям [2].
4. Анализ гидрохимических показателей озер, включая содержание биогенных элементов и оценка лимитации содержанием биогенных элементов в воде продуцирования органического вещества фитопланктоном озер [2].
5. Оценка устойчивости озёрной экосистемы к изменению параметров естественного и антропогенного режимов на основе индексно-балльного метода [3].

Результаты исследования и их обсуждение

Для определения оценки самоочищения водных экосистем оазиса Холмы Ларсеманн применялся метод отношения деструкции (D) органического вещества к валовой первичной продукции ($P_{\text{вал}}$), которые рассчитывались согласно методике Дмитриева В.В. [2]. Согласно полученным расчетам в озере Прогресс $P_{\text{вал}}$ составляет 0,003 мгС/м²; деструкция – 0,024 мгС/м². Их отношение $D/P_{\text{вал}}$ равно 7,1, указывает на высокие способности водоема к самоочищению. В озере Степпед первичная продукция намного

(почти в 600 раз) выше, что объясняется малыми глубинами водоема, хорошим прогревом воды и наличием достаточного количества биогенных элементов ввиду близкого расположения полярной станции и, соответственно, антропогенной нагрузки на водоем. Это создает оптимальные условия для развития фитопланктона. Для оз. Степпед $P_{\text{вал}} = 0,036$ мгС/м², $D = 1,542$ мгС/м². Согласно выполненным расчетам, самоочищающая способность озера Степпед ниже, чем озера Прогресс, т.к. $D/P_{\text{вал}}$ – отношение равно 4,3. Для озера Верхнее и Водоросли оазиса Ширмахера была использована кислородная модификация скляночного метода определения первичной продукции на разных глубинах [2]. Для озера Водоросли $P_{\text{вал}} = 0,04$ мгС/м² (среднее значение), $D = 0,131$, $D/P_{\text{вал}}$ – отношение составило 3,3. В оз. Верхнее первичная продукция низкая – $P_{\text{вал}} = 0,002$ мгС/м², деструкция $D = 0,028$ мгС/м², $D/P_{\text{вал}} = 9,3$. Соотношение $D/P_{\text{вал}} > 1$, что свидетельствует о высокой самоочищающей способности водоемов. По показателям первичной продукции (по классификации Likens, 1975) [2] все исследуемые водоемы относятся к олиготрофному типу.

Согласно данным обработки гидробиологических образцов в зоопланктоне оз. Прогресс по численности преобладают коловратки, в основном эндемик Антарктиды *Philodina gregaria* (Muntau, 1910), среднее значение численности озера 179 экз./м³; биомассу определяют ветвистоусые ракообразные, среднее значение биомассы зоопланктона 1,3 мг/м³. В оз. Степпед численность и биомасса определяется крупными эндемичными рачками *Daphnia studei* (Ruhe, 1914), средние показатели численности 2729 экз./м³ и 814,17 мг/м³. Как и в случае с первичной продукцией, количественные показатели зоопланктонных сообществ оз. Степпед много выше по сравнению с оз. Прогресс, что можно объяснить благоприятными условиями, которые устанавливаются в летние месяцы на мелководном водоеме. По количественным показателям зоопланктона был рассчитан индекс видового разнообразия Шеннона-Уивера, значения которого в среднем составили для оз. Прогресс 1,46 (по численности), для оз. Степпед – 0,94 (по численности). Данные показатели весьма низки и характеризуют исследуемые водоемы как загрязненные, что можно объяснить функциональной зависимостью между индексом и числом видов в сообществе озера [8], т.к. исследуемые сообщества имеют

достаточно низкое видовое разнообразие с выраженной степенью доминирования отдельных видов [1].

На основе данных по биомассе зоопланктона была определена *трофность озер* оазиса Холмы Ларсеманн по *фильтрационной активности (ФА)* зоопланктона. Так, фильтрационная активность зоопланктона оз. Прогресс в среднем составила $0,00003 \text{ сут.}^{-1}$, в оз. Степпед – $0,23 \text{ сут.}^{-1}$. Скорость фильтрации в оз. Степпед выше, чем в оз. Прогресс, что, очевидно, связано в целом с большей продуктивностью водоема. Время осветления воды зоопланктоном $T = 1/ФА$ для озера Прогресс составляет порядка 146 лет (при оптимальной температуре водоема 5°C), а для озера Степпед – 15 дней (при оптимальной температуре воды 10°C).

Гидрохимическая характеристика озер. Минерализация водоемов оазиса Холмы Ларсеманн варьируется от 11 до 970 мг/л, но вода озер может быть солоноватой – до 1500 мг/л. Значительная соленость озер в летний период объясняется малым поступлением талой воды из-за отсутствия снежников на водосборах и, соответственно, слабым разбавлением солей. Минерализация озер оазиса Ширахера, по большей части, меньше 500 мг/л. Однако в некоторых водоемах происходит возрастание минерализации в летний сезон более 1000 мг/л в связи с разбавлением солей, находящихся на дне озерных ванн [7]. Для оценки качества вод и состояния экосистемы очень важно определить содержание биогенных, лимитирующих первичную продукцию элементов в воде и растворенного кислорода. В табл. 1 и 2 приведены значения некоторых гидро-

химических показателей для рассматриваемых озер оазиса Ширахера и Холмы Ларсеманн.

Согласно данным 60-й РАЭ [5], содержание растворенного кислорода в среднем составляет 9,3 мг/л по сравнению со средним значением для 2012 года – 10,8 г/л. Содержание кремния варьируется от 16,98 мг/л в оз. Степпед до 24,55 мг/л в оз. Прогресс. Достаточно низкое содержание минерального фосфора может указывать на то, что данный элемент является лимитирующим в экосистеме данных водоемов. По более ранним исследованиям [7], водоемы оазиса относятся к хлоридно-натриевым III типа, минерализация меняется от 10 до 2000 мг/л [4], большинство водоемов имеют нейтральную или слабокислую среду. Отличаются значения нитратов в озерах. Так, в 2012 году содержание $N-NO_3$ в оз. Прогресс не превышало 0,06 мг/л, а в 2015 г. – 0,11 мг/л. Для оз. Степпед характерны большие различия: для 2012 года отмечена концентрация 0,58 мг/л, для 2015 года это значение было 0,14 мг/л. Различна и концентрация железа в воде озер: для приледникового оз. Прогресс оно составило 1,9 мкг/л, для оз. Степпед – 36,2 мкг/л.

Согласно полученным гидрохимическим характеристикам и критериям оценки трофности по литературным источникам [2], озера Прогресс и Степпед по концентрации фосфора и нитритного азота являются олиготрофными. По концентрации растворенного кислорода в % насыщения озера также являются олиготрофными.

Таблица 1

Гидрохимические показатели озер оазиса Холмы Ларсеманн

№ п/п	Озера	Дата отбора	Концентрация								
			мг/л								мкг/л
			O ₂ , мг./л	Si-SiO ₃ »	P-PO ₄ '''	N-NO ₃ '	N-NO ₂ '	N-NH ₄ '	Рорг	Норг	Fe ⁺³ +Fe ⁺²
Данные 57-й и 58-й РАЭ											
1	Прогресс	15.01.12	10,3			0,06*					
2	Степпед	16.01.12	11,3			0,58*					
	Данные 60-й РАЭ										
1	Прогресс	05.02.15	9	24,55	0,05	0,11	0,03	0,51	0,1	11,23	1,9
2	Степпед	05.02.15	9,5	16,98	0,05	0,14	0	0,53	0,2	22,47	36,2

Примечание. * Данные 58-й РАЭ получены с использованием оборудования ресурсного центра Научного парка СПбГУ «Ресурсный Образовательный Центр по направлению «химия».

Таблица 2

Гидрохимические и температурные характеристики озёр оазиса Ширмахера

Название озера	Дата экспресс-анализа	Глубина отбора пробы, м	Минерализация, мг/л	Температура воды, °С	pH	Содержание кислорода	
						мг/л	% нас.
Оз. Верхнее, измерения со льда толщиной 1,3 м	02.12.06	0	043	0,4	7,5		
		3,5	052	4,0	7,4		
		7,5	081	4,7	7,4		
	03.12.06	0		0,2		13,84	
		3,5		4,9		16,67	
		7,7		5,5		15,15	
Оз. Водоросли, измерения со льда толщиной 0,9 м	04.12.06	0	117	0,2	7,6	14,13	96
		2	628	4,7	7,4	14,62	
	06.12.06*	0	505	4,7	7,1	17,96	147
		1	249	1,1	6,9	16,66	117
	03.01.07**	Пов.	290	7,2	6,9	3,17	34

Примечания. *Измерения с пробуренной в предыдущий день лунки, **измерения с поверхности освободившегося ото льда озера.

Как видно из табл. 2, содержание кислорода по глубине озёр Верхнее и Водоросли примерно одинаковое. Заметно увеличение содержания кислорода на дне оз. Верхнее. Это, скорее всего, связано с наличием водорослей на дне водоема, которые в процессе фотосинтеза выделяют кислород, обогащая придонные слои. Значение минерализации в оз. Водоросли, выше, чем в оз. Верхнее, что можно объяснить разницей источников питания: для оз. Верхнее основным приходным элементом водного баланса является талая вода примыкающего к леднику снежника, для оз. Водоросли – снежник на водосборе озера, воды которого при таянии и поступлении в озеро обогащаются солями. Наличие большей концентрации солей подо льдом по сравнению с придонными слоями объясняется вымораживанием солей в зимний период при формировании льда. Однако для оз. Водоросли в первый день измерений минерализация была больше именно в придонном слое из-за более активных окислительно-восстановительных реакций с грунтом. Значение pH характеризует водоемы как нейтральные и слабощелочные. Для озёр оазиса Ширмахера характерна обратная стратификация подо льдом. Однако после вскрытия льда в озерах происходит смена стратификации, температура воды на поверхности повышается. Так, для оз. Водоросли она возросла до 7,2 °С. По гидрохимическому типу озера Водоросли и Верхнее относятся к хлоридно-натриевым, очень мягким. Вода оз. Верхнее ультрапресная и с относительно повышенной

минерализацией по сравнению с оз. Водоросли, где сумма ионов достигает 628 мг/л.

Была проведена оценка лимитации содержанием биогенных элементов продуцирования органического вещества фитопланктоном на основе концентраций аммонийного (нитритного, нитратного азота) и минерального фосфора [6] по модели Михаэлиса – Ментен – Моно. Рассчитывается, во сколько раз недостаток того или иного биогенного элемента уменьшает максимально возможную интенсивность первичного продуцирования органического вещества фитопланктоном. Согласно полученным результатам, недостаток азота в водах озёр Прогресс и Степпед (имеющих в феврале 2015 г. содержание нитратов 0,06 мг/л и 0,58 мг/л соответственно) уменьшает максимально возможную удельную скорость роста фитопланктона в верхнем метровом слое воды примерно в 5 раз. Недостаток в воде фосфора уменьшает максимально возможную удельную скорость роста фитопланктона в 10,7 раз для обоих озёр. Этот модельный расчет подтверждает то, что основным биогенным элементом, лимитирующим в летний период первичную продукцию в озёрах элементом, является фосфор.

Устойчивость водных объектов к изменению параметров естественного режима, антропогенному эвтрофированию и изменению качества воды проводилась на основе балльно-индексного метода путем последовательного суммирования индексов для соответствующих признаков, разрядов и баллов по таблицам, получения суммар-

ной балльной оценки и нахождению в итоге класса и подкласса устойчивости водоема режимов [3]. Согласно сумме баллов по устойчивости водоемов оз. Прогресс относится к IV классу (устойчивость ниже средней); оз. Степпед и оз. Верхнее озариса Ширмахера – к III классу (среднеустойчивое); оз. Водоросли – ко II-му классу устойчивости (весьма устойчивое). Т.е. наиболее крупное и олиготрофное приледниковое озеро более уязвимо к изменению параметров режимов, чем меньшие озера с продуктивной экосистемой.

Заключение

Для рассмотренных водоемов оазисов Восточной Антарктиды Холмы Ларсеманн и Ширмахера можно отметить, что, несмотря на олиготрофный тип, водоемы имеют различные характеристики экологических показателей. Так, по индексу видового разнообразия Шеннона-Уивера озера Прогресс и Степпед оазиса Холмы Ларсеманн относятся к загрязненным водоемам (значение индекса 1,46 и 0,94 соответственно). Однако оба эти озера имеют достаточно высокую самоочищающую способность, только для озера Прогресс это связано, в большей степени, с возможностью разбавления талыми водами ледника и наличием большого объема воды приледникового озера, а для о. Степпед немаловажным является высокая фильтрационная активность зоопланктона.

Гидрохимические параметры озер имеют довольно большой диапазон и изменяются в течение летнего сезона – с момента покрытия льдом до окончания таяния. Заметны также особенности влияния природных условий и биоты на гидрохимический состав: вымораживание солей при замерзании льда и повышение концентраций солей в подледном слое, а также увеличение минерализации и растворенного кислорода в придонном слое водоемов. Отмечено, что в летний период именно фосфор является основным биогенным элементом, лимитирующим первичную продукцию в водоемах. В целом, недостаток биогенных элементов в воде уменьшает максимально возможную удельную скорость роста фитопланктона в верхнем метровом слое воды примерно в 5 раз (по содержанию азота) и в 10,7 раз (по концентрациям фосфора).

Три из четырех рассмотренных озер оазисов имеют устойчивость ниже средней,

что говорит о возможных значительных изменениях экосистем озер при климатических или антропогенных на них воздействиях. Менее уязвимым является озеро Водоросли с установившимися параметрами гидрологического режима, развитой экосистемой и отсутствием прямого антропогенного воздействия.

Авторы благодарят за предоставленные гидрохимические данные (пробы 60-й РАЭ) Духову Л.А., а также за логистическую поддержку проведения экспедиционных работ РАЭ.

Работы выполнены при поддержке гранта РФФИ № 15-35-50949-мол_нр. Часть гидрохимических анализов (пробы 58-й РАЭ) получена с использованием оборудования ресурсного центра Научного парка СПбГУ «Ресурсный Образовательный Центр по направлению химия» СПбГУ.

Список литературы

1. Алимов А.Ф. Элементы теории функционирования экосистем. – СПб.: ЗИН РАН, 2000. – 147 с.
2. Дмитриев В.В. Диагностика и моделирование водных экосистем. – СПб.: СПбГУ, 1995. – 215 с.
3. Дмитриев В.В., Панов В.Е., Прякина Г.В. Методические указания по учебно-производственной практике «Экологическое состояние водных объектов». Учебно-методическое пособие. – СПб.: ВВМ, 2010. – 115 с.
4. Зубов А.И., Краснов А.А. Научно-технический отчет о выполнении программы сезонных гидроэкологических работ на станции Прогресс в период сезона 57 РАЭ. Из фондов ААНИИ. – СПб., 2012.
5. Нигаматзянова Г.Р., Федорова И.В., Духова Л.А. Результаты мониторинга зоопланктонных сообществ пресноводных озер оазиса Холмы Ларсеманн (Восточная Антарктида) // VIII Международная (заочная) научно-практическая конференция «Современные тенденции развития науки и технологий». – Белгород, 2011. В печати.
6. Полевая гидрологическая практика / Под ред. В.С. Вуглинского. Раздел 3. Гидроэкологические работы на озере. Учебная практика студентов 2-го курса. – СПбГУ, 2000. – С. 84–115.
7. Федорова И.В., Саватюгин Л.М., Крылов С.С., Романовская М.В. Характеристика водоемов и водотоков оазиса Ширмахера (Восточная Антарктида) по материалам гидрологических и георадиолокационных исследований в период МПГ // Международное совещание по итогам МПГ. – Сочи, 2009. – 28 с. http://www.onlinereg.ru/chugaev/tez_ipy.doc.
8. Шитиков В.К., Розенберг Г.С., Зинченко Т.Д. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации. – Тольятти: ИЭВБ РАН, 2003. – 463 с.
9. Cromer L., Gibson J.A.E., Swadling K.M., Hodgson D.A. Evidence for a lacustrine faunal refuge in the Larsemann Hills, East Antarctica, during the Last Glacial Maximum // Journal of Biogeography. – 2006. – Vol. 33. – P. 1314–1323.
10. Laybourn-Parry J., Pearce D.A. The Biodiversity and Ecology of Antarctic Lakes: Models for Evolution / Philosophical Transactions: Biological Sciences, Vol. 362, No. 1488, Antarctic Ecology: From Genes to Ecosystems. Part 2: Evolution, Diversity and Function, 2007. – P. 2273–2289.
11. Shannon C. The Mathematical Theory of Communication. – Urbana, Univ. of Illinois Press, 1949. – 117 p.

УДК 550.34

СЕЙСМОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЮГО-ЗАПАДА ТУВЫ**¹Овсюченко А.Н., ²Бутанаев Ю.В., ²Прудников С.Г., ²Кужугет К.С.**¹*Институт физики Земли РАН, Москва;*²*Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов СО РАН,
Кызыл, e-mail: jyra3@mail.ru*

В работе представлены результаты сейсмогеологических исследований Юго-Запада Тувы. Эта область давно известна своей высокой сейсмической активностью и яркими геологическими проявлениями очагов сильных землетрясений. В процессе полевых наблюдений были изучены активные разломы: шапшальский, монгун-тайгинский, кызыл-хайский, кобдинский и устю-ыйматинский. Выявлены и изучены следы сейсмогенной активизации рельефа (последствий древних землетрясений) и активных тектонических деформаций земной поверхности. В выявленных разломах обнаружены сейсмостектонические разрывы, сейсмогравитационные образования (оползни, обвалы и т.п.) и сейсмовибрационные структуры (следы сейсмогенного разжижения рыхлых обводнённых осадков). Установлено, что этот высокоактивный сейсмостектонический узел очень опасен, может вызвать разрушительные землетрясения на огромной территории с $M > 7,0$. На основе палеогеографических данных, также удалось датировать возраст последнего обновления Монгун-Тайгинского разлома.

Ключевые слова: сейсмостектоника, активный разлом, уступ, ров**SEISMOGEOLOGICAL RESEARCHES OF THE SOUTHWEST OF TUVA****¹Ovsyuchenko A.N., ²Butanaev Y.V., ²Prudnikov S.G., ²Kuzhuget K.S.**¹*Schmidt Institute of Physics of the Earth of the RAS, Moscow;*²*Tuvian Institute for Exploration of Natural Resources, SB RAS, Kyzyl, e-mail: jyra3@mail.ru*

The results of seismogeological researches of the South-West Tuva are presented. This area has long been known for its high seismic activity and geological manifestations of the bright foci of strong earthquakes. In the process of field observation active faults have been studied (shapshal', mongun-tayga, kyzyl-khay, kobdinsk i ustyuyymat). Traces of seismogenic activation of the relief [the effects of ancient earthquakes] and active tectonic deformations of the earth's surface are identified and studied. Seismotectonic ruptures, seismogravitational formations (landslides, avalanches, etc.) and seismic vibration structures (traces of seismogenic liquefaction of loose watery precipitations) were detected in the identified faults. It has been determined that this highly active seismotectonic knot is very dangerous, can cause a devastating earthquake on the vast territory with $M > 7$. On the basis of paleogeographic data, the age of the last renovation of the Mongun-Taiga's fault was dated.

Keywords: seismotectonics, active fault, shoulder, moat

Рельеф рассматриваемого орографического узла самым тесным образом связан с активными разломами. Горные хребты, межгорные впадины, нагорные плато и горные массивы здесь обнаруживают конформность геологическому строению и четкое соответствие темпам и характеру молодых тектонических процессов, т.е. представляют собой классические морфоструктуры. Это вытянутые в северо-западном направлении хребты Шапшальский, Цаган-Шибету и отделённые от них Джулукульской и Каргинской впадинами горный массив Монгун-Тайга и хр. Чихачева. Джулукульская и Каргинская межгорные впадины едины в морфотектоническом отношении, как друг с другом, так и прилегающей с востока Урэг-Нурской, представляя собой тектоническую депрессию рампового типа, выполненную континентальными отложениями раннеюрского, миоценового и позднеплиоцен-четвертичного возраста. Ярко выраженной границей впадины с Шапшальским и Цаган-Шибетинским хребтами служит

Шапшальский взбросо-надвиг. Этот разлом, по которому хребты взброшены в южном и юго-западном направлении на межгорные впадины, вытянут вдоль фронта обширной торцовой границы Западного Танну-Ола и Западного Саяна с Алтайской горной страной.

Рассмотрение сейсмичности последних двух с половиной-трёх веков показало, что за этот период успели проявить себя следующие сейсмогенерирующие структуры: Чуйско-Толбонурско-Сагсайская; Урэг-Нурско-Шапшальская и Кобдинская. Эти структуры представлены цепочками активных разломов, объединённых закономерным сочетанием зон горизонтального сдвига, сжатия и растяжения. Современные сильные землетрясения показывают сложную структуру очага с разным количеством отдельных ветвей в сдвиговом поле деформаций. Очевидно, что описанные основные закономерности строения современных сейсморазрывов характерны и для палеосейсмодислокаций, что было хорошо показано на примере Монголии [5].

Сейсмогеологические исследования

В процессе полевых наблюдений ставилась задача выявления и изучения всех возможных следов сейсмогенной активизации рельефа и активных тектонических деформаций земной поверхности. Основное внимание было направлено на выявление активных разломов, с которыми связаны сейсмотектонические разрывы, сейсмогравитационных образований (оползней, обвалов и т.п.) и сейсмовибрационных структур (следов сейсмогенного разжижения рыхлых обводнённых осадков).

Благодаря почти полному отсутствию лесов, открытости и хорошей обнажённости, район исключительно благоприятен для геоморфологических наблюдений и использования материалов дистанционного зондирования. Хорошими маркерами при отслеживании молодых тектонических деформаций являются широко развитые здесь следы плейстоценового оледенения и речные террасы. Молодые разрывные деформации этих форм рельефа обнаружены в зонах нескольких основных разломов (рис. 1).

Шапшальский разлом представляет собой взбросо-надвиг, по которому каледонский структурный ярус надвинут или взброшен на мезозойский и кайнозойский структурно-вещественные комплексы [2, 3].

В изученном районе разлом очень ярко выражен в рельефе в виде уступа, секущего позднеплейстоценовые морены, ледниковые трог и более молодые речные террасы. В целом, уступ следует вдоль подножия Шапшальского и Цаган-Шибетинского хребтов на многие километры. Основной особенностью морфологии уступа является его извилистый характер. Уступ вдаётся в речные долины вверх по течению и отступает в южном направлении на гребнях отрогов хребта между долинами. Такое поведение уступа указывает на пологое залегание разрыва в недрах и надвиговую кинематику смещений.

В истоках р. Каргы позднеплейстоценовая конечная морена испытывает резкий вертикальный изгиб в 80 м. В правом борту долины, в теле морены хорошо видно пологое падение разрыва. Уступ нарушает все террасовидные поверхности, выработанные в морене в голоцене, после стаивания ледника, вплоть до первой надпойменной террасы в днище долины. Восточнее уступ прослеживается на поверхности голоценовых пролювиальных шлейфов, перекрывающих позднеплейстоценовую морену, часто приобретает облик двух-трёх непротяжённых валов. Вдоль уступа наблюдаются многочисленные оползни и обвалы рыхлого чехла.



Рис. 1. Обследованные древние сейсморазрывы Юго-Западной Тувы.
Названия разломов: Ша – Шапшальский; М – Мугурский; М-Т – Монгун-Тайгинский;
Ко – Кобдинский; У – Устю-Ыйматинский; К – Кызыл-Хайский

Во врезях ручьев на пересечении с уступом наблюдается надвигание перетёртых коренных пород на пролювиальные отложения и палеопочву. Надвигание на палеопочву фиксирует собой деформацию и захоронение древней дневной поверхности в результате одноактной подвижки, параметры которой удалось замерить в двух местах. Высота уступа составляет 6,5–7 м, величина перекрытия палеопочвы перетёртыми коренными породами – 4–5,5 м. Калиброванный радиоуглеродный возраст этой палеопочвы – 3445–3611 (образец ИГАН 4672). По всей видимости, последнее сильное землетрясение, послужившее причиной этой подвижки, произошло около 3000–3500 лет назад.

Большинство мелких ручьёв берут своё начало из родников вдоль зоны разлома. Все они приурочены к молодому нарушению (уступу).

Уступ, порождённый последним землетрясением, имеет свежий облик. Часто он покрыт незаросшим обломочным материалом. При этом свежий уступ наращивает более высокий древний уступ. Длина прослеженного уступа – около 60 км. Параметры последней подвижки замерены очень приблизительно. И всё же, полученные цифры позволяют сделать сугубо предварительную оценку силы палеоземлетрясения, произошедшего в зоне Шапшальского разлома несколько сотен лет назад – $M > 7,0$.

Монгун-Тайгинский разлом прослеживается вдоль северо-западного подножия одноимённого горного массива. Уступ пересекает позднеплейстоценовые ледниковые трог и конечные морены. Прослеживается с водораздела, где он нарушает конечную морену на голоценовую террасу в днище долины р. Дуруг-Суг. Имеет извилистые очертания и высоту порядка 12–15 м. На сейсмоструктурный характер уступа указывает рассечение им как поверхности террас, так и конечной морены. В левом борту долины уступ перекрыт отмершим каменным глетчером. Глетчер имеет характерную гофрированную поверхность, покрытую дугообразными валами, выпуклыми в сторону медленного движения в некогда мёрзлом состоянии. Обломочный материал глетчера имеет грубую сортировку. Отмерший каменный глетчер залегает в виде обширного грубообломочного плаща в подножии высокого скального обрыва, к которому прислонены конусы свежих, активных осыпей. По степени задернованности и морфологии поверхности можно выделить три основных

генерации каменного глетчера. Самая древняя поверхность покрыта дёрном с тундровой растительностью и усеяна лишь отдельными крупными глыбами, выдавленными на поверхность в результате промерзания. Средняя генерация меньше задернована, покрыта полосовыми каменными россыпями с другой ориентировкой. На поверхности последней генерации дёрновый покров и растительность практически отсутствуют. Первые две генерации не обнаруживают признаков современной активности; фронтальные валы у них выположены склоновыми процессами. Последняя генерация выглядит свежей, однако фронтальный вал тоже начинает зарастать.

Уступ сечёт фронтальный вал первой генерации каменного глетчера, но не прослеживается на поверхности второй. Следовательно, последняя подвижка произошла во время или после формирования первой генерации, но до оформления второй генерации.

Используя временные рамки стадий потепления и похолодания в голоцене можно ориентировочно оценить возраст глетчера и верхнюю временную рамку подвижки по разлому. Согласно А.Р. Агатовой и др. [1], активизации долинных ледников и формирование каменных глетчеров произошли 4900–4200 (аккемская стадия), 2300–1700 л.н. («историческая» стадия) и в конце XIII – середине XIX вв. (стадия актру или «малый ледниковый период»).

По всей видимости, 1-я генерация отмершего каменного глетчера сформировалась в аккемскую стадию, 4900–4200 л.н., 2-ая – в «историческую» стадию, 2300–1700 л.н., а самая молодая может быть отнесена к «малому ледниковому периоду». По этим данным, последняя подвижка произошла в интервале между 4900–4200 л.н. и 2300–1700 л.н.

Длина прослеженного уступа – около 12,5 км. К юго-западу от окончания главной системы нарушений прослеживается ещё один короткий сегмент, который наращивает суммарную длину уступа до 22 км. Вдоль системы разрывов наблюдаются в основном вертикальные смещения. Вдоль него прослеживаются уступы и рвы, приуроченные к крутому перегибу склона и резкому понижению вершинной поверхности. О молодых смещениях вдоль рассматриваемого уступа свидетельствует смещение пролювиальных отложений. Уступ в долине мелкого ручья нарушает пролювиальные отложения и имеет очень резкий характер.

Он имеет двухступенчатое строение. Высота нижней ступени – 2–2,2 м; верхней 1,5–1,8 м. Возможно, что ступени отражают индивидуальные подвижки по разлому.

Кызыл-Хайский разлом обрамляет горный массив Монгун-Тайга с юга. Он протягивается вдоль ограничения локальной впадины, в которой находится пос. Кызыл-Хая, и демонстрирует структуры, типичные для взбросо-надвигов на границах гор и впадин Монголии и Алтае-Саян. Ниже уступа простирается полого наклонная пьедестальная равнина, образованная слившимися конусами выноса. Конусы выноса подорваны вдоль разлома, что свидетельствует о голоценовом возраще последних тектонических смещений по нему. Здесь наблюдаются уступы и небольшие поднятия-форберги, вдающиеся во впадину со стороны гор. Некоторые форберги подпруживают конусы мелких распадков. Наблюдаемая картина типична для активных взбросов рассматриваемого региона [6]. Длина наблюдаемой системы нарушений – около 12 км. Вдоль разрыва наблюдаются в основном признаки вертикальных смещений.

Кобдинский разлом представляет собой крупнейший правый сдвиг север-северо-западного простирания со скоростью голоценовых смещений 5–6 мм/год [4].

Крупная разломная зона в рассматриваемом районе трассируется вдоль долины р. Моген-Бурен. Здесь обнаружен относительно короткий разрыв, секущий как поверхность водораздела, так и 1-ю надпойменную террасу р. Моген-Бурен. Вдоль разрыва протягиваются рвы и уступы с поднятым западным крылом. В левом борту р. Моген-Бурен ров пересекает поверхность террасы. В результате, в восточном крыле разлома на поверхность оказались выведены коренные породы, покрытые редкой галькой. Коренные породы вдоль разрыва представлены зоной милонитизации с жилами кварца и гранитоидов. Они рассеяны многочисленными трещинами и более глубокими (до 3 м) расселинами, что может свидетельствовать о встряхивании массива. Ров заполнен обломочным материалом без следов окатанности и сортировки с прослоями песка, что может свидетельствовать о временной стабилизации склоновых условий. Ров перекидывается на противоположный, правый борт реки, где в поднятом крыле наблюдается три локальных уровня речных террас, количество которых может быть увязано с количеством подвижек

по разлому в голоцене. Длина системы рвов и уступом – не многим более 3 км.

Устю-Ыйматинский разлом выражен в виде системы уступов северо-западного простирания в правом борту одноимённой реки. Здесь наблюдается серия трапециевидных тектонических фасет. На пересечении с этой серией комплекс надпойменных террас в правом борту р. Моген-Бурен резко меняет свои отметки. Общая длина системы нарушений – около 16 км. В целом, Устю-Ыйматинский разлом оперяет окончание Кобдинского разлома, представляя собой одну из структур, компенсирующих сдвиговые перемещения по этому крупнейшему сдвигу.

Закключение

Проведённые полевые наблюдения позволили заверить несколько выразительных линейных сейсмостектонических форм рельефа в Юго-Западной Туве. Самый протяжённый и выразительный сейсморазрыв обнаружен в зоне Шапшальского разлома. Длина сейсморазрыва – около 60 км. Параметры последней подвижки замерены очень приблизительно. И всё же полученные цифры в первом приближении характеризуют силу палеоземлетрясения, произошедшего в зоне Шапшальского разлома около 3000–3500 лет назад – $M > 7,0$.

На основе палеогеографических данных также удастся датировать возраст последнего обновления Монгун-Тайгинского разлома, который прослеживается вдоль северо-западного подножия одноимённого горного массива. Последняя подвижка произошла в интервале между 4900–4200 л.н. и 2300–1700 л.н.

Особый интерес представляет собой северное окончание крупнейшего Кобдинского правого сдвига, расположенное в районе Юго-Западной Тувы. В Юго-Западной Туве, в зоне Кобдинского разлома выявлен короткий разрыв длиной около 3 км, природа которого требует дальнейшего исследования. Для других разрывов, более или менее надёжно, была оценена длина в среднем – 12–16 км. Параметры сейсморазрывов являются одной из основных характеристик сейсмостектонической модели региона.

Поскольку каждый сдвиг где-то заканчивается по простиранию, горизонтальное смещение поглощается на протяжении разлома или у его концов соответствующими деформациями. В одну сторону происходит сжатие пород, а в другую – растяжение. Сжатие может быть поглощено надвигами

и смятием пород в складки продольного изгиба, а растяжение – сбросами или раздвигами [7]. И те, и другие структуры сопровождаются горизонтальными сдвигами, что часто осложняет конкретные геологические структуры.

Согласно этой классической схеме в Юго-Западной Туве, к востоку от Кобдинского правого сдвига могут быть развиты структуры растяжения, а в западном крыле – сжатия. Явных признаков структур растяжения в восточном крыле Кобдинского сдвига в Юго-Западной Туве не обнаружено. Крупнейшая отрицательная структура – Ачит-Нурская впадина – расположена южнее. Видимо, поглощение растяжения в восточном крыле Кобдинского сдвига происходит южнее рассматриваемого района. Ответвление Устю-Ыйматинского разлома от Кобдинского может свидетельствовать о распространении сосредоточенных деформаций в северо-западном направлении, в сторону Чулышманского плато. Яркие признаки горизонтальных смещений в зоне Устю-Ыйматинского разлома не выявлены. Это может свидетельствовать о частичной компенсации горизонтальных перемещений

по Кобдинскому разлому в вертикальные по Устю-Ыйматинскому, что характеризует этот разлом как очень опасный с сейсмической точки зрения.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (гранты 15-45-04351_р_сибирь_а, 15-35-50401).

Список литературы

1. Агатова А.Р., Назаров А.Н., Непоп Р.К., Орлова Л.А. Радиоуглеродная хронология гляциальных и климатических событий голоцена Юго-Восточного Алтая. // Геология и геофизика. – 2012. – № 6. – С. 712–737.
2. Башарина Н.П. Тектоника Каргинской впадины (Юго-Западная Тува). // Геология и геофизика. – 1968. – № 5. – С. 3–9.
3. Вишневский А.А., Девяткин Е.В., Беленко Л.Н., Лавров Н.Н. Геологическая карта СССР масштаба 1:200 000. Лист М-45-ХVIII. Объяснительная записка. – М.: Недра, 1965. – 90 с.
4. Трифонов В.Г. Неотектоника Евразии. – М.: Научный мир, 1999. – 252 с.
5. Хилько С.Д., Курушин Р.А., Кочетков В.М. и др. Землетрясения и основы сейсмического районирования Монголии. / Под ред. В.П. Солоненко и Н.А. Флоренсова. – М.: Наука, 1985. – 244 с.
6. Флоренсов Н.А. К проблеме механизма горообразования во Внутренней Азии. // Геотектоника. – 1965. – № 4. – С. 3–14.
7. Sylvester A.G. Strike-slip faults. // Geol. Soc. Amer. Bull. – 1988. – Vol. 100. – P. 1666–1703.

УДК 556

ИЗМЕНЕНИЕ УДЕЛЬНОГО КОМБИНАТОРНОГО ИНДЕКСА ЗАГРЯЗНЕННОСТИ ВОДЫ РЕКИ ТЕРЕК РЕСПУБЛИКИ СЕВЕРНАЯ ОСЕТИЯ-АЛАНИЯ

Оказова З.П., Катаева М.В.

*Северо-Осетинский государственный университет им. К.Л. Хетагурова, Владикавказ,
e-mail: okazarina73@mail.ru*

Современные технические средства позволяют определять практически все ингредиенты природного состава вод и антропогенных загрязнений – это методы атомно-абсорбционной и эмиссионной спектрофотометрии для неорганических веществ и хромато-масс-спектрометрии для идентификации нескольких тысяч органических соединений. При этом вышеперечисленные методы из-за сложности аппаратуры, трудоемкости выполнения анализа и значительных материальных затрат используются достаточно ограниченно. При загрязнении воды несколькими загрязняющими веществами используются комплексные оценки качества воды в природных водоемах. По многолетним данным Северо-Осетинского гидрометеоцентра, река Терек и ее притоки не отвечают санитарно-гигиеническим нормам, поэтому возникла необходимость более тщательного и обширного исследования поверхностных вод р. Терек и ее истоков на всей территории РСО-Алания.

Ключевые слова: загрязнение, река Терек, комбинаторный индекс

CHANGE OF THE SPECIFIC COMBINATORY INDEX OF IMPURITY OF WATER OF THE TEREK RIVER OF THE REPUBLIC NORTHERN OSSETIA-ALANYA

Okazova Z.P., Kataeva M.V.

North Ossetian State University named after K.L. Khetagurova, Vladikavkaz, e-mail: okazarina73@mail.ru

Modern technical means allow to define practically all ingredients of natural composition of waters and anthropogenous pollution are methods of a nuclear and absorbing and issue spektrofotometriya for inorganic substances and хромато – mass spectrometry for identification of several thousand organic compounds. Thus above-mentioned methods because of complexity of the equipment, labor input of implementation of the analysis and considerable material inputs are used rather restrictedly. At water pollution several polluting substances use complex estimates of quality of water in natural reservoirs. According to long-term data of the North Ossetian hydrometeocenter the river Terek and its inflows don't answer sanitary and hygienic norms therefore there was a need of more careful and extensive research of a surface water of the Terek River and its sources in all territory RSO-Alania.

Keywords: pollution, river Terek, combinatory index

Вода является одним из важнейших природных ресурсов, самым ценнейшим из созданных природой богатств.

Во многих странах и отдельных районах практически исчерпаны природные запасы чистой пресной воды, ее дефицит становится мировой проблемой.

В последние десятилетия в результате воздействия общества на природу, в мире обнаружилось такие последствия, которые привели к возникновению массовых заболеваний среди населения и даже к случаям гибели детей в ряде крупных промышленных городов. Очень сильному воздействию загрязнения подверглись не только водоемы суши, но и Мировой океан, что привело к изменению основных характеристик атмосферы и к загрязнению космического пространства, к значительному истощению ряда важных ресурсов природы. Фактически измененная природа стала ставить пределы дальнейшему развитию хозяйства многих государств, оказывать отрицательное влияние на все человечество [6].

Загрязнение водной среды сточными водами городов и отходами промышленности приобретает угрожающие размеры в большинстве промышленно развитых стран и подвергает серьезной опасности не только растительный и животный мир, но и здоровье людей. В связи с этим в последние годы большие трудности с водообеспечением испытывают многие районы США, Японии, ФРГ, Бельгии, Франции и ряда других государств.

Реки являются самым активным объектом загрязнения морей и океанов. По данным ЮНЕСКО, ежегодно с водами рек в моря попадает 320 млн т железа, 2,3 млн т свинца, 6,5 млн т фосфора. Нефть и нефтепродукты в настоящее время являются главными загрязнителями вод. В силу действия поверхностного натяжения воды капли нефти, попавшие в водоем, растекаются по его поверхности на значительном пространстве, губительно влияя на все живое. Широкое применение пестицидов для защиты растений привело к загрязнению почвы, отравле-

нию водных бассейнов. В результате гибнут не только вредители растений, но и полезные насекомые, рыбы, птицы, звери. Загрязняют водоемы и другие химикаты [2, 4].

В последние годы в быту и на производстве чрезвычайно возросло применение синтетических моющих средств. Небольшая доля растворенного в стоке стирального порошка образует массу пены, и достаточно даже микроскопического его содержания в водоеме, как растения буреют и теряют листья, гибнут мельчайшие организмы, которые служат пищей для многих видов рыб, а также гибнет и сама рыба. Отходы синтетических моющих средств не разлагаются бактериями, не оседают, не уничтожаются при разбавлении чистой водой. Особо следует отметить, что они затрудняют работу очистных сооружений, угнетающе действуя на биохимические процессы, препятствуют очистке сточных вод от других загрязнений. В ряде случаев так называемые «условно чистые воды», сбрасываемые в большинстве случаев в водоемы без какой-либо обработки, содержат отходы производства. Поверхностный сток с территорий промышленных предприятий, на которых низка технологическая дисциплина, как правило, содержит разнообразные загрязняющие вещества, также представляющие опасность для водоисточников [1, 7].

Загрязнение рек, озер, морей и океанов происходит с нарастающей скоростью.

Ресурсы пресных вод РСО-А в настоящее время пока обеспечивают нужды народного хозяйства республики. Они представлены непрерывно возобновляемым стоком, вековыми запасами воды в ледниках, а также подземными водами. Основной водной артерией является река Терек, воды которой используются для хозяйственной, питьевой и коммунальных нужд городов и поселков, расположенных вблизи бассейна.

Терек берет свое начало в Грузинской республике с ледников Зилга-хох на высоте более 3800 м над уровнем моря. Площадь водозабора 43,2 км², длина реки 623 км. По территории Северной Осетии река протекает двумя участками: 1 участок – от границы с Грузией до границы с Кабардино-Балкарией общей протяженностью 103 км. На этом участке река используется для энергетики (Эзмин и Владикавказская ГЭС), промводоснабжения, от нее отходят каналы для орошения и обводнения (Ногирский – 1,6 м³/сек., Алханчуртский – 3,0 м³/сек., Эльхотовский – 19,5 м³/сек.). Непосред-

ственно или через свои протоки Терек является приемником сточных вод почти всех населенных пунктов и предприятий [1, 5].

Основными притоками с левого берега являются: Гизельдон, Фиагдон, Ардон, Урсдон, с правого берега впадает один наиболее загрязненный приток – река Камбилеевка.

Второй участок – между Кабардино-Балкарией, Чечней и Ингушетией протяженностью 70 км. Река Терек протекает по землям Моздокского района и используется для орошения и обводнения (Терско-Кумский канал – 106 м³/сек), а также для приема сточных и сбросовых вод.

Для реки Терек характерно половодье в теплую часть года, состоящее из серии волн с максимальным подъемом уровней воды в июле-августе, среднемноголетний показатель в г. Владикавказе – 34,2 м³/с, Эльхотова – 106 м³/с, Моздоке – 203 м³/с. Посезонное распределение стоков в %: весна – 34, лето – 36, осень – 19, зима – 11.

По химическому составу во все фазы гидрологического режима воды относятся к гидрокарбонатному классу группы калия и натрия, величина минерализации колеблется в течение года от 267,3 мг/л до 1296 мг/л. Кислородный режим удовлетворительный.

По многолетним данным Северо-Осетинского гидрометеоцентра, река Терек и ее притоки не отвечают санитарно-гигиеническим нормам, поэтому возникла необходимость более тщательного и обширного исследования поверхностных вод р. Терек и ее истоков на всей территории РСО-Алания (таблица).

Установлено, что поверхностные воды Терека, поступающие с территории Казбекского района Грузии на территорию РСО-Алания загрязнены нефтепродуктами – 10–15 ПДК и др. органическими веществами – 5–7 мг/л, медью – 2–2 ПДК, цинком – 2,5–3,5 ПДК, нитритным азотом – 1,5–3,5 ПДК и др., там же обнаружены ассоциации условно-патогенных бактерий в том числе протей, а также пестицид, атразин в количестве 0,05–0,06 мг/л. В городе Владикавказе увеличивается уровень загрязнения вышеуказанными и др. веществами. Максимальные концентрации основных загрязняющих веществ на выходе реки из города превышают: по меди – 5–7 ПДК, по цинку – 8–10 ПДК, по марганцу – 3–4 ПДК, по ртути – 1–2 ПДК, по нефтепродуктам – 20–25 ПДК, по аммонийному азоту – 1,5–2 ПДК, нитритному азоту – 2,5–3 ПДК.

Индекс загрязнения воды выше г. Владикавказа в среднем равен 1,5, т.е. умеренно загрязненная, ниже города он равен 3, т.е. четвертый класс – загрязненная вода. До города Беслана вода немного самоочищается, однако и здесь вода Терека снова загрязняется нефтепродуктами – 26 ПДК, аммонийным азотом – 8–10 ПДК, нитритным азотом – 3–5 ПДК, высока суммарная концентрация органических веществ – до 5,1 мг/л. Далее наблюдается процесс самоочищения, однако по мере впадения в Терек притоков Гизельдона, Фиагдона, Ардона, Урсдона и Камбилеевки река снова загрязняется ионами тяжелых металлов/цинка, свинца, ртути, марганца, меди и др./, а также нефтепродуктами.

Обращает на себя внимание тот факт, что у с. Эльхотово дебит воды в Тереке в 2 раза больше чем в с. Карджин, а процентная концентрация анионов и катионов, а также нефтепродуктов не изменяется.

На территории Кабардино-Балкарии воды Терека еще больше загрязняются нефтепродуктами – 8–10 ПДК, нитратным азотом – 6–10 ПДК, нитритным и аммонийным азотом – 5–6 ПДК, СПАВ – 3–4 ПДК и др. Таким образом, в Моздокский район р. Терек поступает загрязненной, где еще больше загрязняется нефтепродуктами – 20–30 ПДК, аммонийным азотом – 15–20 ПДК, нитритным и нитратным азотом – 3–5 ПДК, из тяжелых металлов выше нормы обнаружены цинк, медь, свинец,

ртуть, кадмий и др. Индекс загрязненности воды в среднем составляет 3,9 и относится к 4 классу загрязнения.

После проливных дождей, когда смываются с полей различные химикаты, в водах Терека обнаруживаются пестициды ГХЦГ/гексах-лорциклогексан/ от 0,007 до 0,05 мг/л, атрозин до 0,6 мг/л, симазин до 0,3 мг/л. Надо отметить, что наличие пестицидов не допускается (условно допускается 0,001 мг/л).

Вода Терека загрязняется не только вредными химическими веществами, но также болезнетворными микроорганизмами.

Остается также нерешенной проблема охраны водных объектов от загрязнений промышленными предприятиями и коммунальным хозяйством. Среднегодовой сброс стоков в водные объекты с различной степенью загрязненности, включая стоки очистных сооружений, составляет 166,2 млн куб. м, из них 60 % объема приходится на стоки г. Владикавказа. Из 12,1 млн куб. м стоков, сбрасываемых на рельеф, 8,5 % приходится на коммунальное хозяйство города.

В пределах водосборного бассейна, в рамках реальной водохозяйственной деятельности, необходимо осуществлять целостный подход рационального использования воздушной среды, воды, суши и животных ресурсов, оценивать и контролировать перенос загрязнителей из одной экологической среды в другие.

Характеристика водности отдельных водных объектов на территории деятельности Северо-Осетинского ЦГМС

Водный объект	Пункт наблюдений	Расход воды, м³/с					К, % Гр. 5/гр. 3
		Средний много-летний	Средний за 2013 г.	2014 г.			
				Средний	Максималь-ный	Минималь-ный	
1	2	3	4	5	6	7	8
р. Терек	г. Владикавказ	33,7	28,0	27,9	69,2	7,76	83
	г. Моздок	202	249	239	861	107	118
	г. Майский	133	136	135	498	75,7	102
р. Ардон	п. Мизур	31,4	29,0	29,7	112	1,60	95
р. Фиагдон	п. Верхний Фиагдон	–	11,6	10,5	39,3	2,70	–
р. Камбиле-евка	с. Ольгинское	3,52	3,90	3,39	50,9	1,76	96
р. Белая	с. Кора-Ур-сдон	6,25	5,05	4,41	9,84	1,63	71
р. Урух	с. Хазнидон	31,3	25,2	20,6	66,0	6,29	66
р. Гизельдон	с. Гизель	8,29	9,28	8,14	22,5	0,80	98

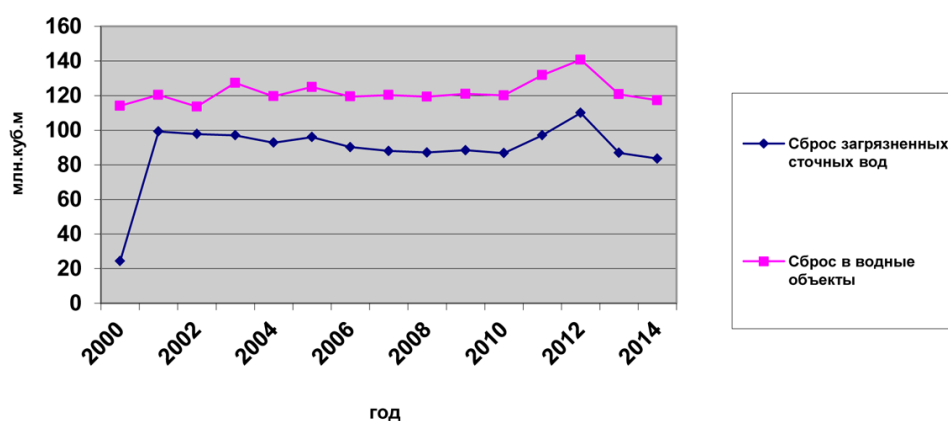


Рис. 1. Показатели водоотведения в РСО-Алания

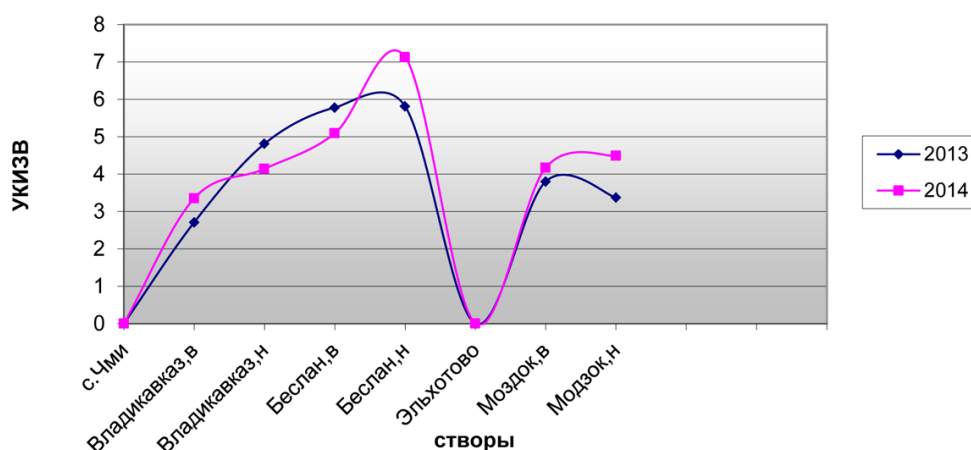


Рис. 2. Динамика изменения удельного комбинаторного индекса загрязненности воды (УКИЗВ) р. Терек

Охрана водных ресурсов представляет собой систему мероприятий по предотвращению загрязнения и истощения вод рек и других водных объектов. Основой этих мероприятий должно стать положение об оздоровлении водных ресурсов практически до естественного уровня, при этом, не ущемляя потребности общества в воде.

Изменения эти хорошо видны на примере бассейна р. Терек. Для территории бассейна характерна повышенная степень распаханности, но интенсивное развитие сельскохозяйственного производства в целом, и особенно в равнинной зоне, возможно только при искусственном орошении. Это неизбежно приведет к уменьшению стоков воды, а также к загрязнению водной среды. Настораживает относительно высо-

кое содержание в воде р. Терек и его притоков растворенных форм таких токсичных металлов, как медь, цинк, свинец. Особую тревогу вызывает нефтяное загрязнение.

При сохранении нынешних тенденций нефтяного загрязнения существует реальная угроза превращения не только отдельных притоков, но и всего равнинного участка р. Терек в биологическую пустыню в самое ближайшее время. На отдельных участках уже наблюдаются признаки биологической смерти.

Улучшение состояния рек в настоящее время и в обозримом будущем возможно путем осуществления организационных, агротехнических, лесомелиоративных, санитарно-технических, гидротехнических и других мероприятий.

Одной из широко доступных мер эффективного уменьшения загрязнения, засорения и заиления является установление на реках и других водных объектах водоохранных зон и защитных полос [3].

Установление водоохранных зон и защитных полос в значительной степени улучшает экологическое состояние водных объектов, однако полностью не исключает их загрязнение, так как в поле зрения отсутствует существенный фактор формирования стока – водосборная площадь. А между тем именно на водосборе начинают закладываться речные системы, происходит трансформация выпадающих осадков на поверхностный и подземный стоки, приобретает первичное качество водных ресурсов. Очевидно и бесспорно – от экологического со-

стояния зависит чистота поверхностных и подземных вод.

Список литературы

1. Беличенко Ю.П., Швецов М.М. Рациональное использование и охрана водных ресурсов. Россельхозиздат. – М., 1980. – 215 с.
2. Голик В.И., Алборов В.И. Охрана окружающей среды утилизацией отходов горного производства. – М., «Недра», 1995. – 136 с.
3. Овсянников Н.Г. Водные ресурсы СССР, их использование и охрана. – Томск. Изд. ун-та, 1980. – С. 296.
4. Новиков Ю.В., Ласточкина К.О., Болдина З.Н. Методы определения вредных веществ в воде водоемов. – М.: «Медицина», 1981. – 190 с.
5. Схема комплексного использования и охраны водных ресурсов бассейнов рек Терек и Сулак / Конспект Южгипроводхоз. – Ростов-на-Дону, 1972. – 148 с.
6. Тагиров К.К., Сайпулаев И.М. и др. Проблемы использования водных ресурсов реки Терек. Мелиорация и водное хозяйство. – 1995. – № 6. – С. 20–25.
7. Цогоев В.Б. Гидроминеральные ресурсы Северной Осетии. Орджоникидзе, «Ир», 1969. – 80 с.

УДК 669.743.27: 669.054.83

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПЕРСПЕКТИВЫ ПЕРЕРАБОТКИ ГИДРОТЕХНОГЕННЫХ ГЕОРЕСУРСОВ МЕДНОКОЛЧЕДАНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Орехова Н.Н., Чалкова Н.Л., Чалкова К.Д.*Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, Магнитогорск,
e-mail: chalkova-mgn@mail.ru*

Статья посвящена актуальному вопросу переработки техногенных вод ГОКов медноколчеданных месторождений. Наиболее перспективным направлением в технологии водоочистки являются методы гальванокоагуляции. Данные методы позволяют эффективно концентрировать и извлекать ценные компоненты из технических растворов. При этом они являются экологически чистыми, исключая «вторичное» загрязнение воды анионными и катионными остатками, характерными для реагентных методов. Рассмотрена актуальность переработки техногенных вод, формирующихся на территории горных предприятий с целью селективного извлечения ионов цинка. Выявлены факторы, влияющие на формирование гидротехногенных цинкостержащих георесурсов. Предложен комплекс методов по переработке и очистке гидротехногенных цинкостержащих образований. Обоснована целесообразность применения метода гальванокоагуляции для извлечения ионов цинка из гидротехногенных образований ГОКов медноколчеданных месторождений. Обозначены рациональные условия эффективного выделения цинка из сточных вод методом гальванокоагуляции. Предложен механизм осуществления процесса гальванокоагуляционного извлечения ионов Zn^{2+} с использованием гальванопары «железо-кокс» и «алюминий-кокс».

Ключевые слова: цинк, факторы, техногенез, техногенные воды, условия, процесс, гальванокоагуляция

TECHNOLOGICAL PROSPECTS OF PROCESSING OF GIDROTEKHNODENNYKH RESOURCES OF MEDNOKOLCHEDANNYKH OF DEPOSITS

Orehova N.N., Chalkova N.L., Chalkova K.D.*Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, e-mail: chalkova-mgn@mail.ru*

The article is devoted to the topical issue of recycling industrial waste waters GOKov chalcopyrite deposits. The most promising direction in the water treatment technology are electrochemical methods. These methods allow extracting and concentrating the most valuable components of the technical solutions. However, they are environmentally friendly, exclusive «secondary» water pollution anionic and cationic residues characteristic reagent methods. The actual processing of industrial waste waters formed in the territory of mining enterprises to selectively extract zinc ions. The factors influencing the formation of zinc-containing gidrotekhnodennykh georesources. A set of methods for processing and clearing gidrotekhnodennykh zinc-containing formations. The expediency of the method galvanokoagulyatsii to extract zinc ions from gidrotekhnodennykh formations GOKov chalcopyrite deposits. Marked rational conditions for effective separation of zinc from waste water by galvanokoagulyatsii. The mechanism of the process of extraction galvanokoagulyatsionnogo Zn^{2+} ions using galvanic «iron-coke» and «aluminum-coke».

Keywords: zinc, factors, technogenesis, man-made water, conditions, a process, galvanokoagulyatsii

Обогащительные фабрики, шахты, карьеры и отвалы являются основными источниками образования жидких отходов в горнодобывающих и перерабатывающих регионах. Общий объем техногенных водных образований на территории России составляет более 60 км³. На долю горнопромышленной зоны Урала приходится более 30 % (22,4 км³).

Урал является крупнейшей колчеданной провинцией мира. Здесь более сотни месторождений и рудопроявлений, насчитывающих более 1,8 млрд т медных и медно-цинковых руд. Южный Урал, являясь важнейшей составляющей Уральского промышленного региона, имеет наиболее явно выраженную техногеосферу, так как характеризуется чрезвычайно высокой концентрацией промышленного производства. Медно-цинковый комплекс Южного Урала, представленный такими предпри-

ятиями, как ОАО «Гайский ГОК», ОАО «Учалинский ГОК», ОАО «Бурибаевский ГОК», ОАО «Башкирский медно-серный комбинат», ОАО «Александринская горнорудная компания» и др., занимается разработкой и переработкой медно-колчеданных месторождений. На сегодняшний день, значительное количество месторождений Уральского региона отработано (Сибайское, Учалинское, Летнее и др.) [1, 5].

В результате деятельности ГОКов помимо добычи и обогащения полезных ископаемых, происходит образование специфического сернокислого техногенного ландшафта, который приводит к загрязнению атмосферы, почвы, поверхностных и подземных вод, накоплению твердых и жидких отходов [1, 7]. Жидкие отходы характерно образуются из отработанных хвостов, карьеров, рудных отвалов [1, 12].

Пирит и другие сульфидные минералы окисляются в отвалах и хвостохранилищах под влиянием аэрации, атмосферных осадков, солнечной радиации, образуют сульфатные соединения, которые, мигрируя, оседают в почве, поверхностных и подземных водах [5, 6]. Образование значительных объемов (до 40 тыс. м³/сут.) техногенных вод в зоне техногенеза горнорудного профиля позволяет рассматривать их как техногенные гидроминеральные ресурсы, вовлечение которых в переработку увеличит минерально-сырьевую базу и позволит наиболее полно использовать природные ресурсы. Сброс неочищенных техногенных стоков на земную поверхность приводит к накоплению в окружающих водных объектах тяжелых металлов, таких как медь, цинк, железо, марганец, кадмий, никель и др., многие из которых обладают кумулятивным действием, а также общетоксичными, эмбриотропными и мутагенными свойствами [2, 5, 8]. Значительное количество техногенных вод имеет высокую техногенную нагрузку.

Проведенные предварительные аналитические исследования позволили собрать базу данных качества техногенных вод, образующихся на территории ГОКов. Установлено, что концентрация цинка в водах колеблется в пределах 50–3500 мг/дм³. Следовательно, учитывая объемы гидротехногенных образований, а также высокие концентрации ионов тяжелых и цветных металлов, данные воды можно классифицировать как техногенное гидроминеральное сырье, переработка которого позволит более полно использовать природные ресурсы. Кроме того, ужесточение экологической политики государства выводит на ведущие позиции решение вопросов по переработке техногенных образований с целью снижения концентраций канцерогенных веществ до норм ПДК и организации цикла оборотного водоснабжения на предприятиях.

В настоящее время эффективные технологии, позволяющие селективно извлекать цинк в виде товарного продукта, отсутствуют. В современных условиях целесообразно получение рациональных продуктов, утилизируемых в металлургическом переделе, с массовой долей цинка 6–7%, в соответствии с нижним пределом, содержащимся для рентабельной переработки в металлургическом переделе. Рациональным продуктом является продукт с содержанием ценного компонента, в осадке позволяющего переработать в металлургическом переде-

ле. Следовательно, разработка комплексной ресурсосберегающей и экологически безопасной технологии должна обеспечить стадийное и селективное извлечение цинка в виде товарной продукции. Решение данной задачи, помимо улучшения экологической ситуации в регионе, позволит повысить и экономическую целесообразность всего горного производства. [13, 16].

Наиболее перспективно для переработки цинксодержащих техногенных вод использовать метод гальванокоагуляции. Эффективность данного метода обусловлена простотой аппаратного оформления, дешевизной используемых материалов, а также возможностью селективного извлечения ионов цинка из высокоминерализованных кислых растворов [1, 3, 11, 12].

Метод гальванокоагуляции основан на использовании эффекта короткозамкнутых контактов гальванического элемента, образуемого гальванопарами «железо-кокс» и «алюминий-кокс», помещаемыми в очищаемый раствор. За счет разности электрохимических потенциалов железо анодно поляризуется и переходит в раствор [9, 10, 11, 13, 14]. Метод гальванокоагуляции эффективен в результате действия пяти механизмов: катодного осаждения ионов металлов, образования ферритов, клатратов, коагуляции и сорбции примесей на свежесформированных микрокристаллах оксидных форм железа. Железосодержащий осадок, образующийся в процессе очистки, может использоваться как вторичное сырье. Метод гальванокоагуляции применяется для вод с различным диапазоном концентраций, pH, солесодержания. Данный метод имеет потенциал концентрирования ионов (Zn^{2+}) в осадках, за счет образования ферритов, массовая доля Zn в которых около 20%.

Метод является наиболее перспективным, весьма экономичным, обладает низкой энергоемкостью благодаря тому, что электрическая цепь между элементами гальванопары возникает при погружении в обрабатываемый раствор в условиях отсутствия внешнего источника тока, а также характеризуется принципиально новыми техническими решениями, обеспечивающими эффективность и простоту аппаратного оформления процесса [12, 13].

Извлечение ионов металлов из подотвальных вод производится в проточных аппаратах барабанного типа в непрерывном режиме путем использования магнитных форм соединений железа, получаемых в этих же аппаратах электрохимическим

способом в режиме гальванопары без введения дополнительных химических реагентов. При этом отпадает необходимость использования внешних источников тока.

В гальванокоагуляторе для эффективно-го извлечения цинка при конкретной концентрации должны выполняться следующие условия [4, 9, 10, 11, 15]:

1) переменный контакт электродов (компонентов гальванопары);

2) время разрыва контакта не менее 15–20 сек. для деполяризации анода;

3) свободный доступ кислорода в зону реакции;

4) протекание окислительно-восстановительных процессов в пленочном слое на границе раздела твердой, жидкой и газовой фаз;

5) возможность загрузки компонентов гальванопары без остановки процесса извлечения цинка из растворов.

Вышеприведенным критериям отвечают гальванокоагуляторы барабанного типа серии КБ, разработанные в институте «Казмеханообр» и НПФ «Гальвано-ЭКО».

Список литературы

1. Алкацев М.И. Процессы цементации в цветной металлургии. – М.: Металлургия, 1981. – 113 с.
2. Баранов Э.Н., Куликовский В.Е. Морфогенез колчеданных залежей Верхнеуральского рудного района Южного Урала // Придонные гидротермальные постройки. – Свердловск: УрО АН СССР, 1988. – С. 43–68.
3. Виноградова О.О., Погорелов В.И., Феофанов В.А. Применение гальванокоагуляции для очистки промышленных сточных вод // Цветные металлы. – 1993. – № 11. – С. 59–60.
4. Зозуля В.В., Прокопенко В.А., Лавриненко Е.Н., Перцов Н.В. О механизме процессов в гальванопаре железо-углерод (кокс) в аэрированном растворе, содержащем ионы тяжелых металлов Укр. хим. журн. – 2002. – Т. 66, № 7. – С. 48–50.
5. Мишурина О.А. Технология электрофлотационного извлечения марганца в комплексной переработке гидротехногенных георесурсов медноколчеданных месторождений – автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук // Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. – Магнитогорск, 2010.
6. Мишурина О.А. Электрофлотационное извлечение марганца из гидротехногенных ресурсов горных предприятий // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. – 2009. – № 3. – С. 72–74.
7. Мишурина О.А., Муллина Э.Р. Химические закономерности процесса селективного извлечения марганца из техногенных вод // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. – 2012. – № 3. – С. 58–62.
8. Мишурина О.А., Чупрова Л.В., Муллина Э.Р. Деманганация сточных вод растворами хлорной извести // Альманах современной науки и образования. – 2013. – № 9 (76). – С. 115–118.
9. Орехова Н.Н. Технология извлечения цинка из рудничных и подотвальных вод / В.А. Чантурия., И.В. Шадрюнова, Н.Л. Чалкова // Обогащение руд. – СПб.: 2011. – № 1. – С. 35–39.
10. Орехова Н.Н. Критерии гальванокоагуляционно-го извлечения и утилизации меди из техногенных вод / В.А. Феофанов, Ф.А. Дзюбинский, И.В. Шадрюнова // Горный информационно-аналитический бюллетень. М.: ГОУ ВПО МГГУ, 2006. – № 12. – С. 149–151.
11. Орехова Н.Н. Извлечение цветных металлов из гидроминеральных ресурсов: теория и практика // И.В. Шадрюнова: Монография. – Магнитогорск, ООО «МиниТип», 2009. – 180 с.: илл. – ISBN 2-201-15605-3.
12. Прокопенко В.А., Лавриненко Е.Н., Перцов Н.В. Роль гальванического контакта железа с углеродом в образовании дисперсных оксидов-гидроксидов железа в воде и растворах электролитов // Коллоид, журн. – 2001. – Т. 63, № 4. – С. 505–509.
13. Прокопенко В.А., Лавриненко Е.Н., Мамуня С.В. Влияние формы катиона на процесс формирования дисперсных фаз ферритов тяжелых металлов в гальваноконтакте «железо-углерод» // Вісник ОНУ. – 2005. – Том 10, выпуск 2. – С. 155–164.
14. Рязанцев А.А., Батоева А.А., Батоев В.Б., Тумурова Л.В. Гальванокоагуляционная очистка сточных вод. Химия в интересах устойчивого развития. – 1996. – т. 4, № 3. – С. 233–241.
15. Чантурия В.А. Соложенкин П.М. Гальванохимические методы очистки техногенных вод. Теория и практика. – Москва, ИКЦ «Академкнига», 2005. – 186 с.
16. Чантурия В.А., Шадрюнова И.В., Медяник Н.Л., Мишурина О.А. Технология электрофлотационного извлечения марганца из техногенного гидроминерального сырья медноколчеданных месторождений Южного Урала // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2010. – № 3. – С. 89–96.

УДК 379.85: 913

КУЛЬТУРНОЕ НАСЛЕДИЕ И КУЛЬТУРНО-ИСТОРИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ: ОЦЕНКА ГЕОИНФОРМАЦИОННЫМИ СИСТЕМАМИ

Петин А.Н., Королева И.С., Игнатенко Е.А.

ФГАОУ ВПО «Белгородский Государственный Национальный Исследовательский Университет»,
Белгород, e-mail: ekate-ignatenko@yandex.ru

В статье дана оценка рекреационному культурно-историческому потенциалу территории Белгородской области с использованием ГИС-технологий. Оценка культурно-исторического потенциала проводилась по нескольким показателям: учитывались плотность культурно-исторических объектов, количество памятников архитектуры, искусства, истории и культуры, археологии, архитектурно-парковых комплексов дворянских усадеб, музеев и их статус. Для оценки пространственного распределения культурно-исторических объектов по территории области были использованы процедуры геоинформационного моделирования. С помощью процедуры геоинформационного моделирования – картирования плотности по растру – было проведено вычисление распределения культурно-исторических объектов по территории региона. Полученная картографическая модель позволила выделить центры концентрации культурно-исторических памятников в регионе. Культурное наследие Белгородской области создает условия и возможности для развития в регионе экскурсионно-познавательного (природно- и культурно-познавательного направлений рекреации и экскурсий различной тематики), экологического, сельского, этнического туризма и религиозного туризма экскурсионной направленности.

Ключевые слова: культурно-исторический потенциал, культурное наследие, геоинформационная система

CULTURAL HERITAGE AND CULTURAL AND HISTORICAL POTENTIAL OF THE BELGOROD REGION: ASSESSMENT BY GEO-INFORMATIONAL SYSTEMS

Petin A.N., Koroleva I.S., Ignatenko E.A.

FSAEI HVE «Belgorod State National Research University», Belgorod, e-mail: ekate-ignatenko@yandex.ru

In the article the assessment of recreational cultural and historical potential of the Belgorod region territory with the use of GIS-technologies is made. The assessment of cultural and historical potential was carried out on several indicators: density of cultural and historical objects, quantity of monuments of architecture of art, history and culture, archeology, architectural and park complexes of noble estates, museums and their status were considered. For an assessment of the cultural and historical objects spatial distribution on the territory of area, the procedures of geo-informational modeling were used. By means of the geo-informational modeling procedure – density mapping on screen – calculation of distribution of cultural and historical objects on the region territory was carried out. The received cartographical model allowed allocating the centers of concentration of cultural and historical monuments in the region. The cultural heritage of the Belgorod region creates conditions and opportunities for development in the region the excursion and informative (the natural and cultural and informative directions of a recreation and excursions of various subject), ecological, rural, ethnic tourism and religious tourism of an excursion orientation.

Keywords: cultural and historical potential, cultural heritage, geo-informational system

В современном обществе формирование и развитие территориально-туристско-рекреационных систем по-прежнему базируется на культурно-исторических ресурсах. Во-первых, для решения многих прикладных задач в области проектирования туристических продуктов и строительства разнообразных рекреационных комплексов, для оценки и рационального использования рекреационных ресурсов в целях устойчивого развития страны и отдельных административных районов, для мониторинга и управления туристско-рекреационными системами необходимо иметь достаточно полные сведения о культурно-исторических объектах. Во-вторых, культурно-исторические ресурсы формируют современную культурную среду региона, сохраняя ее для последующих

поколений. В-третьих, культурно-историческое наследие с помощью различных форм включается в систему рекреационного туристского обслуживания [4]. В связи с этим перед рекреологами ставятся задачи расчета концентрации культурно-исторических объектов по территории выявления центров их сосредоточения и оценки рекреационного культурно-исторического потенциала региона.

Культурное наследие представляет собой сложное понятие, поскольку на сегодняшний день нет единого подхода к его классификации и не все культурно-исторические ресурсы принято относить к наследию. Согласно конвенции «Об охране Всемирного культурного и природного наследия», принятой в 1972 году, к культурному наследию относятся памятники, ансамб-

ли и достопримечательности. Эти объекты должны обеспечивать формирование туристической аттрактивности, за счет следующих аспектов:

- 1) знакомства с искусством и литературой;
- 2) исторического туризма;
- 3) архитектурной культуры;
- 4) тематических парков культуры;
- 5) городской среды и культуры;
- 6) музейного туризма.

Исходя из вышеизложенного, культурно-исторический потенциал территории, обладающий туристической аттрактивностью должен включать культурно-исторические объекты, явления и услуги, поскольку лишь такое сочетание способно оставить «след» в сердце современного туриста. В связи с этим **целью** нашего исследования является оценка рекреационного культурно-исторического потенциала территории Белгородской области с использованием ГИС-технологий.

Материалы и методы исследования

В настоящее время отсутствует общепринятая методика рекреационной оценки культурно-исторического потенциала территории. Так, Н.С. Кудонцев (2007) предлагает культурно-исторический потенциал оценивать как сумму рекреационной ценности культурно-исторических объектов ($C_{ки} = \sum C_i$). В работе О.В. Серова (2007) культурное и природное наследие анализируется в комплексе по следующим показателям: количество природных парков, заповедников, национальных парков, памятников археологии, природы и площадь ООПТ к площади подзоны. В диссертациях Н.А. Кумовой (2004), М.С. Безугловой (2005), М.А. Стебеньковой (2003), С.В. Ситникова (2006), Н.П. Рудниковой (2005) оценивается природно-культурно-исторический потенциал: памятники архитектуры, искусства, истории, культуры и археологии, памятники природы, охраняемые объекты, заповедники, природные парки, ботанические сады и доля ООПТ от общей площади района. Другие исследователи: В.С. Кравцов, Л.С. Гринев, М.В. Копач и С.П. Кузик (1999) – при оценке историко-культурных туристических ресурсов учитывают археологические объекты; мемориальные памятники; объекты, связанные с жизнью и творчеством деятелей истории и культуры; памятники оборонных сооружений, народной архитектуры, материальной культуры и фольклора; религиозные и гражданские сооружения; дворцово-парковые ансамбли; профессиональные и народные художественные промыслы.

Авторами статьи при оценке культурно-исторического потенциала учитывались плотность культурно-исторических объектов, количество памятников архитектуры, искусства, истории и культуры, археологии, архитектурно-парковых комплексов дворянских усадеб, музеев и их статус. Для оценки пространственного распределения культурно-исторических объектов по территории области нами были использованы процедуры геоинформационного моделирования. Объектами моделирования являются объекты культурного наследия, для которых была

создана таблица с атрибутивными данными. По этим данным в геоинформационной системе было проведено картирование плотности по растру. Перевод исходных данных в качественную (балльную) форму осуществлялся, используя балльные шкалы для каждого из параметров. Отдельно оценивались памятники федерального значения, т.к. они имеют большую значимость для общества и для культурно-рекреационного использования, чем объекты регионального значения. В дальнейшем используя инструмент ГИС-анализа – оверлей, происходит построение заключительной пространственной картографической модели и таблиц атрибутивных данных, отражающих культурно-исторический потенциал территории.

Результаты исследования и их обсуждение

Формирование культурного наследия Белгородской области происходило в результате взаимодействия разнообразных природных, этнокультурных и исторических факторов. В настоящее время регион обладает туристической аттрактивностью, это обусловлено тем, что в процессе развития на культурную среду области происходило воздействие разнообразных факторов, позволивших обеспечить туристам:

1. Знакомство с искусством и литературой, поскольку территория Белгородской области – родина художников, актера М.С. Щепкина и др. известных личностей.

2. Исторический туризм. Каждая эпоха оставляет свой след в виде памятников истории, археологии, градостроительства и архитектуры, искусства и исторических документов. На территории Белгородской области расположено 845 памятников истории. К памятникам истории относятся здания, сооружения, памятные места и предметы, связанные с важнейшими историческими событиями в жизни народа, а также с развитием науки и техники, культуры и быта народов, с жизнью выдающихся людей государства. Объекты истории по территории области размещены достаточно равномерно. В Белгородском, Шебекинском, Корочанском и Алексеевском районах их насчитывается более 60 (рис. 1).

Связующим звеном времени, славными страницами истории земли Белгородской являются военные подвиги российских воинов. На памятники воинской славы и воинские захоронения приходится 782 объекта. Одним из памятных мест связанных с историческими событиями и жизнью народа в годы ВОВ, является музей-заповедник «Прохоровское поле», сооруженный на месте крупнейшего в истории танкового сражения. В музее сочетаются памятники истории и природы. В 90-е годы в список

исторических населенных мест России вошли города Белгород, Алексеевка, Валуйки, Короча, Грайворон, Новый Оскол, Старый Оскол и поселки Борисовка, Ивня, Красногвардейское, Ровеньки, Чернянка. В этих населенных пунктах размещены наиболее ценные памятники культуры и истории. Так, в г. Алексеевка сохранились историческая часть города со своей застройкой, 3 церкви и двухэтажные здания в стиле русского барокко и классицизма.

Белгородская область обладает достаточными ресурсами для проведения археологических раскопок. На территории области это одна из многочисленных категорий (908 объектов), к которой относятся городища, курганы, остатки древних поселений, укреплений, производств, каналов, дорог, древние места захоронений, каменные изваяния, наскальные изображения, старинные предметы, участки исторического культурного слоя древних населенных пунктов. Данные объекты выявлены практически во всех районах области, за исключением Краснояружского и Ровенского районов. В Валуйском и Волоконовском районах их насчитывается более 150.

Особый интерес вызывают поселения салтово-маяцкой, рюменской, праславянской, древнерусской и русской культур. Наиболее известное – это Холковское городище с подземным монастырем и пещерами. Подземный монастырь является уникальным для средней полосы России

памятником архитектуры XII века. Также из общего числа памятников археологии выделяют городища Хотмыжское (VII–X веков), Крапивенское (XI–XIII веков), Колтуновка, Ильинка в Алексеевском районе и Пороз в Грайворонском. Все археологические объекты Белгородской области используются в основном в сфере научного туризма, а значит, интересны лишь немногим научным сотрудникам [5].

3. Архитектурную культуру. Данная группа включает архитектурные комплексы, ансамбли, исторические центры, кварталы, площади, улицы, остатки древней застройки городов, сооружения гражданской, промышленной, военной, культовой архитектуры, народного зодчества, а также связанные с ними произведения монументального, изобразительного, декоративно-прикладного, садово-паркового искусства, пригородные ландшафты. В Белгородской области находится 245 памятников архитектуры. Больше всего памятников в Старооскольском, Белгородском и Губкинском районах (рис. 2).

Наиболее ценные из памятников архитектуры, относящиеся к XVIII–XIX векам – дом купца Селиванова, Преображенский собор, «Круглое здание», дом Любимого, Михайлоархангельская, Троицкая и Крестовоздвиженская церкви с интерьером. Интересные памятники XIX века – усадьба купца Корнева и усадьба А.А. Карамзиной-Клеймихель.

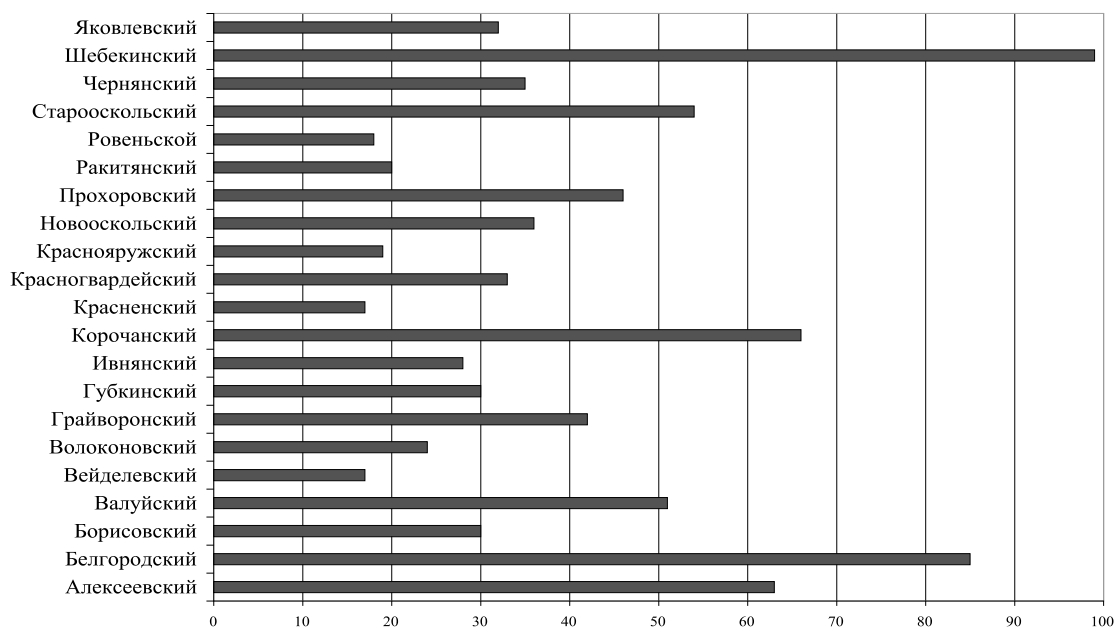


Рис. 1. Распределение памятников истории по муниципальным районам

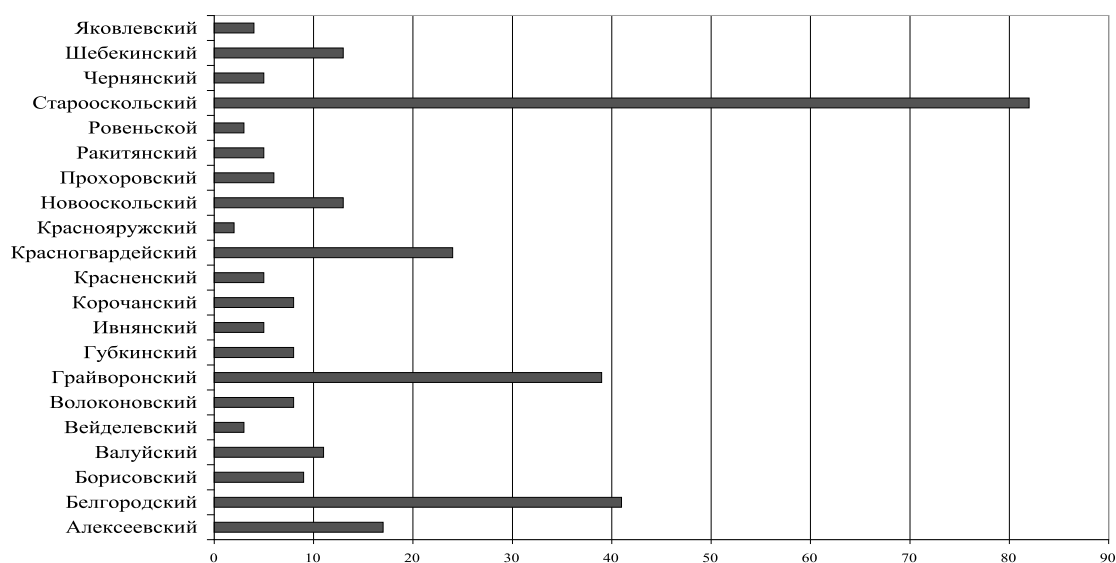


Рис. 2. Распределение памятников архитектуры по муниципальным районам

Объекты архитектурно-религиозного характера являются основой развития религиозного туризма. В религиозном туризме существует два направления: религиозный туризм экскурсионной направленности и паломнический туризм. В первом случае туристов интересуют экскурсии с посещением монастырей, храмов, музеев и выставок. Во втором случае паломников интересует непосредственное участие в религиозных культах. Религиозный туризм на территории Белгородской области может развиваться на базе следующих культурно-исторических мест Воскресенской церкви, храма святителя Тихона Задонского, Смоленского, Успенско-Никольского соборов, Покровской церкви и многих других. Данные памятники, являясь частью религиозного ландшафта, представляет интерес и с архитектурной точки зрения, так как являются объектами XVIII–XIX веков.

4. Городскую среду и культуру. Особое место в историко-культурном наследии занимают архитектурно-парковые комплексы дворянских усадеб. Старинные парки дворянских усадеб, относящиеся к категории реликтовых ландшафтов, как историко-культурные территории должны быть полностью исключены из хозяйственной деятельности. В Белгородской области находится 11 памятников садово-паркового искусства и 2 достопримечательных места. Сохранились старинные парки (первой половины XIX – начала XX века) в Алексеевском, Волоконовском, Грайворонском, Губкинском, Яковлевском районах. Это парки Станкевичей в с. Мухо-

деровка, Градовских с. Шидловка, а также липовая аллея и плодовый сад в с. Сабынино. На территории Белгородской области существовали 12 усадеб [1]. Владельцами дворянских имений были Черкасские, Раевские, Шереметьевы, Васьковы, Колмыковы, Юсуповы, Г.С. Волькенштейн, И.В. Станкевич, Е.П. Барятинской. В с. Ракитное сохранилась усадьба князей Юсуповых. Слобода Ракитная являлась центром управления имениями князей Юсуповых в Курской, Воронежской, Харьковской и Полтавской губерниях и была в их веденье с 1728 года – 189 лет. В Белгородской области с. Хворостянка, в усадьбе Раевских, открыт музей, посвященный памяти поэта, публициста и декабриста В.Ф. Раевского. В с. Удережка, в здании земской школы, разместился историко-литературный музей Н.Ф. Станкевича. В п. Алексеевка была реконструирована крестьянская усадьба второй половины XIX века, в ней создан историко-театральный музей, посвященный памяти М.С. Щепкина.

Памятники искусства являются неотъемлемой частью туристических экскурсий. На территории Белгородской области находится 48 памятников искусства. Установлены памятники маршалам Коневу И.С. и Жукову Г.К., генералу И.Р. Апанасенко, генерал-майору М.П. Лебедю, памятник В.И. Ленину, памятник советским воинам, памятный знак жертвам фашизма, расстрелянным в период оккупации г. Белгорода, и другие. Большинство из перечисленных памятников находится в г. Белгороде, что обуславливает различную интенсивность

использования их в экскурсионно-познавательном туризме. Каждый памятник отражает значимый эпизод истории и жизни России и Белгородской области. Важная роль в просвещении и приобщении к природному, историческому, культурному и художественному наследию, ознакомлению с культурой, традициями и бытом наших предков принадлежит этнографическим памятникам.

5. Музейный туризм. В Белгородской области функционируют 26 музеев различного профиля: искусствоведческих, исторических, краеведческих и специализированных. Это музей-диорама «Курская битва», государственный художественный музей, музей-мастерская С.С. Косенкова, музей народной культуры, литературный музей, музей истории энергетики и многие другие. Наибольшее количество музеев в гг. Белгород, Старый Оскол, в Валуйском и Яковлевском районах. Старейшим музеем области является Белгородский государственный историко-краеведческий. В музее собраны экспозиции, посвященные заселению территории, сооружению Белгородской крепости, содержат коллекции народных костюмов, предметов крестьянского быта, народного творчества и современной жизни области. Собранные в музеях экспозиции создают предпосылки для развития на тер-

ритории Белгородской области этнического познавательного туризма.

В Белгородской области функционируют 755 учреждений культурно-досугового типа, в том числе 673 объекта находится в сельской местности. Наибольшее их количество находится в Белгородском, Валуйском, Старооскольском районах. Кроме того, на территории области представлены и спортивно-зрелищные объекты: 21 стадион, 7 дворцов спорта, в том числе и 3 ледовых, 86 лыжных баз, 133 плавательных бассейна, 413 сооружений стрелкового вида спорта, 2 гребных базы и канала, 805 спортивных залов. Многие из спортивных сооружений были построены в регионе в последние годы.

Следующим этапом проведения оценки культурно-исторического потенциала стала оценка пространственного распределения культурно-исторических объектов по территории Белгородской области. С помощью процедуры геоинформационного моделирования – картирования плотности по растру – было проведено вычисление распределения культурно-исторических объектов по территории региона. Полученная картографическая модель, позволила выделить центры концентрации культурно-исторических памятников в регионе (рис. 3).

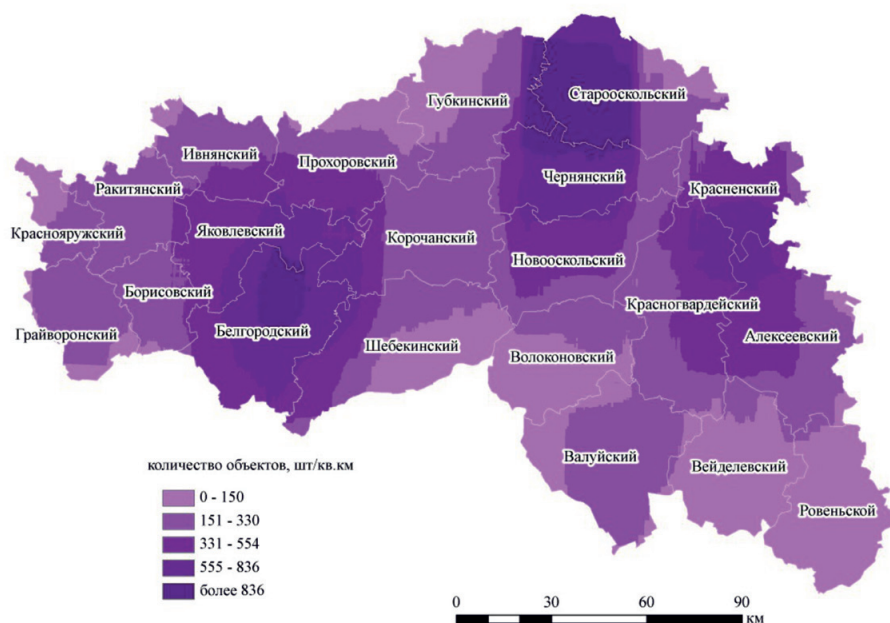


Рис. 3. Растровое моделирование плотности объектов культурно-исторического наследия в Белгородской области [2]



Рис. 4. Культурно-исторический потенциал Белгородской области [2]

В дальнейшем, используя инструмент ГИС-анализа – оверлей, была построена картографическая модель «Культурно-исторический потенциал Белгородской области» (рис. 4). Наиболее привлекательными для туристов являются территории, характеризующиеся наибольшим культурно-историческим потенциалом. Как видно из картосхемы, в Белгородской области благоприятный культурно-исторический потенциал в Старооскольском, Валуйском, Белгородском, Алексеевском, Красногвардейском районах. Относительно благоприятный культурно-исторический потенциал характерен для Волоконовского, Грайворонского, Шебекинского, Корочанского, Новооскольского, Прохоровского, Борисовского и Яковлевского районов. Остальные административные единицы территории области можно отнести к категории «неблагоприятных», т.е. имеют низкий культурно-исторический потенциал для развития различных направлений туризма [3].

Заключение

Борисовский район обладает огромным культурным и природным потенциалом для возрождения забытых народных промыслов, так как в конце XIX в. Борисовка была центром кустарных промыслов (72,5% крестьян занимались промыслами). В Бо-

рисовском районе есть предпосылки для возрождения кожевенного, сапожного, шорного, овчинного, гончарного, иконописного, иконообделочного, столярного, бондарного, ткацкого, кузнечного, дужного, колесного, шапочного промыслов. Таким образом, культурное наследие Белгородской области создает условия и возможности для развития в регионе экскурсионно-познавательного (природно- и культурно-познавательного направлений рекреации и экскурсий различной тематики), экологического, сельского, этнического туризма и религиозного туризма экскурсионной направленности.

Список литературы

1. Исторические усадьбы России – 2007 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.hist-usadba.narod.ru.
2. Королева И.С. Использование ГИС-технологий для оценки ландшафтно-рекреационного потенциала (на примере Белгородской области) // Геоэкология и рациональное природопользование: от науки к практике: материалы Всерос. науч.-практ. конф. молодых ученых с междунар. участием (15–17 октября 2007 г.). – Белгород, 2007. – С. 18–21.
3. Королева И.С. Применение ГИС-Технологий для оценки экотуристического потенциала староосвоенного региона (на примере Белгородской области) / И.С. Королева, А.Н. Петин, Я.В. Павлюк // Сетевой научный журнал «Научный результат». – 2015. – № 3. – С. 5–12.
4. Набиева У.Н. Социально-экономические и историко-культурные аспекты развития рекреации в Дагестане / У.Н. Набиева, С.М. Шахасова // География и туризм: сб. науч. тр. Перм. ун-т. – Пермь, 2005. – Вып. 1. – С. 178–183.
5. Социальное положение и уровень жизни населения Белгородской области: Стат. сб. / Белгородстат. – 2015. – 330 с.

УДК 550.85:903

**КОПТО-БАЙСЮТСКИЙ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ РАЙОН
ДРЕВНЕЙ ТУВЫ****¹Прудников С.Г., ²Прудникова Т.Н.***¹Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов СО РАН, Кызыл,
e-mail: prudnikov_s@inbox.ru;**²Международный Убсунурский центр биосферных исследований, Кызыл,
e-mail: tprudnikova@inbox.ru*

Авторами выделен и изучен Копто-Байсютский горно-металлургический район древней Тувы, являющийся одним из крупнейших центров добычи и переработки медной, железной, возможно, и золотой руды в древности. Район включает в себя все известные в настоящее время коренные месторождения и рудопроявления золота, серебра, меди, железа, россыпные месторождения золота, а также многочисленные хорошо сохранившиеся объекты древнего горного дела и металлургии: медные и железные выработки, плавильные печи, углежогные ямы. Дана краткая характеристика месторождений, имеющих следы древних горных работ. Изучены геохимические особенности шлаков из выявленных печей, что позволило установить источники руд. Древние выработки по добыче меди и железа на золотосодержащих месторождениях района являлись, видимо, источником попутного золота для изготовления ювелирных изделий из золота, найденных в известном уникальном археологическом царском кургане Аржан-2 (вторая половина VII в. до н. э.).

Ключевые слова: горно-металлургический район, древнее горное дело и металлургия, плавильные печи, медные и железные выработки, Тува

COPTO-BAYSYUT MINING AND METALLURGICAL AREA OF ANCIENT TUVA**¹Prudnikov S.G., ²Prudnikova T.N.***¹Tuvinian Institute for Exploration of Natural Resources of Siberian Branch of the RAS, Kyzyl,
e-mail: prudnikov_s@inbox.ru;**²International Uvs-Nuur centre for biosphere research, Kyzyl, e-mail: tprudnikova@inbox.ru*

Copto-Baysyut mining and metallurgical area of ancient Tuva has been allocated and studied by the authors. This area is one of the largest centers of mining and processing of copper, iron, and, possibly, gold ore in the ancient times. The area includes all currently known primary deposits and occurrences of gold, silver, copper, iron, placer gold deposits, and numerous well-preserved objects of ancient mining and metallurgy: copper and iron developments, melting furnace, burn coal pits. Brief description of deposits with traces of ancient mining works was done. The geochemical characteristics of slags from detected furnaces were studied, which allowed to identify the sources of ore. The ancient workings for the extraction of copper and iron on gold-bearing deposits of this area were probably the source of the gold to make jewelry of gold, which are found in the famous unique archaeological royal burial mound Arzhan-2 (the second half of VII century B.C.).

Keywords: mining and metallurgical area, ancient mining and metallurgy, melting furnace, copper and iron developments, Tuva

Минерально-сырьевая база республики Тува характеризуется широким набором полезных ископаемых. Наиболее ценными из них являются цветные и редкие металлы, в первую очередь – молибден, медь, алюминий, кобальт, свинец, цинк, тантал, ниобий, золото, а также комплексные железо-барит-флюоритовые руды, каменный уголь и асбест. Однако в силу исторических и экономических условий – до вхождения в состав Советского Союза в 1944 году Тува являлась исконно сельскохозяйственным регионом – горнорудная промышленность не получила здесь широкого развития. Из большого количества месторождений полезных ископаемых в хозяйственный оборот были вовлечены лишь месторождения золота, асбеста, кобальта, для местных нужд разрабатываются месторождения каменного угля, соли и строительных материалов.

Исследования Сунчугашева Я.И. [6], Кызласова Л.Р. [2, 3], Попова В.А. [4], Прудниковой Т.Н. [5] и др. позволили пересмотреть историю горно-промышленного освоения Тувы с древнейших времен. Судя по многочисленным археологическим находкам и памятникам, древняя Тува почти во все моменты своей истории активно развивалась, была довольно густо заселена. Исходя из этих условий, наряду со скотоводством, земледелием и охотой, горное дело и металлургия являлись важным элементом в жизни и экономике на разных этапах истории Тувы. Начиная с эпохи поздней бронзы (XII–VIII вв. до н.э.) на территории Тувы кустарным способом и в сравнительно небольших масштабах осваивались некоторые виды минерального сырья – главным образом, руды, содержащие медь, серебро, кобальт, сурьму, вероятно, золото. В VII–

III вв. до н.э. медь постепенно стала вытесняться более распространенным в Туве железом. В начале I тысячелетия н.э. добыча и плавка железа становится доминирующей в древнем горно-рудном производстве. Следы этой деятельности можно встретить в виде так называемых «древних выработок» и многочисленных «плавилен» во многих районах Тувы.

Авторами выделен и изучен Копто-Байсютский горно-металлургический район древней Тувы. Контуры района охватывают бассейн среднего течения рек Бай-Сют – Копто и включают в себя все известные в настоящее время коренные месторождения и рудопроявления золота, серебра, меди, железа, россыпные месторождения золота, а также многочисленные хорошо сохранившиеся объекты древнего горного дела и металлургии: медные и железные выработки, плавильные печи, углежогные ямы. Уникальные медеплавильни эпохи бронзы впервые были выявлены в долине р. Бай-Сют в 1916 г., а в 1962 г. – на правом берегу ключа Кызыл-Торг, недалеко от долины р. Бай-Сют [6]. Здесь древними рудопромыслами интенсивно обрабатывались окисленные сульфидные медные руды золотых месторождений в бассейнах рр. Бай-Сют и Копто. Памятники древней металлургии железа Тувы – уникальные ранние сыродутные горны для выплавки железа, относящиеся к концу уюкской культуры и началу шурмакской, были обнаружены также в долине р. Бай-Сют [7], а в последние годы выявлены авторами статьи и в долине р. Копто. Горно-металлургическое освоение района, видимо, явилось ключевым условием для развития интенсивной хозяйственной деятельности – постройки древних поселений, развития древнего орошаемого земледелия [5].

Таким образом, древнее горное дело и металлургия на территории Тувы имеют огромный тысячелетний опыт, а Копто-Байсютский район являлся одним из крупнейших центров добычи и переработки медной, железной, возможно, и золотой руды в древности.

Результаты работ

Авторами изучены разнообразные месторождения района, имеющие следы древних выработок, для решения вопроса о потенциальных источниках металла для древних металлургов. В геологическом отношении Копто-Байсютский горно-металлургический район простран-

ственно совпадает с крупным выступом Каахемского гранитоидного плутона тануольского комплекса (Копто-Байсютский массив) во вмещающие позднеерифейско-нижнекембрийские вулканогено-осадочные и карбонатные породы (рисунок). В современном понимании рудный район характеризуется широким развитием золоторудных проявлений и месторождений золото-сульфидно-скарновой формации, приуроченными к контактовой зоне гранодиоритовой интрузии с эффузивно-карбонатными породами (Тарданское месторождение, рудопроявления Соруглуг-Хем, Копто, Барсучье). Большая роль в размещении золоторудных проявлений принадлежит разрывным нарушениям, к которым тяготеют, главным образом, золотоносные жилы и березиты, минерализованные зоны дробления и рассланцевания (рудопроявления «жила Чудская», Тардан 2). Район включает также большое количество точек минерализации Au, Fe, Cu, Zn, шлиховых ореолов золота, барита, шеелита, геохимических аномалий Au, Cu, Zn, Pb. С золоторудными проявлениями пространственно и генетически связаны россыпные месторождения долины р. Бай-Сют.

Рудной базой древнего горно-металлургического района являлись почти все ныне известные месторождения и рудопроявления Копто-Байсютского района – золоторудные, медные, медно-полиметаллические, железные. Рудопроявления меди, цинка, свинца, железа широко встречаются совместно с золотом в кварцевых жилах, зонах скарнов и березитизированных породах. В большинстве случаев они не имеют промышленного значения в современном понимании, однако, являлись основными источниками для добычи руд в древности.

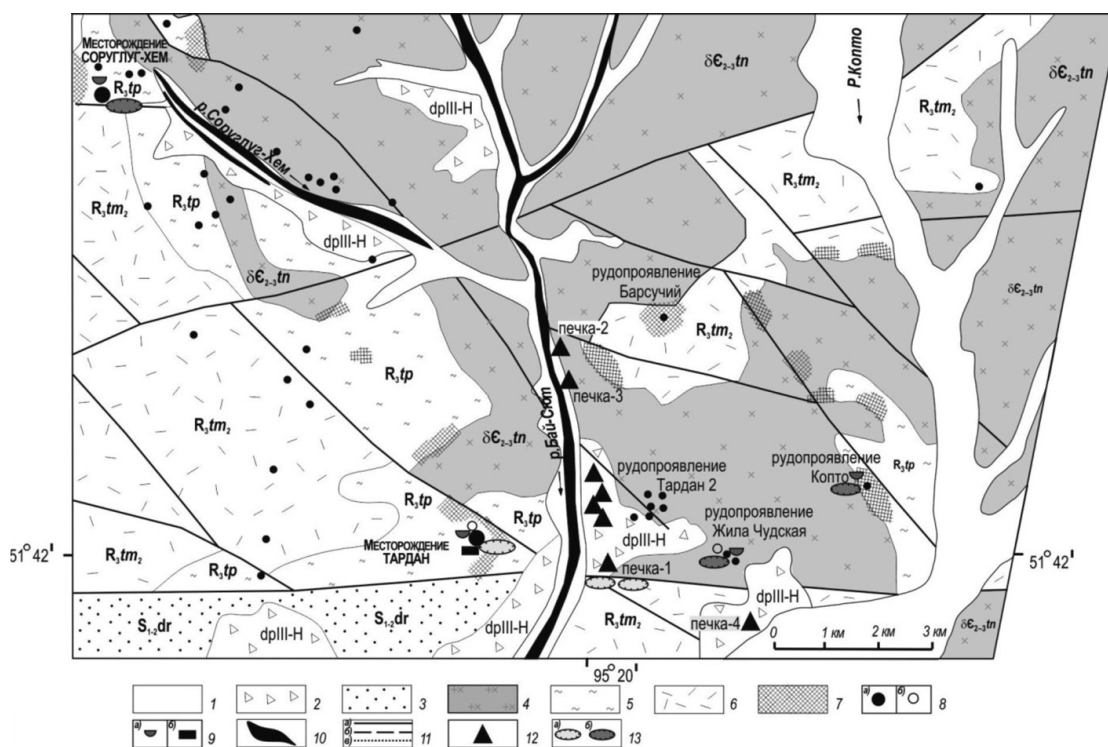
Тарданское месторождение, открытое в 1964 г., является наиболее разведанным золоторудным объектом Тувы. В 2009 г. на Тарданском месторождении приняты на баланс 8,5 т рудного золота. Отработка месторождения осуществляется открытым способом. Перспективным планом развития за счет внедрения технологии кучного выщелачивания предусматривается достичь годовой производительности по переработке руды до 1 млн т с получением химически чистого золота в количестве до 2 т.

Рудное поле месторождения занимает площадь около 1 кв. км, в пределах которой выявлено и разведано 14 рудных тел, отсто-

ящих друг от друга на 80–120 м. Мощность рудных тел непостоянная, обычно 1–3 м, в раздувах до 7 м, протяженность их от 50–100 м до 200–300 м. Содержание золота в рудных телах крайне неравномерное (от 2 до 100 г/т, в среднем 9,1 г/т). Форма рудных тел чаще линзовидная, жиллообразная, рудные тела крутопадающие (угол 50–80°), согласные склонению контактов зон скарнирования. Встречаются рудные гнезда, столбы.

На месторождении Тардан по составу выделяются скарново-сульфидные и гематит-магнетитовые типы руд. Скарново-сульфидные руды являются продуктом замещения известковых и магнезиальных скарнов и представлены кварц-хлорит-кальцитовыми, тальк-серпентин-амфиболовыми, гранат-пироксен-серпентиновыми метасоматитами

с вкрапленностью, гнездами и прожилками сульфидов (халькопирит, пирит) и магнетита. Количество сульфидов 5–7%, иногда достигает 20%. Гематит-магнетитовые руды имеют хлорит-серпентин-гематит-магнетитовый состав с вкрапленностью сульфидов до 3–5%, иногда 7–10%. Отдельные рудные тела сложены рудами обоих типов с преобладанием того или иного. Встречаются руды кварц-гематитовые (окварцованные известняки, метасоматические кварциты с гематитом и сульфидами) и карбонат-гематитовые (гнезда гематита в известняках). В приповерхностной зоне руды на глубину 50–100 м частично окислены. Все разведочные выработки находятся в пределах зоны полуокисленных руд, сульфиды которых замещаются малахитом, азуритом, лимонитом, церусситом, смитсонитом.



Геологическая схема Конто-Байсютского горно-металлургического района.

1 – аллювиальные отложения пойм (алл-Н); 2 – делювиально-пролювиальные отложения (др III-Н); 3 – силурийские отложения, дерзигская свита (S_{1-2} dr): красноцветные песчаники, гравелиты, конгломераты, прослои известняков; 4 – таннуольский габбро-диорит-плагиогранитный комплекс (E_{2-3} tn): тоналиты (γδ), диориты (δ); 5 – позднерифейские отложения, тапсинская свита (R_3 tp): песчаники, туфопесчаники, туфогравелиты, алевролиты, конгломераты, кристаллические сланцы, амфибол-хлоритовые сланцы и известняки; 6 – рифейские отложения, туматтайгинская свита, средняя подсвита (R_3 tm): базальтовые, андезитовые порфиры, прослои известняков; 7 – скарны; 8 – рудопоявления: а) золота, б) серебра; 9 – рудопоявления: а) меди, б) железа; 10 – россыпи; 11 – разломы; 12 – древние печи; 13 – древние выработки (карьеры): а) железорудные, б) меднорудные

Анализы древних железных шлаков в бассейне рек Копто и Бай-Сют

Элемент	Печка-1 (Бай-Сют)		Печка-2 (Бай-Сют)		Печка-3 (Бай-Сют)		Печка-4 (Копто)	
	1	2	3	4	5	6	7	8
Fe	68,9	13,2	63,7	82,5	44,9	28,3	35,2	35,7
O	21,2	1,8	13,3	7,6	28,6	49,6	21,4	24,7
C	0	0	0	0	0	0	33	0
Si	4,2	0	16,9	7	13,2	9,7	3	14,8
Ca	4,3	0	3,7	2,1	8,9	11,6	3,4	13,8
Al	1,3	0	2,4	0,8	2,2	0,3	0,7	4,2
Na	0	0	0	0	0	0	0	0
Mn	0	0	0	0	0	0	1,8	0
Mg	0	0	0	0	0,7	0,5	0,4	0
K	0	0	0	0	1,5	0	0	1,5
Sn	0	0	0	0	0	0	0	5,4
S	0	13,8	0	0	0	0	1,1	0
Hg	0	71,1	0	0	0	0	0	0

Видимое золото встречено непосредственно в скарнах и в кварцевых жилах, наложенных на скарны. Золото характеризуется постоянным присутствием меди от 0,028 до 0,727 мас.%, отсутствием высокопробных гипергенных преобразований. Пробность золота 870–910. По размерности золото крупное (0,5–0,1 мм) и мелкое (0,05–0,01 мм), преобладает крупное. Попутными рудными компонентами являются медь и серебро, установлены аномальные концентрации цинка, мышьяка, висмута, сурьмы. В отдельных пробах установлены марганец и ртуть. Медная минерализация представлена халькопиритом, борнитом, ковеллином, азурином, малахитом. Содержание меди в рудах от 0,1 до 1,8%, в среднем 0,42%. Серебро установлено в концентрациях от первых граммов до 269 г/т. Из других сульфидов присутствуют пирит, реже галенит, сфалерит. Общее количество сульфидов в скарнах не превышает 3–8%. Золото в рудах пластинчатое, комковидное, дендритовое, находится в сростании с андрадитом, хлоритом, магнетитом, галенитом. С нерудными минералами связано 60–70% золота, с магнетитом 25–30%, с сульфидами 10–15%. Значительная часть золота в лимоните, ярозите и других вторичных минералах в виде очень тонких включений.

В пределах Тарданского месторождения обнаружены 3 овальные ямы (древние отработки на железо) размером 8×5 м каждая. В отвалах ям были обнаружены свалы массивной гематито-магнетитовой руды, обломки скарнов с примазками медной зелени. В непосредственной близости с яма-

ми вскрыто тело массивной гематит-магнетитовой породы с включениями кальцита, эпидота. Вблизи с ним в скарнах отмечаются гнездообразные скопления магнетита со значительной вкрапленностью халькопирита, частично и пирита. Количество сульфидов и магнетита от ям в обе стороны резко уменьшается.

Рудопроявление «жила Чудская». Располагается на водоразделе рек Копто-Бай-Сют. Здесь обнаружено несколько древних выработок, расположенных цепочкой среди поля развития плагиигранитов. Поисковыми работами установлено, что в пределах зоны дробления залегает кварцевая жила, сопровождаемая системой мелких прожилков и березитизацией вмещающих пород. Прослежена на 80 м. Сложена жила беловато-серым кварцем с вкрапленностью халькопирита, пирита и сфалерита. Содержание золота до 10 г/т, меди 0,1–1%, свинца до 0,6%.

Рудопроявление Копто. Находится на водоразделе рек Копто и Бай-Сют. Золоторудные тела приурочены к скарнам, залегающим в виде ксенолита среди диоритов, в форме линзы сложной конфигурации. Размер скарновой линзы: протяженность 800–850 м, ширина выхода 200–300 м. Простираение ее северо-западное (азимут 330–340°), падение на северо-восток под углом 70°. Скарны представлены гранатовыми, пироксеновыми, пироксен-гранатовыми разностями с линзами магнетита и гематита, с вкрапленностью пирита, халькопирита, с примазками малахита, азурита и лимонита. В приповерхностной зоне сульфиды частично окислены и замещены

малахитом, азурином, лимонитом. В зоне окисления выявлена древняя горная выработка в виде карьера.

Химический анализ железных шлаков

Была проведена работа по изучению древних плавильных печей Копто-Байсютского горно-металлургического района. Плавильные печи приурочены к мощной толще лессовидных суглинков, сосредоточенных на высоких террасах у бортов долины. Но и в пойменной части реки часто встречаются обломки шлаков, обожженные участки почв, позволяющие предполагать наличие плавильных печей. Печи представляют собой сыродутные горны небольшого размера (преимущественно менее одного метра в диаметре), заполненные древесным углем, шлаками и остатками выплавленного металла.

Химический состав шлаков определялся на сканирующем электронном микроскопе Hitachi TM-1000 (ТувИКОПР СО РАН, аналитик Тимошенко Е.Н.). Выявлены следующие элементы: Fe, O, C, Si, Ca, Al, Na, Mn, Mg, K, Sn, S, Hg (таблица). Химический анализ шлаков из печей № 1, 2, 3, 4 подтверждает выплавку железа. Самым неожиданным и интересным результатом химического анализа одной из проб образца, выплавленного в плавильной печи № 4 является присутствие в железном сплаве олова (Sn 5,4%, проба 8). На территории Тувы известно всего одно небольшое месторождение олова и несколько небольших проявлений, расположенных у южной границы Тувы. Геологи и археологи пока не располагают данными, известны ли были месторождение и проявления олова древним металлургам Тувы. Отметим также, что находки оловянистой бронзы в Туве достаточно редки. Преимущественно это мышьяковистые бронзы, соответствующие мышьяковистым медным рудам Хову-Аксинского месторождения на юге Тувы. Присутствие олова в железных сплавах позволяет предполагать экспериментальные работы древних металлургов: добавки олова (по аналогии с бронзой) в железные сплавы производились ими, видимо, для улучшения качества полученного металла. Возможно, олово в шлак попало в результате переплавки комплексных руд месторождения Тардан и источником металла является минерал станнин.

Станнин, оловянный колчедан, минерал из класса сульфидов с общей формулой вида Cu_2FeSnS_4 . Она следует из формулы халькопирита путём замены одного атома Fe на Sn. Содержит (по массе) 29,58% Cu, 12,99% Fe, 27,5% Sn и 29,8% S, а также примеси Zn, Sb, Cd, Pb и Ag. Станнин образует вкрапленность в сфалерите ZnS, халькопирите, которые присутствуют в рудах месторождения Тардан.

Заключение

Химический анализ шлаков из печей № 1, 2, 3, 4 позволяет предположить, что источником руд для выплавки железа служили гематит-магнетитовые руды месторождения Тардан. Окисленные сульфидные медные руды золотых рудопроявлений Копто, жила Чудская и Соруглуг-Хем, видимо, служили источником для выплавки медных руд, печи которых обнаружены в долине р. Бай-Сют и Кызыл-Торг [6].

Древние выработки по добыче меди и железа на золотосодержащих месторождениях района являлись, видимо, источником попутного золота в известном уникальном археологическом царском кургане Аржан-2, содержащем многочисленные изделия из золота. По данным Зайкова В.В. [1], при сопоставлении гистограмм пробности из тонкой золотой фольги из кургана Аржан-2 (вторая половина VII в. до н.э.) и из руд месторождения Тардан установлено их сходство.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (Грант 15-45-04230).

Список литературы

1. Зайков В.В., Чугунов К.В., Юминов А.М., Зайкова Е.В., Котляров В.А. Состав золотых изделий из погребально-поминального комплекса Аржан-2 (Тува) и вероятные источники металла // Геоархеология и археологическая минералогия. – Миасс: ИМин УрО РАН, 2015. – С. 142–149.
2. Кызласов Л.Р. Древняя Тува. – М.: Изд. МГУ, 1979. – 207 с.
3. Кызласов Л.Р. К истории карасукской металлургии // Российская археология. – 1993. – № 3. – С. 43–49.
4. Попов В.А., Монгуш А.А., Аюнова О.Д. Горно-металлургическое производство в древней Туве (предварительные итоги работ 2004 г.) // Состояние и освоение природных ресурсов Тувы и сопредельных регионов Центральной Азии. Геоэкология природной среды и общества: Науч. тр. ТувИКОПР СО РАН, 2006. – С. 108–122.
5. Прудникова Т.Н. Полигенетические отложения на объектах древней металлургии в Центральной Туве // География и природные ресурсы. – 2012. – № 1. – С. 87–90.
6. Сунчугашев Я.И. Горное дело и выплавка металлов в древней Туве. – М.: Наука, 1969. – 140 с.

УДК 556

**РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ПРЕСНЫХ ВОД
В РЕСПУБЛИКЕ СЕВЕРНАЯ ОСЕТИЯ-АЛАНИЯ****Тавасиев В.Х.***ФГБОУ ВПО «Северо-Осетинский государственный университет им. К.Л. Хетагурова»,
Владикавказ, e-mail: v_tavasiev@mail.ru*

Статья посвящена изучению проблем рационального использования подземных вод в Республике Северная Осетия-Алания. В связи с большими потребностями пресная вода стала одним из важнейших и дефицитных природных веществ в мире. И поэтому проблема охраны и рационального использования водных ресурсов становится в настоящее время весьма актуальной. Республика Северная Осетия-Алания располагает значительными ресурсами подземных вод, которые используются для нужд хозяйственно-питьевого водоснабжения, удовлетворения потребностей промышленного и сельскохозяйственного производства. Водные ресурсы республики находят самое разнообразное применение. Подземные воды приоритетно используются для питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения. Вода рек Северной Осетии используется для промышленного производства в сельском хозяйстве, на бытовые нужды населения городов, а также для орошения и обводнения земель. В статье дается краткая характеристика подземных вод, а также рекомендации по улучшению состояния пресных вод в республике.

Ключевые слова: подземные воды, пресные воды, экология, рациональное природопользование, экологический кризис, жизнедеятельность, окружающая среда

**ETHNO-DEMOGRAPHIC PROBLEMS IN THE REPUBLIC
OF NORTH OSETIA-ALANIA****Tavasiev V.H.***K. Khetagurov North Osetian State Universitet, Vladikavkaz, e-mail: v_tavasiev@mail.ru*

The article is devoted to studying the problems of rational use of underground water in the RNO- Alania. Because of higher needs fresh water has become one of the most important and rarest natural resources in the world. That's why the problem of protection and rational use of water resources is quite up-to-date now. The republic has considerable resources of underground water used for economic and drinking water supply, satisfying the requirements of industrial and agricultural production. Water resources of the republic are widely used. Underground waters are primarily used for drinking and economic household water supply. Water of the rivers of the RNO-Alania is used for industrial production in agriculture, for domestic needs of the population of the cities and also for irrigation and watering of lands. The article gives a short characteristic of underground water and also the recommendations for the improvement of fresh water condition in the republic.

Keywords: underground water, fresh water, ecology, rational environmental use, ecological crisis, life activity, environment

Водные ресурсы республики, запасы которых достаточно велики, находят самое разнообразное применение. Подземные воды приоритетно используются для питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения. Вода рек Северной Осетии используется для промышленного производства в сельском хозяйстве, идет на бытовые нужды населения городов, а также используется для орошения и обводнения земель [1].

Республика Северная Осетия-Алания располагает значительными ресурсами поверхностных и подземных вод, которые используются для нужд хозяйственно-питьевого водоснабжения, удовлетворения потребностей промышленного и сельскохозяйственного производства.

Подземные воды. Гидрогеологические условия Северной Осетии весьма сложны. Они тесно связаны с геологическим и тектоническим строением территории, с климатом. Подземные воды различают-

ся по химическому составу, температуре, характеру источников, их минерализации и мощности.

На территории Северной Осетии встречаются пластовые, пластово-трещинные, жильные, карстовые и шахтные подземные воды.

Пластовые подземные воды распространены в зонах нефтяных и газовых месторождений (Цалыкское плато). В зависимости от положения подземных вод относительно нефтяной залежи среди них выделяют: пластовые, залегающие в одном пласте с нефтью; верхние, приуроченные к водоносным пластам, залегающие выше нефтеносного пласта; нижние, приуроченные к водоносным пластам, залегающие ниже нефтеносного пласта.

Пластово-трещинные воды характерны для всей горной части республики и приурочены к трещинам скальных осадочных пород (песчаники, известняки и т.д.), зале-

гающим между водоупорными породами. Тектонические трещины (Тибский разлом) служат путями циркуляции подземных вод. Они характеризуются глубокой циркуляцией по породам различного состава и возраста.

Под действием механического размыва, растворения и выщелачивания горных пород (известняки, доломиты и др.) в них образуются пустоты – карсты (Пастбищный и Скалистый хребты) и карстовые воды. Характерной особенностью карстовых вод является активная связь с атмосферными осадками, большая амплитуда колебаний дебитов источников, легкая возможность загрязнения.

Шахтные воды (Садонские рудники) как типичные воды зоны окисления представляют собой широко распространенное явление земной коры.

Шахтные (рудничные) воды питаются преимущественно пластовыми и трещинными водами.

Территория Северной Осетии богата подземными пресными водами, характеризующимися постоянством температуры, физико-химических свойств, газового и бактериального состава, режима в естественных условиях. Они представляют большой интерес для нужд питьевого, хозяйственного, технического водоснабжения и орошения. В горной части республики преобладают минеральные подземные воды, которые широко используются для лечебных целей [4].

Одними из доступных источников подземных пресных вод для централизованного водоснабжения населенных пунктов являются родники, выходы которых широко распространены в горной части республики.

Питание водоносного горизонта происходит за счет атмосферных осадков в местах выхода верхнечетвертичных отложений на дневную поверхность, а в пойме рек за счет перелива вод из горизонта современных отложений.

Питание водоносного горизонта происходит за счет атмосферных осадков и выходящих водоносных горизонтов.

В высокогорном районе из-за крутого и сильно пересеченного рельефа основная часть выпадающих осадков расходуется на сток, а остальная часть на инфильтрацию в породы и насыщение водоносных горизонтов. Испарение весьма незначительно благодаря влажному и холодному климату. В зоне распространения кристаллических пород палеозоя и глинистых сланцев нижней и средней юры подземные воды в основном приурочены к маломощной зоне

выветривания пород или к тектоническим нарушениям. Водоносными здесь являются четвертичные отложения, представленные делювием и валунно-галечным аллювием. В пределах распространения кристаллических пород преобладают крупнообломочный делювий, осыпи.

Они имеют прерывистое распространение. Родники отличаются малым дебитом (0,5 л/сек). В зоне распространения сланцев водообильность делювия слабая, дебит родников не превышает 1 л/сек. Водоносный горизонт аллювиальных отложений распространен полосой по дну речных долин. Качество вод хорошее: минерализация равна 100–200 мг/л. Состав вод гидрокарбонатно-кальциевый. Водоносность дочетвертичных пород незначительна, она проявляется по зонам тектонических разломов и характеризуется пластово-трещинными и трещинно-жильными водами.

Среднегорный район приурочен преимущественно к Скалистому и Пастбищному хребтам. Занимает полосу выходов комплекса карбонатных пород верхнего и нижнего мела и верхней юры. Четвертичные отложения представлены аллювиальными галечниками рек, отличающимися значительной водообильностью и делювием склоном. В верхней части южных крутых склонов эскарпов делювий безводен, в нижней части склонов он слабо водоносный, с небольшим количеством родников, дебитом от сотых долей литра до 1 л/сек. Режим водоносного горизонта в сильной степени зависит от атмосферных осадков. Карбонатные толщи верхнего и нижнего мела и верхней юры (известняки, мергели, доломиты) являются наиболее водообильными в пределах Северной Осетии. Водоносность здесь связана с трещинами и карстовыми ходами в известняках, особенно верхней юры. Дебит источников доходит до нескольких сотен литров в секунду. Направление подземного потока соответствует направлению падения пород моноклинали. Поэтому часть вод поступает за пределы района и имеет важное значение в питании Терско-Кумского артезианского бассейна, а также для водоснабжения Северо-Осетинской наклонной равнины. Закарстованность известняков вызывает местами периодическое бактериальное загрязнение. В периоды таяния снега и выпадения сильных дождей воды загрязняются и мутнеют. Следует запретить выпас скота на участках, сильно пораженных карстовыми воронками, и прекратить использование воронок в качестве

скотомогильников. Преобладают воды гидрокарбонатные кальциевые. Но местами распространены сульфатные воды. В районе Тамиска валанжинский горизонт дает восходящие минеральные источники со значительным содержанием сероводорода (до 700 мг/л), придающего этим водам целебные свойства [5].

Качество воды среднегорного района хорошее. Минерализация не превышает 1 г/л и только местами несколько повышена за счет растворения гипса, встречающегося в виде линз. Температура воды колеблется от 9 до 16°. Водоснабжение Владикавказа (Редантские источники) и ряда населенных пунктов, расположенных на Северо-Осетинской наклонной равнине, происходит от источников верхнеюрского водоносного горизонта [3].

Отдельные родники имеют суммарный дебит до 360 л/сек. Совершенно иная водоносность толщи средней и нижней юры. Отложения средней и нижней юры, представленные в основном сланцами и песчаниками, слагают значительные площади межгорных депрессий. Водоносность толщи связана с трещинами в сланцах и песчаниках. Она характеризуется пластово-тре-

щинными и трещинно-жильными водами с небольшим дебитом источников [6].

Пресные источники приурочены к зоне выветривания, они по составу воды гидрокарбонатно-кальциевые. Минеральные источники связаны с зонами трещиноватости тектонических разломов и имеют преимущественно хлоридно-натриевый состав. Поднимаясь с больших глубин синклинальных участков, некоторые из них, например, Кармадонские, носят термальный характер.

Минерализация соленых вод составляет от 2,2 до 5,7 г/л. Учитывая сравнительно малое количество пресной воды, вытекающей из родников в сланцах и песчаниках, а также из делювия эскарпов Скалистого хребта, важное значение приобретает проблема водоснабжения санаторных комплексов, которые будут располагаться в Северо-Юрской депрессии.

Проблема водоснабжения может быть здесь решена путем использования водоносного горизонта аллювиальных отложений. Грунтовые воды делювия в местах выпаса скота подвержены значительному загрязнению и поэтому могут быть использованы только через очистные сооружения [7].

Сведения о месторождениях подземных пресных вод [2]

Наименование месторождения	Запасы, тыс.м ³ /сутки	
	Утвержденные	Подготовленные к промышленному освоению
1. Алагирское	25	25
2. Гизельдонское	30,8	30,8
3. Орджоникидзевское	527,6	447,6
4. Тамисское	4,1	4,1
5. Тарское	78,3	42,0
6. Кармадонское	6,563	3,363
7. Беслановское	58,85	28,329
8. Моздокское	89,95	68,08
9. Ардонское	50,0	30,0
10. Михайловское	9,6	9,6
11. Киевское	61,4	54,4
12. Кизлярское	25	15,4
13. Веселовское	80,2	80,2
14. Левобережное	154,1	154,1
15. Хумалаг-Зильгинское	19,2	—
16. Брут-Даргкохское	214,272	107,136
17. Даргавское	7,199	—
18. Ирафское	0,9807	—
19. Виноградное	112,23	26,6
20. Силтанукское	14,7	—
21. Дигорское	53,0	20,81
22. Терско-Сунженское	1,62	—
Всего	1624,6647	1147,518

Основополагающие принципы органов управления, и в целом общества, призваны обеспечить усиление мер по предотвращению, ограничению и сокращению поступления опасных веществ в водную среду с водозаборов водных объектов. Этот принцип решает целостный подход к экологически безопасному использованию водных ресурсов и прибрежной растительности заболоченных и переувлажненных земель, речных пойм и соответствующей дикой природы и ареалов обитания. Весь водосборный бассейн должен рассматриваться, как элемент природы, в отношении которого осуществляется комплексная и основанная на экосистеме водохозяйственная деятельность.

Водные ресурсы – национальное богатство Республики Северная Осетия-Алания, которое требует строго учета, охраны от загрязнения, экологического и планомерного использования. Защита водной среды, а также возникновение угрозы дефицита воды требует комплексного и рационального подхода к использованию водных ресур-

сов, включающего весь объем водоохранных мероприятий.

Список литературы

1. Босиков И.И., Тавасиев В.Х. Рациональное использование водных ресурсов в Северной Осетии. – Владикавказ: Изд-во «Олимп», 2014. – 120 с.
2. Донцов В.И., Цогоев В.Б. Природные ресурсы Северной Осетии. Т. 10. Водные ресурсы. – Владикавказ, 2010 г.
3. О состоянии и об охране окружающей среды и природных ресурсов РСО-А в 2012 году. Государственный доклад. – Владикавказ, 2013. – 144 с.
4. Тавасиев В.Х., Тавасиев Г.В. Социально-экологические проблемы в Республике Северная Осетия-Алания// Вестник университета (Государственный университет управления). – М., 2015. – № 8. – С. 233–239.
5. Тавасиев В.Х., Тавасиев Г.В. Рациональное использование подземных пресных вод в Республике Северная Осетия-Алания// Материалы за 9-а международна научна практична конференция, «Новината за напреднали наука». – София, 2013. – Том 48, Экология. – С. 35–39.
6. Тавасиев В.Х., Тавасиев Г.В. Проблемы охраны поверхностных вод в Республике Северная Осетия-Алания// Materiały IX Międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji «Wschodnie partnerstwo – 2013» Volume 26. Ekologia.: Przemysł. Nauka i studia – P. 85–90.
7. Тавасиев В.Х., Тебиева Д.И. Вторичное использование горнопромышленных отходов в решении экологических проблем РСО-Алания// Проблемы природопользования и экологическая ситуация в европейской России и сопредельных странах: Материалы V Международной научной конференции 28–31 октября 2013 г. – М.; Белгород: Константа, 2013. – С. 393–395.

УДК 532.546

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОПЕРЕНОСА В ПРОМЫШЛЕННЫХ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРАХ С ЭЛЕГАЗОВЫМ ОХЛАЖДЕНИЕМ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ВИБРАЦИИ

^{1,2}Хисматуллин А.С., ²Вахитов А.Х., ²Феокистов А.А.¹Государственное автономное научное учреждение «Институт прикладных исследований Республики Башкортостан», Стерлитамак, e-mail: hism5az@mail.ru;²Филиал «Уфимский государственный нефтяной технический университет» в г. Салавате

Настоящая статья посвящена интенсификации процесса теплообмена, который заключается в том, что теплосъем с нагревающегося масла в трансформаторе осуществляется за счёт циркуляции барботируемого элегаза, перекачиваемого компрессором. После всплытия пузырьков элегаз проходит через систему фильтров, удерживающих частицы масла, захваченные всплывающими пузырьками, и далее, пройдя систему очистки и охлаждения, повторяет рабочий цикл. В работе рассмотрены явления теплопереноса, инициированные акустическим полем в среде. Показано, что значения коэффициентов переноса возрастают даже в случае распространения плоской волны в однородной среде. Полученное спектральное представление позволяет построить выражение коэффициентов трансконвективного переноса, обусловленного колебаниями для различных волновых пакетов. Результаты исследований показывают, что при пропускании элегазовых пузырьков через трансформаторное масло происходит возрастание коэффициента эффективной теплопроводности. Предлагаемый метод интенсификации системы охлаждения за счёт увеличения коэффициента переноса тепла в масле позволяет повысить эффективность системы охлаждения силовых масляных трансформаторов.

Ключевые слова: трансконвективный перенос тепла, монохроматическая волна, число Маха, акустические поля

INVESTIGATION OF HEAT TRANSFER IN INDUSTRIAL POWER TRANSFORMERS GAS COOLING THE EFFECT OF VIBRATION

^{1,2}Hismatullin A.S., ²Vahitov A.H., ²Feoktistov A.A.¹The state independent scientific institution «Institute of applied researches of Republic Bashkortostan», Sterlitamak, e-mail: hism5az@mail.ru;²Ufa State Petroleum Technological University Salavat Branch, Salavat

This article is devoted to the intensification of the process of heat exchange, which is that the heat removal from heating oil in the transformer is carried out at the expense of the circulation bubbling sulfur hexafluoride, pumped by the compressor. After surfacing bubbles insulating gas passes through the filter, holding the oil particles trapped by rising bubbles and then passing cleaning and cooling system, the duty cycle repeats. The paper discusses the phenomenon of heat transfer initiated by the acoustic field in the medium. It is shown that the values of the transfer coefficients increase even in the case of the plane wave propagation in the homogeneous medium. The resulting spectral representation allows us to construct an expression transconvectional transfer coefficients due to vibrations of different wave packets. Studies show that by passing electric gas bubbles through the transformer oil is an increase of the effective thermal conductivity. Pre-lag method of intensifying the cooling system by increasing the coefficient of heat transfer oil can improve the efficiency of cooling systems of power oil transformers.

Keywords: transconvectional heat transfer, monochromatic wave, the Mach number, the acoustic field

В работе исследуются процессы теплопереноса в промышленных силовых трансформаторах, основанных на барботировании трансформаторного масла пузырьками элегаза. Большое значение коэффициента теплового расширения элегаза способствует образованию конвективных потоков, перераспределяющих неоднородности теплового поля в объеме трансформаторного масла [4–6]. В среде с конвективными ячейками возникает сложное поле скоростей, которое приводит к возрастанию эффективного коэффициента теплопроводности. При определенных условиях величина эффективного коэффициента теплопроводности может на несколько порядков превышать молекулярный коэффициент теплопрово-

дности, поэтому исследование механизма переноса тепла в объеме трансформаторного масла с конвективными ячейками имеет важное практическое значение для повышения эффективности системы охлаждения силовых трансформаторов [7–15].

В работе также рассмотрены явления теплопереноса, инициированные акустическим полем в среде. Магнитопровод трансформатора является основным и важным источником шума. Шум сердечника зависит от магнитных свойств материала, из которого он изготовлен, и от плотности магнитного потока. Магнитные силы, формируемые в сердечнике, вызывают вибрацию и шум. Шумы, вызываемые сердечником и обмотками, находятся, в основном, в полосе ча-

стот 100–600 Hz. Частотный диапазон шума, вызванного вентиляторами охлаждения, как правило, имеет более широкий диапазон частот. Факторами, влияющими на общий шум вентиляторов, являются скорость вращения, структура лопастей, количество вентиляторов и расположение радиаторов.

Экспериментально установлено [1], что при воздействии волновых полей в сложных средах возрастают значения коэффициентов переноса. Физический механизм этого явления, достаточно сложен, и до настоящего времени нет полной теории этого явления. Одним из механизмов, объясняющих явление возрастания коэффициентов переноса, является так называемый трансцилляторный [2–7]. Суть этого механизма проявляется в увеличении потока за счет относительно го смещения участков среды, вызываемого волновыми полями. Трансцилляторный теплоперенос относится к диффузионно-конвективным процессам, возникающим при колебательном относительном перемещении участков или частей среды [5]. Теория явления трансцилляторного переноса приводит к уравнениям в частных производных второго порядка с переменными коэффициентами.

Рассмотрим простейший случай однородной среды, находящейся под воздействием плоской монохроматической или немонахроматической волны. Уравнение, описывающее эволюцию температуры T в однородной изотропной среде, представляется в виде

$$a \Delta T - \frac{\partial T}{\partial t} = U(\vec{r}, t) \nabla T. \quad (1)$$

Оно учитывает диффузионные и конвективные процессы, возникающие за счет смещений в волновой зоне. Здесь a – диффузный коэффициент, $U(\vec{r}, t)$ – поле скоростей в волновой зоне.

Получение аналитических решений уравнения (1) для волновых полей затруд-

нено вследствие сложной зависимости скорости колебаний от координат и времени [1]. Решим задачу методом редукции к эквивалентному интегральному уравнению, не требующий построения точного аналитического решения. Для простоты предположим, что волна является поперечной и распространяется вдоль оси Ox со скоростью v , а отличной от нуля является координата скорости колебаний среды $U_y(x, t)$. Начальное температурное предпологается заданным $T(x, y, t)|_{t=0} = -\Gamma_y y$. Считаем также, что составляющая градиента скалярного поля Γ_y является постоянной. Построение математической модели при этих предположениях сводится к отысканию решений вида

$$T(x, y, z, t) = T'(x, t) - \Gamma_y y. \quad (2)$$

Рассмотрим случай монохроматической волны с частотой ω . Для плоской упругой поперечной волны, распространяющейся вдоль оси Ox , с плоскостью колебаний, параллельной оси Oy , имеем

$$U_y(x, t) = A \omega \sin(\omega t - kx), \\ U_z = 0, \quad k = \frac{\omega}{v}. \quad (3)$$

Для соответствующего уравнения относительно $T'(x, t)$

$$a \frac{\partial^2 T'}{\partial x^2} - \frac{\partial T'}{\partial t} = U_y \frac{\partial T'}{\partial y} - U_y \Gamma_y = q(x, y, t), \quad (4)$$

где $q(x, y, t)$ – эквивалентный источник тепла, с однородным начальным условием

$$T'|_{t=0} = 0. \quad (5)$$

Эквивалентное исходной задаче интегро-дифференциальное уравнение с учетом того, что $\Gamma_y \gg \partial T' / \partial y$ и используя формулы Эйлера, получим:

$$T' = \frac{A \omega \Gamma_y}{2i} \left[e^{-ikx} \frac{e^{i\omega t} - e^{-k^2 a t}}{i\omega + k^2 a} - e^{ikx} \frac{e^{-i\omega t} - e^{-k^2 a t}}{-i\omega + k^2 a} \right]. \quad (6)$$

Для достаточно больших времен $t \gg 1/(k^2 a)$ из (6) получим

$$T' = \frac{A \omega \Gamma_y}{k^4 a^2 + \omega^2} [k^2 a \sin(\omega t - kx) - \omega \cos(\omega t - kx)]. \quad (7)$$

Поток вдоль оси Oy складывается из диффузионного и конвективного:

$$j_y = -a \frac{\partial T}{\partial y} + c U_y T. \quad (8)$$

Осредненная конвективная составляющая потока по периоду колебаний для потока имеет следующий вид:

$$\langle j_y^{\text{conv.}} \rangle = \frac{c\rho A^2 \omega^2 k^2 a \Gamma_y}{2(k^4 a^2 + \omega^2)}. \quad (9)$$

Соответствующий коэффициент переноса

$$\lambda_{\text{tr.}} = \frac{\langle j_y^{\text{conv.}} \rangle}{\Gamma_y} = \frac{c\rho A^2 \omega^2 k^2 a}{2(k^4 a^2 + \omega^2)} = \frac{c\rho A^2 v^2}{2a \left(1 + \frac{v^4}{a^2 \omega^2}\right)} \quad (10)$$

называется транцилляторным. Транцилляторный перенос возникает за счет диффузного обмена между слоями среды, участвующими в колебательном относительном перемещении. Он отличается от чисто конвективного, поскольку регулярно переноса среды в этом случае нет.

Разложим (10) в степенной ряд и, удерживая два члена, получим

$$\lambda_{\text{tr.}} = \frac{c\rho A^2 v^2}{2a \left(1 + \frac{v^4}{a^2 \omega^2}\right)} = \frac{c\rho a}{2} M^2 \left(1 - \frac{a^2 M^2}{A^2 v^2}\right),$$

где $M = A\omega/v$ – число Маха.

Рассмотрим далее случай плоской немонохроматической волны, бегущей вдоль оси Oy . Представив соответствующую координату скорости смещения среды в виде интеграла Фурье, получим выражение для нахождения коэффициента транцилляторного переноса в волновой зоне.

$$\lambda_{\text{tr.}} = \frac{c\rho}{2\pi i \tau} \int_{-\infty-\infty}^{\infty} \int_{-\infty-\infty}^{\infty} U_y(\omega') U_y(\omega) e^{i(\omega+\omega') \left(t - \frac{x}{v}\right)} \times \frac{(e^{i(\omega+\omega')\tau} - 1)}{\left(a \frac{\omega^2}{v^2} + i\omega\right)(\omega + \omega')} d\omega' d\omega. \quad (11)$$

Практическое значение этой формулы заключается в возможности вычисления коэффициента переноса, если известны спектральные компоненты поля скорости в волновой зоне. Для произвольных периодических колебаний представим поле скорости в виде экспоненциального ряда:

$$U(\omega) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} \left(\sum_{m=-\infty}^{\infty} C_m e^{im\omega_0 t'} \right) \cdot e^{-i\omega t'} dt' = \sqrt{2\pi} \sum_{m=1}^{\infty} \{C_m \delta(\omega - m\omega_0) + C_{-m} \delta(\omega + m\omega_0)\} = \sqrt{2\pi} \sum_{m=1}^{\infty} U_m(\omega). \quad (12)$$

Для заданных коэффициентов Фурье смещений A_m и B_m в волновом поле имеем следующее выражение для КТП:

$$\lambda_{\text{tr.}} = \frac{c\rho v^2}{2} \sum_{m=1}^{\infty} \frac{(A_m^2 + B_m^2)}{a^2 \left(1 + \frac{v^4}{m^2 \omega_0^2}\right)}. \quad (13)$$

Полученное выражение свидетельствует об аддитивности КТП относительно гармоник Фурье. Для монохроматических колебаний $A_1 = A$ и $A_m = 0$ при $m \neq 1$, $B_m = 0$ из (13) получим выражение, совпадающее с (10). Следовательно, это позволяет констатировать, что коэффициент транцилляторного переноса пропорционален квадрату амплитуды колебаний. При увеличении частоты ω_0 коэффициент монотонно возрастает, стремясь к предельному значению $\lambda_{\text{tr. max.}} = c\rho A^2 v^2 / (2a)$.

Таким образом, при распространении поперечной акустической волны в среде возникает дополнительный перенос тепла (транцилляторный). Коэффициент теплопроводности получает максимальное приращение в плоскости колебаний. Изотропная среда в акустическом поле приобретает анизотропию по отношению к коэффициентам переноса. Транцилляторный перенос обуславливает дополнительную необратимость процессов переноса.

С целью проверки полученных теоретических расчетов были проведены экспериментальные исследования на разработанном лабораторном стенде.

Лабораторный стенд состоит из реактора, нагревательного элемента, микрокомпрессора, измерительных устройств, сопряженных с компьютером. В качестве реактора использована ёмкость радиусом 12,5 см и высотой 30 см, заполненная трансформаторным маслом, на оси которого по центру закреплён нагревательный элемент. Газовые пузырьки создаются с помощью микрокомпрессора, осуществляющего впрыск газа через специальные керамические распределители, расположенные в нижней части реактора. Регулирование интенсивности нагрева

трансформаторного масла происходило с помощью лабораторного автотрансформатора, подключённого к нагревательному элементу. Для регистрации температурного поля в объеме емкости размещены термодатчики, сигналы с которых поступают на вход аналогово-цифрового преобразователя ADAM4018. Далее сигналы направляются в компьютер, который позволяет управлять, регистрировать и обрабатывать информацию, с помощью специально разработанной программы [15].

Выводы

Результаты исследований показали, что при пропуске элегазовых пузырьков через трансформаторное масло коэффициент эффективной теплопроводности возрастает в 27 раз [13]. Фактически это означает, что при этом механизм трансцилляционного переноса тепла становится преобладающим.

Механизм теплообмена следующий: основной теплоём с нагревающегося масла в трансформаторе осуществляется за счёт циркуляции барботируемого элгаса, обладающего большим коэффициентом теплового расширения, в масле образуется конвективный поток, эффективно уносящий тепло. После всплытия пузырьков, элгас проходит через систему фильтров, удерживающих частицы масла, захваченные всплывающими пузырьками, и далее, пройдя систему очистки и охлаждения, возвращаются обратно в работу для повторения рабочего цикла. Предложенный способ интенсификации системы охлаждения позволяет повысить эффективность системы охлаждения силовых трансформаторов за счёт барботирования масла элгасом, что значительно повышает коэффициент эффективной теплопроводности.

Список литературы

1. Баширов М.Г., Хисматуллин А.С., Хуснутдинова И.Г. Применение барботажа в системе охлаждения силовых трансформаторов // Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья. – 2014. – № 3. – С. 29–33.
2. Баширов М.Г., Хисматуллин А.С., Салиева Л.М., Зайнакова И.Ф. Совершенствование хроматографического метода оценки технического состояния силовых масляных трансформаторов / Фундаментальные исследования. – 2015. – № 10 (часть 2). – С. 233–237.
3. Баширов М.Г., Хисматуллин А.С., Камалов А.Р. Исследование изменения теплопроводности масла при барботаже в системе охлаждения силовых трансформаторов // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6. – С. 338.
4. Муллакаев М.С. Ультразвуковая интенсификация технологических процессов добычи и переработки нефти, очистки нефтезагрязненных вод и грунтов. Дис. докт. техн. наук. Московский государственный университет инженерной экологии. – М.: 2011. – 391 с.
5. Филиппов А.И., Минлибаев М.Р., Хисматуллин А.С. Установка для исследования коэффициента температуропроводности в жидкости // Новые промышленные технологии. – 2010. – № 2. – С. 62–63.
6. Хисматуллин А.С., Гареев И.М. Исследование переноса интегрального параметра в жидкости с газовыми пузырьками // Экологические системы и приборы. – 2015. – № 7. – С. 38–42.
7. Хисматуллин А.С. Расчет теплового поля в силовых масляных трансформаторах с элгасовым охлаждением / Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья. – 2015. – № 2. – С. 23–30.
8. Хисматуллин А.С., Камалов А.Р. Повышение эффективности системы охлаждения мощных силовых трансформаторов // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 6–2. – С. 316–319.
9. Хисматуллин А.С., Минлибаев М.Р., Аллагулов А.И. Контроль и управление технологическими параметрами системы охлаждения масляного трансформатора / Повышение надежности и энергоэффективности электротехнических систем и комплексов: межвузовский сборник научных трудов // редкол.: В.А. Шабанов и др. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2014. – С. 121–123.
10. Хисматуллин А.С. Теоретическое и экспериментальное исследование теплопереноса в жидкости с газовыми пузырьками: дис. на соискание уч. ст. канд. физ.-мат. наук. – Уфа, 2010. – С. 14–16.
11. Хисматуллин А.С., Филиппов А.И., Минлибаев М.Р., Серебренников Н.П. Определение коэффициента трансцилляционного переноса при барботаже в жидкости // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2010. – № 2. – С. 52–53.
12. Bashirov M.G., Minlibayev M.R., Hismatullin A.S. Increase of efficiency of cooling of the power oil transformers. Oil and Gas Business: electronic scientific journal. – 2014. – Issue 2. – P. 358–367.
13. Nigmatulin R.I., Filippov A.I., and Khismatullin A.S. Transcillatory heat transfer in a liquid with gas bubbles // Thermophysics and Aeromechanics. – 2012. – Vol. 19, № 4. – P. 589.
14. Хисматуллин А.С., Филиппов А.И. Исследование явлений переноса в жидкости с газовыми пузырьками при акустическом воздействии // Обзорные прикладной и промышленной математики. – М., 2008. – Т. 15, № 1. – С. 179–180.
15. Хисматуллин А.С., Баширов М.Г., Исхаков Р.Р. Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2015614073 Программа анализа выходных данных эксперимента по определению коэффициента температуропроводности трансформаторного масла с всплывающими элгасовыми пузырьками. Правообладатель: ФГБОУ ВПО УГНТУ. Дата гос. регистрации 06.04.2015.

УДК 53.096

**КВАНТОВО-МЕХАНИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ
ДЕГИДРОКСИЛАЦИИ МИНЕРАЛОВ****Шишелова Т.И., Липовченко Е.Л.***Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск,
e-mail: tamara.shishelova@gmail.com, egor-lip@mail.ru*

В работе с позиций квантовой механики проработан вопрос дегидроксиляции в минералах. Предлагаемой моделью является процесс перемещения протонов (неоднородный или гетерогенный процесс). Процесс потери гидроксильной группы рассмотрен – как процесс делокализации протона в системе «два атома кислорода и протон между ними». Такое перемещение протона обусловлено его переходом в возбуждённое состояние из-за нагрева системы. Данный механизм дегидроксиляции представляется более правдоподобным. Вероятность обнаружения микрочастицы вблизи второго атома кислорода мала. Однако наличие промежуточного потенциального барьера изменяет данную вероятность. При нагреве в минерале из-за увеличения энергии протона растёт прозрачность среднего барьера. Учтено и наличие туннельного эффекта – вероятность перехода частицы непосредственно сквозь барьер. Увеличение вероятности нахождения протона вблизи второго потенциального источника соответствует процессу дегидроксиляции рассматриваемой системы. Найдены уравнения, определяющие спектр энергии системы. При сближении двух источников их волновые функции и энергетический спектр взаимно нарушаются. Определено нахождение новых энергетических уровней и возмущённых волновых функций, характеризующих взаимодействие рассматриваемых объектов. Проведя соответствующие расчёты, получены уравнения, позволяющие определить степень локализации протона вблизи соответствующих атомов кислорода, и тем самым установить положение новых энергетических уровней и степень их локализации. Последующий анализ зависимости интенсивности полос поглощения в рассматриваемых системах, с учётом полученных формул, приводит к выводу о том, что интенсивность полос ОН уменьшается с ростом температуры. В рамках модели, в которой протон гидроксильной группы находится в «двойной потенциальной яме», удовлетворительно объясняется уменьшение интенсивности полос поглощения гидроксидов при повышении температуры.

Ключевые слова: квантовая механика, дегидроксиляция, волновая функция, энергетические уровни, потенциальная яма, ИК-спектры, интенсивность полос поглощения

QUANTUM MECHANICAL CALCULATION OF MINERALS DEHYDROXYLATION**Shishelova T.I., Lipovchenko E.L.***Irkutsk State Technical University, Irkutsk, e-mail: tamara.shishelova@gmail.com, egor-lip@mail.ru*

The work from the standpoint of quantum mechanics to study the issue dehydroxylation in minerals. The proposed model is a process of moving protons (non-homogeneous or heterogeneous process). The process of loss of the hydroxyl group is considered as the process of proton delocalization in the system – two atoms of oxygen and a proton between them. This movement is caused by its proton transfer in the excited state due to the heating system. This mechanism dehydroxylation seems more plausible. The probability of detecting micro-particles near the second atom of oxygen is low. However, the presence of intermediate potential barrier changes this probability. When heated in a mineral due to the increase in proton energy increases the transparency of the barrier medium. Taken into account the presence of the tunnel effect – the probability of transition of a particle directly through the barrier. The increase in the probability of finding the proton near the second potential source corresponds to the dehydroxylation process of the system. The energy spectrum equations of the analyzed system are determined. When moving towards two sources of the wave functions and energy spectrum mutually violated. New energy levels and perturbed wave function describing the interaction of these objects are determined. After appropriate calculations, the equations for the degree of localization of the proton near the corresponding oxygen atoms, and thus the new position of the energy levels and the degree of their localization were determined. Subsequent analysis of the intensity of the absorption bands in the systems, taking into account the formulas obtained, leads to the conclusion that the intensity of the bands decreases with increasing temperature. The model in which the proton of the hydroxyl group is in the «double potential well», satisfactorily explains decreasing of the intensity of the absorption frequency bands of the hydroxyls groups at higher temperatures.

Keywords: quantum mechanics, dehydroxylation, wave function, energy levels, potential well, IR spectra, intensity of the absorption bands

Несмотря на многочисленные работы по дегидроксиляции минералов, детального понимания и теоретического анализа процесса дегидроксиляции до сих пор нет [2, 3, 5–13].

Ранее нами в статье [14] с позиций квантовой механики рассмотрен механизм дегидроксиляции минералов. Процесс дегидроксиляции представлен как процесс локализации протона в системе «два ато-

ма кислорода и протон между ними». Такое перемещение протона обусловлено его переходом в возбуждённое состояние. При нагреве в минерале происходит увеличение энергии протона, в связи с этим растёт прозрачность среднего барьера.

Недостаточно изучен вопрос об изменении интенсивности полосы валентных колебаний ОН. Таким образом, существует

необходимость поиска ряда количественных характеристик в системе **ОН...О**.

Была выбрана модель из двух источников с параболической зависимостью потенциальной энергии U . Две потенциальные зависимости (U_1 и U_2), характеризуют воздействие двух рассматриваемых атомов на протон, при этом учтено смещение минимумов потенциальных энергий данных источников на величину $\Delta U = U_{2\min} - U_{1\min}$. Определена координата промежуточного барьера, разделяющего потенциальные ямы, его высота.

Локализация протона, связанного с одним из атомов кислорода, определяется его волновой функцией. Поведение микрочастицы соизмеримо волновому уравнению Шрёдингера, полностью определяющего её движение.

Вероятность локализации частицы в пространстве определяется её волновой функцией, а квадрат её модуля даёт значение плотности вероятности нахождения частицы в данной области.

Вероятность обнаружения микрочастицы вблизи второго атома кислорода мала. Однако, наличие второго потенциального барьера, меняет данную вероятность. Также понятно, что при увеличении энергии протона (т.е. при его переходе в возбуждённое состояние) растёт прозрачность среднего барьера вследствие туннельного эффекта. Изменение вероятности нахождения протона вблизи второго потенциального источника соответствует процессу дегидроксиляции рассматриваемой системы.

Общая потенциальная энергия системы двух близко расположенных осцилляторов $U(x)$ имеет промежуточный барьер ΔU с координатой

$$x^* = \frac{\Delta U}{2\kappa\ell}. \quad (1)$$

Выражение (1) соответствует пересечению потенциальных функций гармонических осцилляторов $U_1(x)$ и $U_2(x)$, имеющих вид:

$$U_1(x) = \frac{1}{2}\kappa(x + \ell)^2 = \frac{1}{2}\kappa x_1^2, \quad (2)$$

$$U_2(x) = \frac{1}{2}\kappa(x - \ell)^2 = \frac{1}{2}\kappa x_2^2. \quad (3)$$

Высота промежуточного барьера, разделяющего потенциальные ямы, определяется выражением:

$$U(x = x^*) = \frac{1}{2}\kappa(x^* + \ell)^2 = \frac{1}{2}\kappa\left(\frac{\Delta U}{2\kappa\ell} + \ell\right)^2 \quad (4)$$

или

$$U^* = \frac{1}{2}\kappa\left(\frac{\Delta U}{2\kappa\ell} + \ell\right)^2. \quad (5)$$

Локализация протона, связанная с одним из атомов кислорода, определяется его волновой функцией $\psi(x)$.

Для первого изолированного атома с потенциальной энергией $U_1(x)$ запишем:

$$\hat{H}_1 \psi_1^0 = E_1^0 \psi_1^0. \quad (6)$$

Здесь волновая функция ψ является решением стационарного уравнения Шрёдингера, для второго атома

$$\hat{H}_2 \psi_2^0 = E_2^0 \psi_2^0. \quad (7)$$

Функции ψ_1^0 и ψ_2^0 – волновые функции, которые соответствуют двум близко расположенным изолированным потенциальным источникам с невозмущёнными энергетическими уровнями.

Отказавшись от описания движения частицы с помощью траекторий, получаемых из законов динамики, и определив вместо этого волновую функцию, необходимо ввести в рассмотрение уравнение, эквивалентное законам Ньютона и дающее рецепт для нахождения ψ в частных физических задачах. Таким уравнением является уравнение Шрёдингера [6, 7]:

$$-\frac{\hbar^2}{2m}\Delta\Psi(\vec{r},t) + U(\vec{r},t)\Psi(\vec{r},t) = i\hbar\frac{\partial}{\partial t}\Psi(\vec{r},t) \quad (8)$$

или

$$-\frac{\hbar^2}{2m}\left(\frac{\partial^2\Psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2\Psi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2\Psi}{\partial z^2}\right) + U(x,y,z)\Psi = i\hbar\frac{\partial}{\partial t}\Psi. \quad (9)$$

В квантовой механике вводят оператор Гамильтона – $\hat{H} = \frac{\hat{p}^2}{2m} + U(|\vec{r}|)$ квантово-механический оператор, соответствующий функции Гамильтона в классической механике:

$$\hat{H} = \frac{\hat{p}^2}{2m} + U(|\vec{r}|) = \frac{p_x^2 + p_y^2 + p_z^2}{2m} + U(x,y,z). \quad (10)$$

В представлении Шрёдингера эволюция системы описывается зависимостью

от времени вектора состояния $|\psi\rangle$ системы [1, 4]:

$$i\hbar \frac{\partial}{\partial t} |\psi\rangle = \hat{H} |\psi\rangle. \quad (11)$$

Если классическая функция Гамильтона не зависит явно от времени, то она является интегралом движения и значение её совпадает с энергией системы. Соответственно гамильтониан системы в этом случае является оператором энергии. Уравнение (11) при этом имеет частные решения в виде стационарных состояний $|\Psi(\vec{r}, t)\rangle = |\Psi(\vec{r})_E\rangle e^{-iEt/\hbar}$ или $|\Psi\rangle = |\Psi_E\rangle e^{-iEt/\hbar}$. Вектор состояния $|\Psi_E\rangle$ не зависит от времени и является собственным вектором гамильтониана $\hat{H}$, соответствующим значению энергии E :

$$\hat{H} |\Psi_E\rangle = E |\Psi_E\rangle. \quad (12)$$

Данное уравнение определяет спектр энергии системы.

Для нашей задачи гамильтониан имеет вид:

$$\hat{H} = -\frac{\hbar^2}{2m} \left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2} \right) + U(x, y, z)$$

или

$$\hat{H} = -\frac{\hbar^2}{2m} \left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} \right) + U(x). \quad (13)$$

С учётом (2) и (3) перепишем (13) в виде:

$$\begin{aligned} \hat{H}_1 &= -\frac{\hbar^2}{2m} \left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} \right) + U_1(x) = \\ &= -\frac{\hbar^2}{2m} \left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} \right) + \frac{1}{2} \kappa (x + \ell)^2. \end{aligned} \quad (14)$$

$$\begin{aligned} \hat{H}_2 &= -\frac{\hbar^2}{2m} \left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} \right) + U_2(x) = \\ &= -\frac{\hbar^2}{2m} \left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} \right) + \frac{1}{2} \kappa (x - \ell)^2. \end{aligned} \quad (15)$$

Функция $|\Psi_E\rangle$ определяет квантовое состояние и должна быть однозначна, конечна и непрерывна. В системе, занимающей реальный объём, решение имеется не для любых значений энергии. Допустимые значения энергии E_i являются дискретными величинами, при этом набор этих значений (собственные значения оператора Гамильтона) образует энергетический спектр.

При сближении двух источников их волновые функции и энергетический спектр взаимно нарушаются. Важной задачей при этом является нахождение новых энергетических уровней и возмущённых волновых функций, характеризующих взаимодействие рассматриваемых объектов. Результирующая волновая функция ψ исследуемой системы в соответствии с законами квантовой механики может быть найдена как линейная комбинация невозмущённых волновых функций Ψ_1^0 и Ψ_2^0 изолированных друг от друга источников:

$$\Phi = c_1 \Psi_1^0 + c_2 \Psi_2^0. \quad (16)$$

Уравнение (12) примет вид:

$$\hat{H} |\Phi\rangle = E |\Phi\rangle. \quad (17)$$

Энергетический спектр такой системы определяется соответственно стандартным выражением:

$$E^o = \frac{\int \Phi^{o*} \hat{H} \Phi^o dx}{\int \Phi^{o*} \Phi^o dx} = \frac{c_1^2 \int \Psi_1^{o*} \hat{H} \Psi_1^o dx + c_2^2 \int \Psi_2^{o*} \hat{H} \Psi_2^o dx + 2c_1 c_2 \int \Psi_1^{o*} \hat{H} \Psi_2^o dx}{c_1^2 \int (\Psi_1^o)^2 dx + c_2^2 \int (\Psi_2^o)^2 dx + 2c_1 c_2 \int \Psi_1^{o*} \Psi_2^o dx}. \quad (18)$$

После ввода упрощающих обозначений

$$\begin{cases} \beta^o = \int \Psi_1^{o*} \hat{H} \Psi_2^o dx \\ \gamma^o = \int \Psi_1^{o*} \Psi_2^o dx \end{cases} \quad (19)$$

получим:

$$E^o = \frac{c_1^2 H_1^o + c_2^2 H_2^o + 2c_1 c_2 \beta^o}{c_1^2 + c_2^2 + 2c_1 c_2 \gamma^o}. \quad (20)$$

Используя метод вторичного квантования [1], основанный на том, что состояния микрочастиц характеризуют набором чисел – числами заполнения, определим искоемые величины. При этом вместо волновых функций частиц в координатном представлении вводятся волновые функции в представлении чисел заполнения различных состояний одной частицы. Удобство метода вторичного квантования в том, что он позволяет единообразно описывать системы с различным числом частиц, как с конечным фиксированным (в задачах физики конденсированных сред), так и с переменным.

Переходы между различными состояниями (например, из состояния k в состояние q одной частицы при этом описываются как уменьшение числа заполнения, соответствующего одной волновой функции на единицу ($N_k \Rightarrow N_k - 1$), и увеличение числа заполнения другого состояния на единицу ($N_q \Rightarrow N_q + 1$). Вероятности этих процессов зависят не только от элементарной вероятности перехода, но и от чисел заполнения участвующих в процессе состояний.

С учётом (6) и (7) и (14) и (15) решим уравнение второго порядка (20), определив соответствующие коэффициенты $c_{1\pm}$ и $c_{2\pm}$:

$$c_{1\pm} = \frac{\beta^o - E_{\pm}^o \cdot \gamma^o}{\sqrt{(\beta^o - E_{\pm}^o \cdot \gamma^o)^2 + (H_1^o - E_{\pm}^o)^2 + 2(H_1^o - E_{\pm}^o)(\beta^o - E_{\pm}^o \cdot \gamma^o)}} \quad (21)$$

и

$$c_{2\pm} = -c_{1\pm} \cdot \frac{(H_1^o - E_{\pm}^o)}{(\beta^o - E_{\pm}^o \cdot \gamma^o)}. \quad (22)$$

Также можно рассчитать новые значения энергии волновой функции и для возбуждённых уровней. В основном и первом возбуждённом состояниях выражения волновых функций протона и значений его энергий имеют вид для $n = 0$ и $n = 1$ соответственно:

$$\psi^0 = \sqrt[4]{\frac{\alpha}{\pi}} \cdot e^{-\alpha x^2/2}, \quad E^0 = \frac{1}{2} h\nu \quad (23)$$

и

$$\psi' = \sqrt[4]{\frac{\alpha}{\pi}} \cdot \sqrt{2\alpha} e^{-\alpha x^2/2}, \quad E' = \frac{3}{2} h\nu, \quad (24)$$

где $\alpha = \frac{4\pi^2 \mu \nu}{h}$ и ν – частота, μ – приведённая масса осциллятора.

Из (2), (3) и (23) получим в рассматриваемом случае:

$$\psi_1^o = \psi^o(x + \ell) = \psi^o(x_1) = \sqrt[4]{\frac{\alpha}{\pi}} \cdot e^{-\frac{\alpha}{2} x_1^2} \quad (25)$$

и

$$\psi_2^o = \psi^o(x - \ell) = \psi^o(x_2) = \sqrt[4]{\frac{\alpha}{\pi}} \cdot e^{-\frac{\alpha}{2} x_2^2}. \quad (26)$$

Для волновых функций, соответствующих возбуждённым состояниям, запишем с учётом выражения (24):

$$\psi'_1 = \psi'(x_1) = \sqrt[4]{\frac{\alpha}{\pi}} \cdot \sqrt{2\alpha} \cdot e^{-\frac{\alpha}{2} x_1^2} \quad (25)$$

и

$$\psi'_2 = \psi'(x - \ell) = \psi'(x_2) = \sqrt[4]{\frac{\alpha}{\pi}} \cdot \sqrt{2\alpha} \cdot e^{-\frac{\alpha}{2} x_2^2}. \quad (26)$$

Также определяются и другие параметры задачи: γ^o , β^o , H_1^o , H_2^o и соответственно γ' , β' и H_1' , H_2' .

Введём параметр η , определяемый следующим равенством:

$$\eta = \sqrt{\alpha} \ell = 2\pi \ell \sqrt{\frac{\mu\nu}{h}}. \quad (27)$$

Здесь $\alpha = \frac{\kappa}{h\nu}$, так как частота осциллятора и его приведённая масса μ связаны соотношением:

$$\omega = \sqrt{\frac{\kappa}{\mu}}. \quad (28)$$

В результате расчётов получим уравнения, связывающие частоту ν изолированного источника с безразмерным параметром η , задаваемым выражениями (28) и (29) и характеризующим ширину потенциального барьера.

Из (1)–(3) получим:

$$\sqrt{\frac{2U^*}{h\nu}} = \frac{\Delta U}{2h\nu} + \eta \quad (29)$$

или

$$\sqrt{\frac{2(U^* - \Delta U)}{h\nu}} = \frac{\Delta U}{2h\nu} - \eta. \quad (30)$$

Уравнения (21) и (22) позволяют определить степень локализации протона вблизи соответствующих атомов кислорода, вычисляя $(c_{1\pm}/c_{2\pm})^2$ – отношение квадратов коэффициентов общей волновой функции системы.

Задавая различные значения ΔU и η , можно найти положение энергетических уровней и степень их локализации.

Последующий анализ зависимости интенсивности полос поглощения в рассматриваемых системах, с учётом полученных формул, приводит к выводу о том, что интенсивность полос **ОН** уменьшается

с ростом температуры. В рамках модели, в которой протон гидроксильной группы находится в «двойной потенциальной яме», удовлетворительно объясняется уменьшение интенсивности полос поглощения гидроксидов при повышении температуры.

Таким образом, предложенная модель позволяет выявить основные черты механизма дегидроксидации в минералах.

Список литературы

1. Балашов В.В., Долинов В.К. Курс квантовой механики. – Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика». 2001. – 336 с.
2. Блатов В.А., Шевченко А.П., Пересыпкина Б.В. Полуэмпирические расчётные методы квантовой химии. – Самара: Универс-групп, 2005. – 32 с.
3. Мецник М.С. Физика расщепления слюд. – Иркутск: В-С. кн. изд-во, 1967. – 208 с.
4. Мотт Н., Снеддон И. Волновая механика и её применения. – М.: Изд-во КОМКНИГА Теоретическая физика, 2007. – 432 с.
5. Новосадов В.К. Методы решения уравнений квантовой химии. – М.: Наука, 1985. – 183 с.
6. Степанов Н.Ф. Квантовая механика и квантовая химия. – М.: Мир, 2001. – 519 с.
7. Степанов Н.Ф., Пупышев В.И. Квантовая механика и химия. – М.: Изд-во МГУ, 1991. – 384 с.
8. Фларри Р. Квантовая химия. Введение. – М.: Мир, 1985. – 472 с.
9. Физико-химические основы производства слюдокомпозиатов / Т.И. Шишелова, Н.Г. Тюрин, Е.А. Чайкина, С.Б. Леонов. – Екатеринбург: Изд-во «Ладъ», 1993. – 212 с.
10. Шишелова Т.И. Вода в минералах: монография. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2011. – 112 с.
11. Шишелова Т.И. Слюдосодержащие композиционные материалы. Дисс. д.т.н. – Ленинград, 1990. – 350 с.
12. Шишелова Т.И., Мецник М.С., Соколов К.Я. Изменение ИК-спектров слюд при нагревании // Журнал прикладной спектроскопии. – 1974. – Т. 20, Вып. 6. – С. 1042–1044.
13. Шишелова Т.И., Мецник М.С., Соколов К.Я. Исследование дегидратации слюд и слюдопластовых материалов методом ИК-спектроскопии: тр. ИПИ. – Иркутск: Изд-во ИПИ, 1972. – Вып. 7. – С. 15–17.
14. Шишелова Т.И., Липовченко Е.Л. Механизм дегидроксидации минералов с позиций квантовой механики // Журнал «Фундаментальные исследования». – 2015. – № 6. Ч. 2. – С. 311–315.
15. Vedder W., Wilkins R.W.T. Dehydroxylation and rehydroxylation, oxidation and reduction of micas. American Mineralogist. – 1969. – № 54. – P. 482–509.