

Двухлетний импакт-фактор РИНЦ – 0,791

Пятилетний импакт-фактор РИНЦ – 0,380

Журнал издается с 2001 г.

Электронная версия: <http://www.natural-sciences.ru>

Правила для авторов: <http://www.natural-sciences.ru/ru/rules/index>

Подписной индекс по электронному каталогу «Почта России» – П7816

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

д.с.-х.н., доцент Абдулвалеев Р.Р. (Уфа); д.г.-м.н., проф., Абилхасимов Х.Б. (Астатна); д.т.н., проф. Айдосов А. (Алматы); д.г.-м.н., проф., Алексеев С.В. (Иркутск); д.х.н., проф., Алоев В.З. (Нальчик); д.г.н., проф. Андреев С.С. (Ростов-на-Дону); д.г.н., доцент, Андреева Е.С. (Ростов-на-Дону); д.с.-х.н., доцент Анищенко Л.Н. (Брянск); д.с.-х.н., проф. Байрамбеков Ш.Б. (Камызяк); д.т.н., проф. Бейсембаев К.М. (Караганда); д.т.н., проф. Белозеров В.В. (Ростов-на-Дону); д.б.н., доцент Белоус О.Г. (Сочи); д.с.-х.н., проф. Берсон Г.З. (Великий Новгород); д.г.-м.н., проф. Бондарев В.И. (Екатеринбург); д.т.н., профессор Галкин А.Ф. (Ухта); д.г.-м.н., проф. Гавришин А.И. (Новочеркасск); д.с.-х.н., Горбачева А.Г. (Пятигорск); д.с.-х.н., Горянин О.И. (Самара); д.г.-м.н., проф. Гусев А.И. (Бийск); д.с.-х.н., проф. Данилин И.М. (Красноярск); д.б.н., доцент Долгов А.В. (Мурманск); д.э.н., проф. Долятовский В.А. (Ростов-на-Дону); д.х.н., проф. Дресвянников А.Ф. (Казань); д.г.н., проф. Егорова А.В. (Усть-Каменогорск); д.т.н., проф. Ерофеев В.И. (Томск); д.с.-х.н., проф. Залесов С.В. (Екатеринбург); д.с.-х.н., доцент Захарченко А.В. (Томск); д.с.-х.н., проф. Зволинский В.П. (Волгоград); д.х.н., проф. Ивашкевич А.Н. (Москва); д.б.н., доцент Кавцевич Н.Н. (Мурманск); д.т.н., проф. Калякин С.А. (Донецк); д.с.-х.н., проф. Караев М.К. (Махачкала); д.г.-м.н., проф. Кашаев А.А. (Иркутск); д.ф.-м.н., проф. Кобрунов А.И. (Ухта); д.г.-м.н., доцент Копылов И.С. (Пермь); д.г.-м.н., проф. Костицын В.И. (Пермь); д.с.-х.н., проф. Костылев П.И. (Зерноград); д.э.н., проф. Косякова И.В. (Самара); д.с.-х.н., Коцарева Н.В. (Белгород); д.т.н., доцент Кузьяков О.Н. (Тюмень); д.г.-м.н., проф. Кучеренко И.В. (Томск); д.б.н., проф. Ларионов М.В. (Саратов); д.г.-м.н., проф. Лебедев В.И. (Кызыл); д.ф.-м.н., проф. Лерер А.М. (Ростов-на-Дону); д.г.н., проф. Луговской А.М. (Москва); д.г.-м.н., проф. Мельников А.И. (Иркутск); д.т.н., проф. Мусаев В.К. (Москва); д.т.н., доцент Нехорошева А.В. (Ханты-Мансийск); д.с.-х.н., Никитин С.Н. (Ульяновск); д.с.-х.н., Оказова З.П. (Владикавказ); д.с.-х.н., проф. Партоев К. (Душанбе); д.с.-х.н., проф. Петелько А.И. (Мценск); д.т.н., проф. Петров М.Н. (Красноярск); д.т.н., проф. Пирумян Г.П. (Ереван); д.с.-х.н., проф. Проездов П.Н. (Саратов); д.г.-м.н., проф. Сакиев К.С. (Бишкек); д.б.н. Сибикеев С.Н. (Саратов); д.с.-х.н., доцент Сокольская О.Б. (Саратов); д.т.н., проф. Степанов В.В. (Санкт-Петербург); д.т.н., проф. Тарасенко А.А. (Тюмень); д.т.н. Теплухин В.К. (Октябрьский); д.э.н., проф. Титов В.А. (Москва); д.с.-х.н., проф. Титов В.Н. (Саратов); д.с.-х.н., проф. Тихановский А.Н. (Салехард); д.г.-м.н., проф. Трофименко С.В. (Нерюнгри); д.т.н., проф. Ульрих Е.В. (Кемерово); д.г.н., проф. Чодураев Т.М. (Бишкек); д.с.-х.н., проф. Шамшиев Б.Н. (Ош); д.т.н., проф. Шантарин В.Д. (Тюмень); д.т.н., проф. Шатов А.А. (Уфа); д.ф.-м.н., проф. Ширапов Д.Ш. (Улан-Удэ); д.т.н., проф. Шишелова Т.И. (Иркутск); д.ф.-м.н., проф. Шугунов Л.Ж. (Нальчик); д.г.-м.н., проф. Юргенсон Г.А. (Чита); д.г.н., проф. Яковенко Н.В. (Воронеж); д.т.н., проф. Ямалетдинова К.Ш. (Челябинск)

Журнал «УСПЕХИ СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ» зарегистрирован
Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий
и массовых коммуникаций.

Свидетельство – **ПИ № ФС 77-63398.**

Все публикации рецензируются. Доступ к электронной версии журнала бесплатный.

Двухлетний импакт-фактор РИНЦ – 0,791.

Пятилетний импакт-фактор РИНЦ – 0,380.

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

Журнал включен в Реферативный журнал и Базы данных ВИНТИ.

Учредитель, издательство и редакция:
ООО ИД «Академия Естествознания»

Почтовый адрес: 105037, г. Москва, а/я 47

Адрес редакции и издателя: 440026, Пензенская область, г. Пенза, ул. Лермонтова, 3

Ответственный секретарь редакции
Бизенкова Мария Николаевна
+7 (499) 705-72-30
E-mail: edition@rae.ru

Подписано в печать – 28.02.2022

Дата выхода номера – 31.03.2022

Формат 60x90 1/8

Типография

ООО «Научно-издательский центр

Академия Естествознания»,

410035, Саратовская область, г. Саратов, ул. Мамонтовой, 5

Техническая редакция и верстка

Доронкина Е.Н.

Корректор

Галенкина Е.С., Дудкина Н.А.

Способ печати – оперативный.

Распространение по свободной цене.

Усл. п.л. 8

Тираж – 1000 экз.

Заказ. УСЕ/2-2022

Подписной индекс П7816

© ООО ИД «Академия Естествознания»

СОДЕРЖАНИЕ

Сельскохозяйственные науки (06.01.00, 06.03.00)**СТАТЬИ**

ФОРМОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ КУЛЬТУР ЕЛИ НА ЕВРОПЕЙСКОМ СЕВЕРЕ РОССИИ (АРХАНГЕЛЬСКАЯ ОБЛАСТЬ)	
<i>Ежов А.В., Юдина О.А.</i>	7
ОЦЕНКА СТРЕССОУСТОЙЧИВОСТИ ГЕНОТИПОВ СИНТЕТИЧЕСКОЙ ПШЕНИЦЫ ЯПОНСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ	
<i>Мамедова С.А., Бабаева М.А.</i>	14
ТРАВЯНИСТАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ ПОЛЕЗАЩИТНЫХ ЛЕСНЫХ ПОЛОС (НА ПРИМЕРЕ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ)	
<i>Рябова Д.В.</i>	20
ОЦЕНКА РОСТА И РАЗВИТИЯ НЕКОТОРЫХ СОРТОВ <i>SIRINGA VULGARIS</i> L. В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕГО УРАЛА	
<i>Тишкина Е.А., Семкина Л.А., Орехова О.Н., Григорьев А.А., Сулов А.В.</i>	28
ФИТОСАНИТАРНОЕ СОСТОЯНИЕ ЛЕСОВ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ	
<i>Чжан С.А., Пузанова О.А., Евдокимов Р.Н.</i>	34

Науки о Земле (25.00.00)**СТАТЬИ**

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕТОДА ТЕРМОЩЕЛОЧНОГО ЗАВОДНЕНИЯ	
<i>Боровская Л.В., Шершинева В.А.</i>	40
ГАЗОНОСНОСТИ НЕРЮНГРИНСКОГО КАМЕННОУГОЛЬНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ	
<i>Гриб Н.Н., Кузнецов П.Ю., Малинин Ю.А., Колодезников И.И., Гриб Г.В.</i>	46
МОНИТОРИНГ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ В РАЙОНАХ ИНТЕНСИВНОГО НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ НА ОСНОВЕ МЕТОДА СПУТНИКОВОЙ РАДАРНОЙ ИНТЕРФЕРОМЕТРИИ	
<i>Дудников В.Ю., Власов А.С., Ланина Т.Д.</i>	54
ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛУЧЕНИЯ ТУКОСМЕСИ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ ДОЛОМИТИЗИРОВАННОГО ФОСФАТНОГО СЫРЬЯ, ЗОЛЫ ТЭЦ И УГЛЕДОБЫЧИ	
<i>Жантасов К.Т., Кожрахметова А.М., Дормешкин О.Б., Сарыпбекова Н.К., Жантасов М.К., Киргизбаев Т.К., Якубова Р.Р.</i>	60
АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ВОДЫ ОТ ВОДОЗАБОРА ДО ПОТРЕБИТЕЛЯ	
<i>Качалова Г.С.</i>	66
МЕХАНИЗМ ОБРАТНОЙ НАМАГНИЧЕННОСТИ ГОРНЫХ ПОРОД КАРАЧАЕВО-ЧЕРКЕССИИ (СЕВЕРНЫЙ КАВКАЗ)	
<i>Урусова Б.И., Болатчиева М.С.-Х.</i>	71
ИССЛЕДОВАНИЕ СНЕЖНОГО ПОКРОВА ПРАВОБЕРЕЖНОЙ ЧАСТИ Г. ДУБНА И ВОД РЕК ВОЛГА И ДУБНА	
<i>Федорук Н.А., Кирпичев И.А.</i>	76

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЕКТЫ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ НА ПРИМЕРЕ ИЗУЧЕНИЯ МОЛЛЮСКОВ
АЗОВСКОГО И ЧЕРНОГО МОРЕЙ

Фурсина А.Б., Пинчук Т.Н., Фурсина Т.А.84

ВЗВЕСЬ И НЕФТЯНЫЕ УГЛЕВОДОРОДЫ В СНЕЖНОМ ПОКРОВЕ
АРКТИЧЕСКОГО НЕФТЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Яковенко А.А., Котова Е.И., Калашиников А.В.91

CONTENTS
Agricultural sciences (06.01.00, 06.03.00)
СТАТЬИ

A FORM VARIETY CONIFEROUS IN THE EUROPEAN NORTH OF RUSIA (ARKHANGELSK REGION) <i>Ezhov A.V., Yudina O.A.</i>	7
ASSESSMENT OF STRESS RESISTANCE OF JAPANESE ORIGIN GENOTYPES OF SYNTHETIC WHEAT <i>Mamedova S.A., Babayeva M.A.</i>	14
HERBAL VEGETATION OF FOREST BELTS (ON THE EXAMPLE OF THE ROSTOV REGION) <i>Ryabova D.V.</i>	20
ASSESSMENT OF GROWTH AND DEVELOPMENT OF SOME SORTS OF <i>SIRINGA VULGARIS</i> L. IN THE CONDITIONS OF THE MIDDLE URALS <i>Tishkina E.A., Semkina L.A., Orekhova O.N., Grigoriev A.A., Suslov A.V.</i>	28
PHYTOSANITARY CONDITION OF FORESTS OF IRKUTSK REGION <i>Chzhan S.A., Puzanova O.A., Evdokimov R.N.</i>	34

Earth sciences (25.00.00)
СТАТЬИ

THE PHYSICO-CHEMICAL BASIS OF THE THERMAL-ALKALI WATERFLOODING METHOD <i>Borovskaya L.V., Shershneva V.A.</i>	40
NERYUNGRINSKOYE COAL DEPOSIT GAS COMPOSITION <i>Grib N.N., Kuznetsov P.Yu., Malinin Yu.A., Kolodeznikov I.I., Grib G.V.</i>	46
MONITORING OF THE EARTH'S SURFACE IN THE AREAS OF INTENSIVE SUBSOIL USE ON THE BASIS OF THE METHOD OF SATELLITE RADAR INTERFEROMETRY <i>Dudnikov V.Yu., Vlasov A.S., Lanina T.D.</i>	54
STUDY OF OBTAINING A FERTILIZER MIXTURE ON THE BASIS OF WASTE OF DOLOMITIZED PHOSPHATE RAW MATERIALS, ASH OF TPP AND COAL MINING <i>Zhantasov K.T., Kozhakhmetova A.M., Dormeshkin O.B., Sarypbekova N.K., Zhantasov M.K., Kirgizbaev T.K., Yakubova R.R.</i>	60
ANALYSIS OF CHANGES IN WATER QUALITY FROM WATER INTAKE TO CONSUMER <i>Kachalova G.S.</i>	66
THE MECHANISM OF REVERSE MAGNETIZATION OF ROCKS OF KARACHAY-CHEKKESSIA (NORTH CAUCASUS) <i>Urusova B.I., Bolatchieva M.S.-X.</i>	71
STUDY OF THE SNOW COVER OF THE RIGHT BANK OF DUBNA AND THE WATERS VOLGA AND DUBNA RIVERS <i>Fedoruk N.A., Kirpichev I.A.</i>	76

GEOECOLOGICAL PROJECTS OF ADDITIONAL EDUCATION
OF THE KRASNODAR TERRITORY ON THE EXAMPLE
OF THE STUDY OF MOLLUSKS OF THE AZOV AND BLACK SEAS

Fursina A.B., Pinchuk T.N., Fursina T.A.84

SUSPENSION AND PETROLEUM HYDROCARBONS
IN THE SNOW COVER OF THE ARCTIC OIL FIELD

Yakovenko A.A., Kotova E.I., Kalashnikov A.V.91

СТАТЬИ

УДК 630*181:582

ФОРМОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ КУЛЬТУР ЕЛИ НА ЕВРОПЕЙСКОМ СЕВЕРЕ РОССИИ (АРХАНГЕЛЬСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Ежов А.В., Юдина О.А.

*ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова»,
Архангельск, e-mail: ezhov.av@edu.narfu.ru*

Для современной территории Европейского Севера очень характерно наличие весьма нестабильных климатических условий, а также достаточно медленное восстановление леса. Как следствие, на данной территории стали наблюдать редкое и слабое естественное воспроизводство семян, что породило необходимость в активном использовании завозных семян. На этом фоне существенно повысилась значимость изучения географической изменчивости в связи с использованием данных географических культур, а особенную актуальность это приобретает не только для теории лесного хозяйства, но и для практики указанной деятельности. На этом фоне в качестве цели настоящей статьи выступает анализ закономерностей популяционной, видовой и географической изменчивости ели обыкновенной, а также ее видов и географических рас в связи с выращиванием в географических культурах. Исследования проведены в географических культурах ели, а в качестве ответственного субъекта за создание культур выступил Архангельский институт леса и лесохимии (Северный НИИ лесного хозяйства). Руководителем работ выступила Т.С. Непогодяева. Географические культуры ели были заложены в 1977 году на территории Плесецкого лесхоза Архангельской области на площади 8 га. В целях исследования культуры ели того или иного географического происхождения в районах, где были проведены испытания, представлены в 14 физико-географических районах. Гладкокорая ель занимает доминирующее положение (65-88%). Пластинчатый тип коры характеризуется высокими показателями средней высоты деревьев. В зависимости от типа ветвления выявлены три формы ели, в частности: шетко-видное ветвление, гребенчатое, неправильно гребенчатое ветвление. Результаты, полученные в результате проведенного исследования, позволили детализировать факторы влияния генетики на ключевые параметры ели (показатели роста, тип коры и иные) и видовую принадлежность климатипов.

Ключевые слова: формовое разнообразие, географические культуры, популяция, климатип, ель

A FORM VARIETY CONIFEROUS IN THE EUROPEAN NORTH OF RUSIA (ARKHANGELSK REGION)

Ezhov A.V., Yudina O.A.

*FSAEI HE «Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov», Arkhangelsk,
e-mail: ezhov.av@edu.narfu.ru*

The modern territory of the European North is characterized by very unstable climatic conditions, as well as a rather slow restoration of the forest. As a result, a rare and weak natural reproduction of seeds began to be observed in this area, which gave rise to the need for the active use of imported seeds. Against this background, the importance of studying geographic variability has significantly increased in connection with the use of data from geographic crops, and this is of particular relevance not only for the theory of forestry, but also for the practice of this activity. Against this background, the purpose of this article is to analyze the patterns of population, species and geographic variability of the common spruce, as well as its species and geographic races in connection with growing in geographic crops. The studies were carried out in geographic spruce crops, and the Arkhangelsk Institute of Forestry and Wood Chemistry (Northern Research Institute of Forestry) acted as the responsible entity for the creation of crops. The work supervisor was T.S. Nepogodiev. Spruce geographical crops were established in 1977 on the territory of the Plesetsk forestry enterprise of the Arkhangelsk region on an area of 8 hectares. For the purposes of research, spruce cultures of one or another geographical origin in the areas where the tests were carried out are presented in 14 physiographic regions. Smooth-bark spruce occupies a dominant position (65-88%). The lamellar type of bark is characterized by high values of the average height of trees. Depending on the type of branching, three forms of spruce were identified, in particular, brush-like branching, comb-shaped, irregular-comb branching. The results obtained as a result of the study made it possible to detail the factors of influence of genetics on the key parameters of spruce (growth indicators, bark type, and others) and species affiliation of climatipes.

Keywords: form variety, provenance trial, population, climatipe, spruce

На Европейском Севере нестабильные климатические условия, медленные процессы лесовосстановления, слабое и редкое производство семян привели к ситуации, в рамках которой объективной необходимостью выступило использование привозного семенного материала. На этом фоне анализ географической изменчивости, проведенный с использованием ряда географических

культур, приобретает особое значение для теории, равно как и для практики лесного хозяйства и изучения данной отрасли.

Известно, что первоначальное формирование и последующее испытание различных климатических экотипов (популяций) в рамках географических культур выступает в качестве достаточно универсального средства, применяемого в целях изучения

того, каким образом древесные растения реагируют на изменения климата. Сравнение развития потомств деревьев различного географического происхождения одного возраста в однородных условиях произрастания направлено на оценку особенностей их адаптации и на выделение среди них наиболее устойчивых видов для создания высокопродуктивных и здоровых посадок [1].

В связи с этим повышение продуктивности елей, а также повышение их устойчивости в рамках Европейского Севера, отличающегося достаточно суровым климатом, по праву можно назвать ключевой задачей лесного хозяйства. Одновременно с этим данная задача едва ли может быть решена без рациональной и обоснованной с научной точки зрения организации системы лесного семеноводства. Вместе с тем в настоящее время есть только опыт хаотичного перемещения семян в рамках восстановления леса, а назвать результаты деятельности подобного рода положительными едва ли представляется возможным. В качестве ключевого метода подбора происхождений для работ по восстановлению леса выступают географические культуры [2].

Для достижения цели исследования необходимо было выполнить следующие задачи: составить таксационную характеристику 14 северных климатических типов ели; изучить состояние и рост климатических типов ели; дать сравнительную оценку изученных культур по морфологическим признакам (кора, тип ветвления).

Цель исследования заключается в определении основных закономерностей географической, популяционной и видовой изменчивости ели обыкновенной, которая относится к различным видам и расам при выращивании в различных географических культурах.

С географическим происхождением культур тесно связана приживаемость, сохранность, устойчивость к болезням. Климатотипы по-разному реагируют на засуху, на устойчивость к морозу. Наследственность потомства проявляется в фенологических, морфологических, физико-биохимических показателях. С географическим происхождением тесно сплетена и репродуктивная способность культур [3].

Стоит отметить, что географические культуры образуют собой достаточно уникальные объекты, которые представляют определенный интерес как для лесного хозяйства в целом, так и для научных исследований, проводимых в данной области. В связи с этим создание и последующее ис-

пытание климатических популяций в рамках географических культур выступает в качестве универсального средства для изучения того, каким образом древесные растения реагируют на изменение климата. Сравнение потомства одного возраста, но различного происхождения, которое испытывается в одинаковых условиях произрастания, направлено на выявление и оценку их адаптационных способностей и на выделение среди всех экземпляров более устойчивых. Именно более устойчивые виды впоследствии применяются для создания высокопродуктивных и здоровых насаждений, что представляется вполне естественным [4].

Одновременно с этим, в отличие от естественно выросших насаждений, выживаемость ели в потомствах определенного географического происхождения будет осуществляться в рамках различной способности климатотипов к адаптации, что во многом обусловлено нарушением привычных для них условий роста [5]. Кроме того, изменение условий их среды достаточно часто порождает резкое формообразование, что во многом обусловлено реализацией мобилизационных резервов на фоне сохранения гетерогенности популяции [6].

Материалы и методы исследования

Исследования проведены в географических культурах ели, а в качестве ответственного субъекта за создание данных культур выступил Архангельский институт НИИ под руководством Т.С. Непогодьевой. Географические культуры ели были заложены в 1977 году суммарной площадью 8 га на территории Плесецкого лесхоза. В качестве первоначального насаждения, которое впоследствии было использовано для сбора семян, выступили ельники зеленомошной группы леса. Стоит отметить, что все географические культуры были созданы на основе единой методики: 3-летние саженцы вручную, с помощью лопат, высаживали рядами, а расстояние между ними было равно 2,5 м. В каждом ряду данное расстояние составило 0,75 м, длина блока была равна 50 м, а число посаженных деревьев зависело от того, был ли в наличии необходимый посадочный материал.

В целях проведения исследования в 2021 году было отобрано порядка 14 физико-географических районов, климатотипы отражены в таблице 1. Отметим, что регистрационные номера климатотипов присвоены согласно реестру по формированию единой государственной сети в сфере географиче-

ских культур [7]. Наименование по лесорастительным подрайонам и районам было дано в соответствии с классификацией С.Ф. Курнаева и в соответствии с паспортами географических культур [8]. Указанными вариантами были охвачены ареалы произрастания ели европейской (*Picea abies* (L.) Karst.) и ели сибирской (*Picea obovata* L.) в зоне их интрогрессивной гибридизации на территории европейской части РФ: в частности, от северной подзоны тайги до южной подзоны смешанных лесов и северной подзоны лиственных лесов соответственно.

В рамках обследования культур были проведены измерения диаметра ствола на высоте груди не менее 100 штук деревьев для каждого климатипа. Стоит отметить, что высота была отмечена для всех 100 деревьев, у которых был измерен диаметр. Приживаемость географических культур учитывалась путем перечета деревьев на учетных рядах. При перечетах деревья делились на 3 категории: здоровые, ослабленные и усохшие.

Все популяции ели были изучены с учетом широкой совокупности признаков, к числу которых можно отнести такие, как интенсивность роста, тип ветвления и тип коры. Кроме того, в зависимости от того, какова интенсивность роста, учетные деревья поделены на классы Крафта. На базе данной классификации все ели были поделены на три основных класса:

- 1) 1 – лидеры (господствующие деревья);
- 2) 2 – согосподствующие деревья;
- 3) 4, 5 – отмирающие и угнетенные.

Также деревья были дифференцированы на шкалы по форме коры. В частности, на гладкокорые, пластинчатокорые, продольно-трещиноватые, чешуйчатокорые деревья.

Тип ветвления побегов устанавливался по Сильвену, деревья разделили на следующие группы: 1) с гребенчатым типом ветвления; 2) с неправильно гребенчатым типом ветвления; 3) с более щетковидным типом ветвления; 4) с плосковетвистым типом ветвления. Для изучения разнообразия форм ели тип ветвления был определен для 100 деревьев в каждой области выборки по срединным точкам кроны, которые были наиболее характерными в соответствии с установленными признаками [9].

Результаты исследования и их обсуждение

Исследования, которые были проведены в 43-летних географических культурах ели, показали, что на практике имеет место

достаточно существенное влияние особенностей климатипов на выживание в объективно новых условиях объективной действительности, что отражено в таблице 1. Установлено, что с длиной вегетационного периода связь разделения приживаемости 43-летних культур умеренная и носит обратный характер.

Отпад особей за предшествующие 18 лет для всех климатипов составляет 10,5%. Во многом это обусловлено естественным самоизреживанием климатипов. В свою очередь, деревья, которые относятся к угнетенным или умирающим, погибают [10]. Это позволяет сделать вывод о том, что приживаемость контрольного климатипа снизилась на 4% и составила 74%. Наиболее низкий показатель отпада характерен для климатипов Свердловской области (40-41 климатип) – 0,4 и 0,2% соответственно, как наиболее адаптированных к природно-климатическим условиям места испытания.

Полагаем, что в качестве ключевой причины снижения климатических типов ели в южных популяциях выступает низкая устойчивость к ранневесенним и позднеосенним заморозкам и зимним температурам. Впоследствии это порождает потерю роста и иные неблагоприятные последствия.

В географических культурах, имеющих южное происхождение из районов весьма широкого распространения европейских елей и близких к ним гибридов, наблюдается снижение числа особей по сравнению с северными популяциями ели сибирской, что можно проследить в таблице 2.

Наибольший процент отпада за последние 18 лет наблюдается у ели сибирской в северотаежной зоне – 6,3%, и у ели гибридной с признаками европейской в южнотаежной зоне – 6,2%. Наименьший отпад у ели сибирской в среднетаежной и южнотаежной зонах – 0,4 и 0,2% соответственно.

В данном случае сохраняется закономерность по снижению приживаемости с севера на юг, что уже было отмечено ранее и обусловлено различной продолжительностью периода вегетации в пункте испытания и на родине произрастания.

При оценке встречаемости видов ели по типу коры отмечено, что пластинчатый вид коры встречается единично, гладкокорая ель занимает доминирующее положение (65-88%). Согласно данным, приведенным в таблице 3, пластинчатый тип коры характеризуется высокими показателями средней высоты деревьев, хотя присутствует единично на местах произрастания.

Таблица 1

Характеристика климатипов ели

№ клима- типа	Происхождение семян		Приживаемость, %					Отпад за последние 18 лет, %
	Область, край, республика, лесхоз	Лесорастительная подзона по С.Ф. Курнаеву (1973)	на 3 год	на 7 год	на 11 год	на 25 год	на 43 год	
1	Мурманская Мончегорский	Северная подзона тайги	75,2	75,2	70,0	70,0	66,5	3,5
20	Архангельская	Северная подзона тайги	88,3	88,3	83,9	81,3	76,3	5
23	Архангельская Холмогорский	Северная подзона тайги	89,5	87,5	82,1	74,7	64,2	10,5
40	Свердловская Карпинский	Средняя подзона тайги	86,2	79,2	67,0	54,5	54,1	0,4
41	Свердловская Н.-Тагильский	Южная подзона тайги	92,6	91,5	70,5	60,5	60,3	0,2
2	Карелия Сегежский	Средняя подзона тайги	85,3	84,4	77,2	68,7	67,7	1,0
19	Архангельская Плесецкий	Средняя подзона тайги	89,3	89,3	83,5	78,4	74,4	4,0
35	Удмуртия Ижевский	Северная подзона смешанных лесов	84,9	84,9	76,1	62,2	58,9	3,3
7	Псковская Великолукский	Северная подзона смешанных лесов	88,8	88,0	72,6	49,8	48,1	1,7
8	Эстония Вильядинский	Южная подзона смешанных лесов	88,6	87,6	71,4	50,0	42,7	7,3
4	Карелия Пудожский	Средняя подзона тайги	90,9	88,4	82,4	65,4	64,1	1,3
24	Вологодская Череповецкий	Южная подзона тайги	91,5	88,1	68,5	52,5	46,8	5,7
27	Костромская Галичский	Южная подзона тайги	91,2	89,6	86,3	68,7	62,1	6,6
29a	Московская Загорский	Южная подзона смешанных лесов	92,6	91,6	81,4	66,6	65,7	0,9

Таблица 2

Анализ приживаемости культур ели различного географического происхождения
в зависимости от лесорастительных подзон

Лесорастительная подзона по С.Ф. Курнаеву (1973)	Приживаемость, %, в возрасте, лет					Отпад за последние 18 лет, %
	3	7	11	25	43	
Ель сибирская						
Северотаежная	84,3	83,7	78,7	75,3	69	6,3
Среднетаежная	86,2	79,2	67,0	54,5	54,1	0,4
Южнотаежная	92,6	91,5	70,5	60,5	60,3	0,2
Ель европейская						
Северная подзона смешанных лесов	88,8	88,0	72,6	49,8	48,1	1,7
Южная подзона смешанных лесов	90,6	89,6	76,4	58,3	54,2	4,1
Ель гибридная с признаками сибирской						
Среднетаежная	87,3	86,9	80,4	73,6	71,1	2,5
Ель гибридная с признаками европейской						
Среднетаежная	90,9	88,4	82,4	65,4	64,1	1,3
Северная подзона смешанных лесов	84,9	84,9	76,1	62,2	58,9	3,3
Южнотаежная	91,4	88,9	77,4	60,6	54,5	6,2

Таблица 3

Показатели роста климатипов ели по типу коры ($t_{0,05} = 1,96$)

Вид	Высота, м		
	Пластинчатая	Чешуйчатая	Гладкокорая
Ель сибирская	-	$\frac{9,2}{2,4-15,0}$	$\frac{10,6}{1,7-15,0}$
Ель европейская	$\frac{13,0}{11,0-15,0}$	$\frac{13,7}{6,0-15,0}$	$\frac{11,1}{1,6-15,0}$
Ель гибридная с признаками сибирской	-	$\frac{11,2}{1,0-14,5}$	$\frac{10,5}{1,6-14,0}$
Ель гибридная с признаками европейской	$\frac{13,8}{13,0-14,0}$	$\frac{13,7}{11,0-15,0}$	$\frac{12,1}{1,9-18,0}$

Таблица 4

Распределение деревьев ели по классам Крафта и типу ветвления, %

№ кли-матипа	Происхождение (область, край, республика, лесхоз)	Классы Крафта			Тип ветвления			
		1	2+3	4+5	Г	НГ	Щ	П
1	Мурманская Мончегорский	15	49	36	0	0	100	0
20	Архангельская Пинежский	14	46	40	0	0	100	0
23	Архангельская Холмогорский	19	46	35	0	0	100	0
40	Свердловская Карпинский	16	45	39	0	0	100	0
41	Свердловская Н.-Тагильский	22	31	47	0	0	100	0
2	Карелия Сегежский	30	43	27	0	80	20	0
19	Архангельская Плесецкий	15	46	39	44	0	56	0
35	Удмуртия Ижевский	27	38	35	0	0	100	0
7	Псковская Великолукский	31	44	25	0	0	100	0
8	Эстония Вильядинский	20	54	26	0	0	100	0
4	Карелия Пудожский	32	43	25	0	14	86	0
24	Вологодская Череповецкий	22	39	39	0	0	100	0
27	Костромская Галичский	16	40	44	0	0	100	0
29а	Московская Загорский	23	36	41	0	0	100	0

Примечание. Тип ветвления: Г – гребенчатый; НГ – неправильно гребенчатый, Щ – щетковидный, П – плосковетвистый.

Три разновидности ели (кроме сибирской ели) имеют весьма высокие показатели средней высоты (для деревьев, которые обладают чешуйчатым типом коры). Одновременно с этим ряд елей гибридных с признаками европейской с гладкой корой достигали наивысших показателей, до 18 метров в высоту.

В таблице 4 можно проследить обобщенное распределение ели по классам Крафта в потомствах ели разного географического происхождения.

Очевидно, что большая часть климатипов может быть отнесена ко 2-му и 3-му

классу Крафта, а доля их насаждений составляет от 38 до 54% соответственно. Количество лидеров – от 14 до 39%, угнетенных – от 25 до 47%. Угнетенные и отмирающие деревья представлены климатипами Московской и Свердловской области (41 и 47%). Данная тенденция объяснима разными характеристиками их родины и места испытания.

В изученных климатипах можно встретить деревья ели с щетковидным, а также с гребенчатым и нерегулярно-гребенчатым типом ветвления, что также можно про-

следить в таблице 4. Плосковетвистый тип ветвления встречен не был. Также можно констатировать, что преобладают деревья, имеющие неправильно гребенчатый, гребенчатый и щетковидный тип ветвления, только в северо-западном климатипе.

Внутривидовые формы кроны ели сибирской и европейской представлены исключительно щетковидным типом, а гибридные формы ели имеют, помимо щетковидного типа, еще и гребенчатый, и нерегулярно гребенчатый. Долевое участие этих форм у ели гибридной с признаками сибирской превышает их представленность над щетковидным типом.

Заклучение

В результате проведенного исследования можно заключить, что распространение особей по морфам находится в прямой зависимости от места, где росли исходные насаждения ели. Кроме того, в данном случае усматривается зависимость от дальности переброски, вида, от особенностей популяции, а также от условий исследования. В 43-летних культурах ели наибольшее количество принадлежит елям 2-го и 3-го класса Крафта, что оценивается положительно и в полной мере соответствует оптимальному распределению насаждений.

В рамках использования продуцированных семян очень важно принимать во внимание конкретный вид ели. Предпочтение стоит отдавать тем семенам, которые были заготовлены на местности, где росли лучшие представители популяции. Рассматривая ель сибирскую, стоит отметить, что в рамках ареала ели сибирской необходимо применять местные семена данного вида и тождественные данному виду зеленые насаждения. В зоне произрастания ели европейской (в частности, юго-запад Русской равнины), а также в рамках зоны интрогрессивной гибридизации допустимо более широкое использование семян данного вида и гибридных форм определенных видов. В данном случае необходимо учитывать сходство климатических характеристик места выращивания семян и пункта их заготовки.

Также в рамках проведенного исследования было установлено, что связь 43-летних культур в части приживаемости и длины вегетационного периода характеризуется как умеренная и имеет обратный характер. За последние 18 лет отпад особей можно было наблюдать почти во всех климатипах, а суммарно данный показатель составил 10,5%. Во многом это обусловлено

естественным самоизреживанием климатипов. Приживаемость контрольного климатипа снизилась на 4% и составила 74,4%.

Наибольший процент отпада наблюдается у ели сибирской в северотаежной зоне – 6,3%, и у ели гибридной с признаками европейской в южнотаежной зоне – 6,2%. Наименьший отпад у ели сибирской в среднетаежной и южнотаежной зонах – 0,4 и 0,2% соответственно.

Гладкокорая ель занимает доминирующее положение (65-88%). Пластинчатый тип коры характеризуется высокими показателями средней высоты деревьев. При этом отдельные представители ели гибридной с признаками европейской с гладкой корой достигали наивысших показателей – до 18 метров в высоту.

По типу ветвления выявлено наличие 3 форм ели: гребенчатое, неправильно гребенчатое и щетковидное. Внутривидовые формы кроны ели сибирской и европейской представлены исключительно щетковидным типом, а гибридные формы ели имеют, помимо щетковидного, еще гребенчатый и неправильно гребенчатый тип.

Результаты, полученные в рамках данного исследования, позволили уточнить видовую принадлежность климатипов, а также определить факторы влияния генетики материнских провинций на тип коры, форму кроны, приживаемость и на показатели роста. Стоит отметить, что анализ репродукции климатипов в географических культурах обладает особой важностью, так как впоследствии это поможет оптимизировать соответствующую деятельность.

Для климатипов северных и южных регионов при выращивании в географических культурах созданы равные климатические условия, что нивелирует параметры роста и развития отдельных органов растений. Одновременно с этим различия в ряде климатических показателей территорий произрастания материнских популяций и района произрастания культур нашли отражение в проявлении репродуктивных особенностей в потомстве.

Список литературы / Reference

1. Шутяев А.М., Лаврентьев Д.Д. Географические культуры дуба черешчатого в Чувашской Республике // Лесное хозяйство. 2012. № 5. С. 36-38.

Shutyaev A.M., Lavrentiev D.D. Geographical cultures of english oak in the Chuvash Republic // Lesnoye khozyaystvo. 2012. Vol. 5. P. 36-38 (in Russian).

2. Червякова Н.А., Файзулин Д.Х., Наквасина Е.Н. Динамика приживаемости климатипов ели в географических культурах Республики Коми // Экологические проблемы Арктики и северных территорий: межвузовский сборник на-

учных трудов. Архангельск: изд-во С(А)ФУ, 2011. Вып. 14. С. 9-12.

Chervyakova N.A., Fayzulin D.H., Nakvasina E.N. The dynamics of acclimatization of spruce climatypes in the geographical cultures of the Komi Republic // *Ekologicheskiye problemy Arktiki i severnykh territoriy: mezhvuzovskiy sbornik nauchnykh trudov*. Arkhangel'sk: izd-vo S(A)FU, 2011. Vol. 14. P. 9-12. (in Russian).

3. Наквасина Е.Н., Прожерина Н.А., Демина Н.А. Изучение реакции потомства ели разного географического происхождения в системе «генотип-среда» на Европейском Севере России // *Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии*. 2017. № 221. С. 145-161.

Nakvasina E.N., Prozherina N.A., Demina N.A. Study of response of spruce progenies from different geographical origins in «genotype-environment» system in the European North of Russia // *Izvestia Sankt-Peterburgskoj Lesotekhniceskoj Akademii*. 2017. № 221. P. 145-161. (in Russian).

4. Николаева М.А., Варенцова Е.Ю. Фитопатологическое состояние и сохранность ели в географических культурах Любанского лесничества Ленинградской области // *Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии*. 2019. № 228. С. 216-233.

Nikolaeva M.A., Varentsova E.Yu. Phytopathological state and preservation of spruce in the geographical cultures of the Lyuban forestry of the Leningrad region // *Izvestia Sankt-Peterburgskoj lesotekhniceskoj akademii*. 2019. № 228. P. 216-233. (in Russian).

5. Демина Н.А., Файзулин Д.Х., Наквасина Е.Н. Структура потомства популяций ели разного географического происхождения по интенсивности роста и типам мутовчатости кроны // *Лесной вестник*. 2013. № 3. С. 17-21.

Demina N.A., Fayzulin D.H., Nakvasina E.N. The structure of spruce populations of different geographical origin according

to the intensity of growth and the types of whorl of the crown // *Лесной вестник*. 2013. № 3. P. 17-21 (in Russian).

6. Милютин Л.И., Новикова Т.Н. Дискуссионные проблемы лесной генетики и селекции // *Лесоведение*. 2019. № 6. С. 585-589.

Milyutin L.I., Novikova T.N. Open Discussions in Forest Genetics and Breeding // *Lesovedeniye*. 019. № 6. P. 585-589 (in Russian).

7. Проказин Е.П. Изучение имеющихся и создание новых географических культур. Пушкино: ВНИИЛМ, 1972. 52 с.

Prokazin E.P. Study of existing and creation of new geographical cultures. Pushkino: VNIILM, 1972. 52 p. (in Russian).

8. Курнаев С.Ф. Лесорастительное районирование СССР. М.: Лесная промышленность, 1973. 240 с.

Kurnaev S.F. Lesorastitelnoe rayonirovanie SSSR. M.: Lesnaya promyshlennost, 1973. 240 p. (in Russian).

9. Макаров Ю.И. Особенности роста и развития ели обыкновенной под влиянием внутривидового полиморфизма // *Лесной журнал*. 2016. № 3 (351). С. 87-97.

Makarov Yu.I. Fir spruce growth and development under the influence of intraspecific polymorphism // *Lesnoy zhurnal*. 2016. № 3 (351). P. 87-97 (in Russian).

10. Наквасина Е.Н., Юдина О.А., Покатило А.В. Рост и репродуктивная реакция *Picea abies* (L.) Karst. х *P. obovata* Ledeb. при имитации потепления климата // *Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия: естественные науки*. 2016. № 1. С. 89-96.

Nakvasina E.N., Yudina O.A., Pokatilo A.V. Growth and reproductive response of *Picea abies* (L.) Karst. х *P. obovata* Ledeb. in climate change simulation // *Vestnik Severnogo (Arkticheskogo) federal'nogo universiteta. Seriya: yestestvennyye nauki*. 2016. № 1. P. 89-96 (in Russian).

ОЦЕНКА СТРЕССОУСТОЙЧИВОСТИ ГЕНОТИПОВ СИНТЕТИЧЕСКОЙ ПШЕНИЦЫ ЯПОНСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Мамедова С.А., Бабаева М.А.

Институт Генетических Ресурсов НАН Азербайджана, Баку, e-mail: smamedova2002@mail.ru

Целью исследования являлась оценка устойчивости образцов синтетической пшеницы японского происхождения к искусственному ускоренному старению. Проводился сравнительный анализ жизнеспособности семян, поражаемости семян болезнями при прорастании и содержания белка в контрольных и опытных семенах. К исследованию привлечено 13 образцов гексаплоидной синтетической пшеницы японского происхождения, полученных из СИММУТ и интродуцированных на Опытной Станции (Джалилабад). В качестве стандартного сорта был выбран сорт мягкой пшеницы – Безостая-1. Сравнительный анализ жизнеспособности проводился по тесту лабораторной всхожести семян. Оценка степени поражения семян при прорастании проводилась по общепринятой методике. Содержание белка в семенах определялось классическим химическим методом Кьельдаля. Оценка устойчивости семян генотипов синтетической пшеницы к стрессу ускоренного старения показала, что по показателям всхожести образец № 66 – 2105 проявил большую устойчивость. Из всех привлеченных к исследованию образцов наименее устойчивыми по показателям всхожести проявили себя образцы № 64 – 2098 и № 67 – 2159. Наиболее подверженным болезням при ускоренном старении оказался также образец № 64 – 2098, наиболее устойчивым же образец № 66 – 2105. Для этого образца отмечено наименьшее увеличение процента пораженных семян относительно контрольного варианта. В процентном соотношении наибольшим общим содержанием белка в семени выделился образец № 59 – 929. При ускоренном старении семян этого образца содержание белка понизилось на 5,68%. Для образца № 70 – 2078 было характерно понижение содержания белка в семенах всего на 0,1%. У семян образца № 66 – 2105, оказавшегося по показателям всхожести и подверженности инфицированию наиболее устойчивым к действию стресса, содержание белка понизилось почти в 2 раза, что может быть объяснено генетическими особенностями образца.

Ключевые слова: синтетическая пшеница, искусственное старение, устойчивость, всхожесть, семена, белок

ASSESSMENT OF STRESS RESISTANCE OF JAPANESE ORIGIN GENOTYPES OF SYNTHETIC WHEAT

Mamedova S.A., Babayeva M.A.

Institute of Genetic Resources of ANAS, Baku, e-mail: smamedova2002@mail.ru

The aim of the study was to assess the resistance of samples of synthetic wheat of Japanese origin to artificial accelerated aging. A comparative analysis of the seeds viability, the infectability of seeds with diseases during germination and the protein content in control and experimental seeds was carried out. 13 samples of hexaploid synthetic wheat of Japanese origin obtained from CIMMYT and introduced at the Experimental Station (Jalilabad) were involved in the research. The soft wheat variety – Bezostaya-1 was chosen as the standard variety. A comparative analysis of viability was carried out according to the test of laboratory germination of seeds. Assessment of the degree of seed lesion during germination was carried out according to a generally accepted method. The protein content in the seeds was determined by the classical Kjeldahl chemical method. Evaluation of the resistance of seeds of synthetic wheat genotypes to the stress of accelerated aging showed that in terms of germination, sample №66 – 2105 showed greater resistance. Among the samples involved in the study, samples №64 – 2098 and №67 – 2159 were the least stable in terms of germination. Sample №64 – 2098 was also the most susceptible to diseases, while sample №66 – 2105 was the most resistant. For this sample, the smallest increase in the percentage of affected seeds relative to the control variant was noted. As a percentage, the highest total protein content in the seed was sample №59 – 929. With accelerated aging of the seeds of this sample, the protein content decreased by 5.68%. Sample № 70-2078 was characterized by a decrease in the protein content in the seeds by only 0.1%. In the seeds of sample No. 66 – 2105, which turned out to be the most resistant to stress in terms of germination and susceptibility to infection, the protein content decreased by almost 2 times, which can be explained by the genetic particularities of the sample.

Keywords: synthetic wheat, artificial aging, resistance, germination, seeds, protein

Синтетические пшеницы с привлечением генетического потенциала *Aegilops L.* широко используются в селекционных программах ведущих центров мира, что способствует существенному расширению генотипического разнообразия исходного материала и получению новых урожайных с высоким качеством зерна форм пшеницы [1; 2]. В настоящее время повышение потенциала продуктивности достигается в основном

за счет создания сортов, способных производить максимальное число полноценных зерен на единицу площади [3]. Обогащением и совершенствованием генов культурной пшеницы за счет гибридизации между дикими сородичами – *Aegilops squarrossa* ($2n = 14 DD$), *T. dicoccum* ($2n = 28, AABB$) или *T. durum* ($2n = 28, AABB$) – создается устойчивая к неблагоприятным условиям окружающей среды синтетическая гекса-

плоидная пшеница ($2n = 42$, AABBDD). В настоящее время считается установленным, что донором генома D является *Ae. squarrosa* L. Благодаря геному D, имеющему большое эволюционное значение для пшеницы, гексаплоидные виды формируют доброкачественную клейковину и высокую зимостойкость, что повышает их производственное значение, способствует широкому распространению [4].

Потребность в устойчивых и адаптированных сортах растений предопределила необходимость изучения ответных реакций растений на воздействие неблагоприятных условий среды, последствий старения семян разных видов и сортов растений [5]. Известно, что семена, которые лучше переносят неблагоприятные условия ускоренного искусственного старения, более устойчивы к абиотическим стрессорам при прорастании [6].

Семена подвергаются процессам старения, что ограничивает их жизнеспособность и в итоге вызывает потерю способности прорасти. Хранение семян – важный научный вопрос, связанный с устойчивостью семян к множеству факторов, как внутренних (генетических, структурных, физиологических), так и внешних (микробиота, температура и влажность). Использование метода ускоренного старения, представляющего собой содержание семян в условиях повышенной влажности и температуры воздуха, позволяет моделировать условия неблагоприятного хранения посевного материала [5] и производить быструю и эффективную оценку силы роста зерновых культур в лабораторных условиях. У семян процесс старения заключается в физиолого-биохимических изменениях, происходящих при неблагоприятных условиях хранения, в накоплении ингибиторов роста и токсичных продуктов метаболизма [7; 8]. При ускоренном старении в условиях высокой влажности и температуры воздуха действие свободных радикалов и перекисное окисление липидов приводит к деградации структуры мембран и целостности ДНК, а также сопровождается снижением активности большинства ферментов в клетке [5; 9]. При старении воздушно-сухих семян в процессе длительного хранения происходят в основном неферментативные реакции, не требующие присутствия большого количества воды [9]. По мере старения активность антиоксидантов семян значительно снижается, тогда как электрическая проводимость семян значительно увеличивается [10].

Цель исследования заключалась в сравнительной оценке устойчивости образцов синтетической пшеницы японского происхождения к искусственному ускоренному старению по показателям всхожести семян, поражаемости семян болезнями и содержанию белка в семенах.

Материал и методы исследования

13 образцов гексаплоидной синтетической пшеницы японского происхождения, полученные из CIMMYT, были интродуцированы на Опытной Станции (Джалилабад) Института Земледелия МСХ Азербайджана: № 59 LANGDON/AE.sq–929, № 60 LANGDON/IG – 48042, № 61 LANGDON/IG – 126387, № 62 LANGDON/KU – 2092, № 64 LANGDON/KU – 2098, № 65 LANGDON/KU – 2100, № 66 LANGDON/KU – 2105, № 67 LANGDON/KU – 2159, № 68 LANGDON/KU – 2829A, № 69 LANGDON/KU – 20-10, № 70 LANGDON/KU – 2078, № 71 LANGDON/KU – 2079, № 72 LANGDON/PI – 499262 и стандартный сорт Безостая-1 (№ 73). По 200 семян каждого из 13 образцов были состарены, 100 из которых были посажены в чашки Петри по 50 семян в двух повторах, а 100 семян были перемолоты для анализа содержания белка. Также проводился анализ содержания белка в контрольных семенах.

Стресс ускоренного старения семян заключался в 3-дневном содержании семян в условиях повышенной относительной влажности (95%) и температуре воздуха (40 °C) [5], что позволяет моделировать воздействие неблагоприятных факторов и прогнозировать их влияние на устойчивость семян различных сортов и образцов растений. Оценка жизнеспособности проводилась по тесту лабораторной всхожести семян, выражаемой в процентах от общего числа посаженных семян (n) [11]:

$$G = (A \times 100\%) / n,$$

где A – число взошедших семян.

Оценка поражаемости семян проводилась по общепринятой методике [1]. Для оценки степени поражения состаренных семян плесневыми грибами в лабораторных условиях в каждом варианте опыта подсчитывали количество пораженных семян. Контролем служили необработанные семена.

Содержание белка в семенах измерялось классическим химическим методом Кьельдаля в соответствии с международными стандартами (к 0,3–0,5 г тонкомолотого образца добавляли 5–7 мл серной кислоты

и 1 г катализатора, поэтапно кипятили, после чего титровали и определяли содержание азота) [12].

Результаты исследования и их обсуждение

Для оценки функциональных нарушений жизнеспособности семян при ускоренном старении, как и во всех предыдущих опытах, нами использовался такой интегральный показатель, как их всхожесть (рис. 1) [11]. В контрольном варианте опыта всхожесть семян изучаемых образцов варьировала в пределах 84,0–98,0%. Для образца № 68 LANGDON/KU-2829A отмечен самый низкий показатель всхожести семян. Высокие показатели всхожести были характерны для образцов № 71 LANGDON/KU-2079, № 72 LANGDON/PI 499262 и стандартного сорта Безостая-1.

Как известно, старение семян любых видов растений активизируется при повышении влажности и температуры, при которой хранятся семена, при наличии механических повреждений, в зависимости от зрелости семян, при наличии микрофлоры. Губительное действие ускоренного старения на всхожесть семян неоспоримо, однако нас интересовал сравнительный анализ ответной реакции каждого образца синтетической пшеницы на стресс.

Анализ всхожести семян 14 образцов синтетической пшеницы показал, что ускоренное старение подавляло прорастание семян. Причем у различных образцов это ингибирование проявлялось в разной степе-

ни. Так, у образцов № 64 LANGDON/KU-2098 и № 67 LANGDON/KU-2159 отмечено максимальное понижение всхожести семян (на 88,0%), а для образца № 66 LANGDON/KU-2105 потеря всхожести составила 46,0%, что в два раза меньше, чем у более чувствительных образцов. Для остальных изучаемых образцов было характерно падение всхожести в пределах 62,0–76,0%.

Положительная температура хранения семян ускоряет физиолого-биохимические процессы, происходящие в семенах, что способствует развитию грибной инфекции, что в свою очередь приводит к снижению качества семян. Согласно литературным данным, чем меньше семена заражены патогенными грибами, тем выше энергия прорастания и всхожесть семян [13]. Семена всех образцов, привлеченных к опыту, были получены с растений, выращенных в идентичных почвенно-климатических условиях, а также содержались и проращивались в одинаковой среде.

В процессе проращивания семян синтетической пшеницы было отмечено их поражение сапротрофными плесневыми грибами родов *Mucor spp.* и *Penicillium spp.* (рис. 2). Известно, что геном D несет в себе восприимчивость к болезням [1]. В нашем эксперименте в контрольном варианте опыта поражение семян патогенами наблюдалось у всех образцов, но в разной степени. Наиболее восприимчивым оказался образец № 70 LANGDON/KU-2078 (38,0%), устойчивым же себя проявил образец № 72 LANGDON/PI499262 (6,0%).

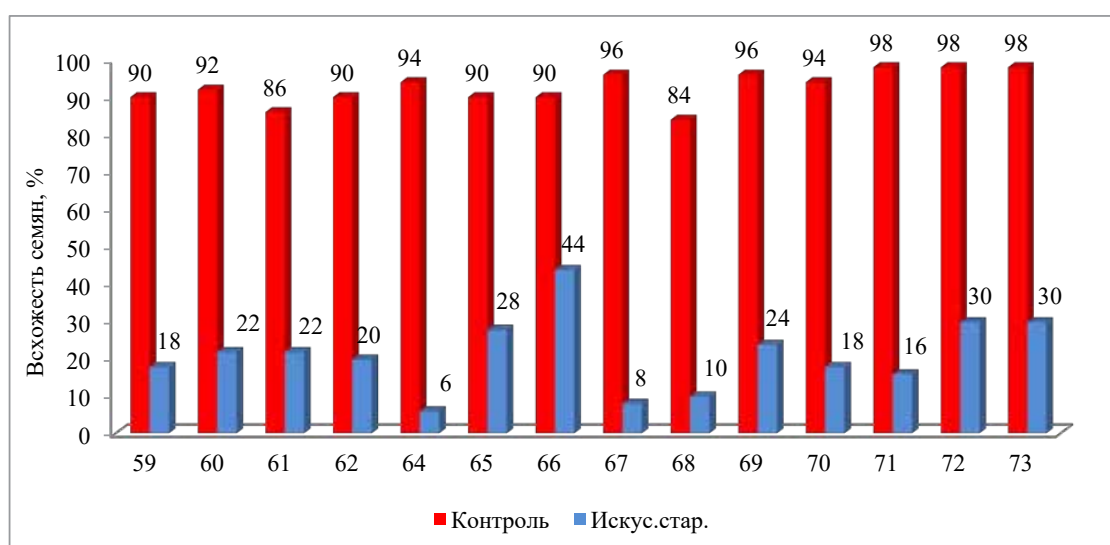


Рис. 1. Всхожесть контрольных и искусственно состаренных семян генотипов синтетической пшеницы японского происхождения и стандартного сорта пшеницы Безостая-1

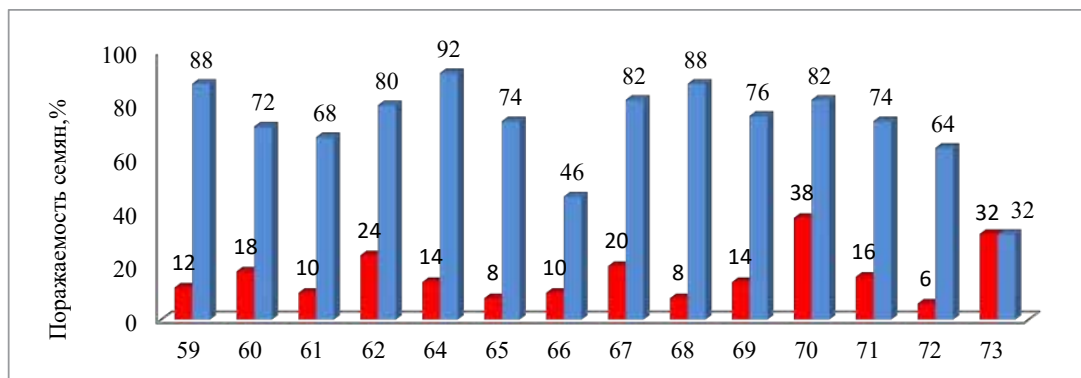


Рис. 2. Поражаемость болезнями контрольных и искусственно состаренных семян генотипов синтетической пшеницы японского происхождения и стандартного сорта пшеницы Безостая-1

Для исследования степени инфицирования состаренных семян исследуемых образцов синтетической пшеницы также была проведена их фитопатологическая оценка. Так, сильно восприимчивым к болезням при ускоренном состаривании оказался образец № 64 LANGDON/KU-2098 (92,0% пораженных семян), наиболее устойчивым же образец № 66 LANGDON/KU-2105 (46,0% пораженных семян), причем для этого образца отмечено наименьшее увеличение процента пораженных семян по сравнению с контрольным вариантом (на 36,0%). Количество пораженных семян у образца № 70 LANGDON/KU-2078 увеличилось на 44,0%, а у образца № 72 LANGDON/PI499262 с 6,0% до 64,0%, на 58,0%.

Сопоставление результатов анализа всхожести семян после их искусственного состаривания и степени пораженности позволило выявить образец № 66 LANGDON/KU-2105, устойчивый как к стрессу старения, так и к инфицированию патогенами.

Далее представлял интерес анализ изменения содержания белка в семенах синтетической пшеницы японского происхождения до и после воздействия стресса (таблица). Согласно литературным данным, понижение жизнеспособности семян часто связано с расходом белков и углеводов. При соответствующих условиях хранения содержание этих веществ в семенах изменяется слабо. При сухом хранении жизнеспособность семян может снижаться в результате постепенной коагуляции белков зародышей [14]. При повышенных значениях влажности и температуры хранения коагуляция превращает их в нерастворимую белковую массу. Приво-

дящая к блокированию энзиматической системы денатурация нарушает метаболизм, в результате чего снижается энергия прорастания и всхожесть семян [12]. Считается, что активные формы кислорода инициируют старение семян за счет разрушения клеточной мембраны, фосфолипидов, структурного и функционального ухудшения белков. У пшеницы в ходе естественной эволюции наиболее многочисленными и конкурентоспособными оказались генотипы со средним содержанием белка в семенах. По литературным данным, общее содержание белка в семенах синтетической гексаплоидной пшеницы колеблется в пределах 12,5–24,0% [1, с. 45]. Экстремальное отклонение содержания белка или некоторых аминокислот в семенах за пределы нормы реакции может также существенно влиять на всхожесть семян и жизнеспособность растений [12]. Известно, что чем больше белка содержится в семени, тем большее количество аминокислот будет содержаться в единице его веса. С уменьшением количества аминокислот снижается биологическая ценность белка [6].

На содержание белка в зерне большое влияние оказывает окружающая среда, что усложняет процесс селекции на повышение общего содержания белка в зерне. Как правило, существует отрицательная корреляция между содержанием белка в зерне и урожайностью зерна [3]. В литературе встречаются экспериментальные свидетельства положительной корреляции между содержанием белка в зерне и массой зерен. В наших экспериментах анализ показателей содержания белка и массы 100 семян не выявил какой-либо корреляции.

Содержание белка в контрольных и искусственно состаренных семенах
синтетической пшеницы японского происхождения

№	Образцы	Вес 100 семян, г	Содержание белка в семенах, %	Содержание белка в состаренных семенах, %
1	59 – 929	43,27	18,08	12,4
2	60 – 48042	40,16	14,8	13,9
3	61 – 126387	49,38	14,5	13,5
4	62 – 2092	44,17	17,3	11,1
5	64 – 2098	50,34	14,25	12,2
6	65 – 2100	48,25	14,5	11,97
7	66 – 2105	43,13	14,7	7,93
8	67 – 2159	47,13	13,2	12,5
9	68 – 2829А	45,31	13,2	7,39
10	69 – 20-10	50,28	12,9	10,6
11	70 – 2078	45,82	14,7	14,6
12	71 – 2079	19,24	13,0	4,86
13	72 – 499262	40,12	12,7	12,2
14	73 Безостая-1	44,35	12,9	12,0

Как видно из таблицы, показатель общего содержания белка в семенах синтетической гексаплоидной пшеницы японского происхождения колебался в пределах от 12,7 до 18,08%. Наиболее высокое содержание белка в семени отмечено у образца № 59 LANGDON/AE.sq.929 (18,08%). Однако при ускоренном состаривании семян этого образца содержание белка понизилось на 5,68% и составило 12,4%. Для образца № 70 LANGDON/ KU-2078 было характерно понижение содержания белка в семенах с 14,7% в контрольных семенах до 14,6% после стрессового воздействия, т.е. всего на 0,1%. Низким содержанием белка в семени отличился образец № 72 LANGDON/PI 499262 (12,7%). Искусственное состаривание привело к понижению содержания белка в семенах этого образца на 0,5%. Что касается семян образца № 66 LANGDON/KU-2105, оказавшегося по показателям всхожести и подверженности инфицированию наиболее устойчивым к действию стресса, содержание белка понизилось почти в 2 раза, что может быть детерминировано генетическими особенностями образца.

Заключение

Сохранение генетической целостности образцов путем хранения семян в семенных банках жизненно важно. Однако потеря семенами жизнеспособности при хранении из-за старения представляет собой серьезную проблему, поскольку приводит

к нехватке материала для воспроизводства и в конечном счете к утере ценнейшего семенного фонда.

Сравнительная оценка устойчивости к старению семян изученных образцов синтетической пшеницы японского происхождения позволила сделать выводы, что по показателям всхожести и степени инфицирования патогенами после ускоренного старения образец № 66 LANGDON/KU-2105 проявил большую устойчивость. Содержание белка в семенах этого образца понизилось почти в 2 раза. Образцы № 64 LANGDON/KU-2098 и № 67 LANGDON/KU-2159 проявили себя как более чувствительные к стрессовому воздействию.

Для выведения новых устойчивых к биотическим и абиотическим стрессовым факторам генотипов пшеницы целесообразно использовать рекомендуемые более устойчивые и высокобелковые образцы.

Список литературы / Reference

1. Лапочкина И.Ф., А.Аль Лаббан, Макарова И.Ю., Гайнуллин Н.Р., Жемчужина А.И. Оценка и характеристика образцов коллекции синтетической пшеницы (2n=42) как новых источников устойчивости к бурой ржавчине и мучнистой росе в условиях нечерноземной зоны РФ // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2011. Вып. 6. С. 43-45.

Lapochkina I.F., A. Al Labban, Makarova I. Yu., Gainullin N.R., Zhemchuzhina A.I. Assessment and characterization of samples of the collection of synthetic wheat (2n = 42) as new sources of resistance to leaf rust and powdery mildew in the non-chernozem zone of the Russian Federation // Izvestiya Timiryazevskoy sel'skokhozyaystvennoy akademii. 2011. Is. 6. P. 43-45 (in Russian).

2. Мамедова С.А., Бабаева М.А. Оценка генотипов синтетической пшеницы по устойчивости к старению // Роль физиологии и биохимии в интродукции и селекции сельскохозяйственных растений: материалы V международной научно-методологической конференции (Москва, 15-19 апреля 2019 г.). Изд-во РУДН, 2019. С. 72-74.
- Mammadova S.A., Babaeva M.A. Assessment of genotypes of synthetic wheat by resistance to aging // *Rol' fiziologii i biokhimii v introduktsii i selektsii sel'skokhozyaystvennykh rasteniy: materialy V mezhdunarodnoy nauchno-metodologicheskoy konferentsii* (Moskva, 15-19 aprelya 2019 g.). Izd-vo RUDN. 2019. P. 72-74 (in Russian).
3. Крупнова О.К. О взаимосвязи урожайности с содержанием белка в зерне у зерновых и бобовых культур // Сельскохозяйственная биология. 2009. № 3. С. 13-23.
- Krupnova O.K. On the relationship between yield and protein content in grain in cereals and legumes // *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya*. 2009. № 3. P. 13-23 (in Russian).
4. Ogbonnaya F.C., Abdalla O., Mujeeb-Kazi A., Kazi A.G., Xu S.X., Gosman N., Lagudah E.S., Bonnett D., Sorrells M.E., Tsujimoto H. Synthetic hexaploids: Harnessing species of the primary gene pool for wheat improvement. *Plant breeding reviews*. 2013. № 37. P. 35-122.
5. Смоликова Г.Н. Применение метода ускоренного старения для оценки устойчивости семян к стрессовым воздействиям // Вестник Санкт-Петербургского университета. 2014. Сер. 3. Вып. 2. С. 82-93.
- Smolikova G.N. Application of the method of accelerated aging to evaluate the stress tolerance of seeds // *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta*. 2014. Ser. 3. Is. 2. P. 82-93 (in Russian).
6. Мамедова С.А., Бабаева М.А. Изучение устойчивости семян различных генотипов синтетической пшеницы к старению // Технические и естественные науки: инновации и перспективы: материалы Международной научно-практической конференции (г. Белгород, 30 января 2020 г.) Белгород: Изд-во ООО АПНИ, 2020. С. 27-30.
- Mammadova S.A., Babayeva M.A. Study of the resistance of various genotypes synthetic wheat seeds to aging // *Tekhnicheskiye i yestestvennyye nauki: innovatsii i perspektivy: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* (g. Belgorod, 30 yanvarya 2020 g.) Belgorod: Izd-vo ООО APNI, 2020. P. 27-30 (in Russian).
7. Веселова Т.В. Изменение состояния семян при их хранении, проращивании и под действием внешних факторов (ионизирующего излучения в малых дозах и других слабых воздействий), определяемое методом замедленной люминесценции: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Москва, 2008. 48 с.
- Veselova T.V. Changes in the state of seeds during storage, germination and under the influence of external factors (ionizing radiation in small doses and other weak influences), determined by the method of delayed luminescence: avtoref. dis. ... cand. biol. nauk. Moskva, 2008. 48 p. (in Russian).
8. Мамедова С.А., Ахундов А.Ф. Сортовые различия герогенеза семян лука // Роль физиологии и биохимии в интродукции и селекции овощных, плодово-ягодных и лекарственных растений: материалы III Международной конференции (Москва, 15-17 февраля 2017 г.). М.: Изд-во РУДН, 2017. С. 298-300.
- Mammadova S.A., Akhundov A.F. Varietal differences in the gerogenesis of onion seeds // *Rol' fiziologii i biokhimii v introduktsii i selektsii ovoshchnykh, plodovo-yagodnykh i lekarstvennykh rasteniy: materialy III Mezhdunarodnoy konferentsii* (Moskva, 15-17 fevralya 2017 g.). M.: Izd-vo RUDN, 2017. P. 298-300 (in Russian).
9. Швачко Н.А., Хлесткина Е.К. Молекулярно-генетические основы устойчивости семян к окислительному стрессу при хранении // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2020. Т. 24. № 5. С. 451-458.
- Shvachko N.A., Khlestkina E.K. Molecular genetic foundations of seed resistance to oxidative stress during storage // *Vavilovskiy zhurnal genetiki i selektsii*. 2020. Vol. 24. № 5. P. 451-458 (in Russian).
10. Navjot Singh Brar, Prashant Kaushik, Bagrawat Singh Dudi Assessment of Natural Ageing Related Physio-Biochemical Changes in Onion Seed. *Agriculture*. 2019. Vol. 9. № 163. [Электронный ресурс]. URL: www.mdpi.com/journal/agriculture (дата обращения: 15.01.2022).
11. Мамедова С.А., Ибрагимова З.Ш., Алиев Р.Т. Оценка устойчивости различных образцов пшеницы к старению, засухе и засолению // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2018. № 12. С. 84-87.
- Mammadova S.A., Ibragimova Z.Sh., Aliyev R.T. Estimation of resistance of the different wheat varieties to aging, drought and salinity // *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy*. 2018. № 12. P. 84-87 (in Russian).
12. Митрофанова О.П., Хакимова А.Г. Новые генетические ресурсы в селекции пшеницы на увеличение содержания белка в зерне // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2016. № 20 (4). С. 545-554.
- Mitrofanova O.P., Khakimova A.G. New genetic resources in wheat breeding to increase the protein content in the grain // *Vavilovskiy zhurnal genetiki i selektsii*. 2016. № 20 (4). P. 545-554 (in Russian).
13. Николаева М.А., Варенцова Е.Ю., Сафина Г.Ф. Влияние температурных режимов хранения семян сосны и ели на всхожесть и зараженность патогенными грибами // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2021. № 182 (1). С. 157-167. DOI: 10.30901/227-8834-2021-1-157-167.
- Nikolaeva M.A., Varentsova E.Yu., Safina G.F. Influence of temperature storage conditions of pine and spruce seeds on germination and infection with pathogenic fungi // *Trudy po prikladnoy botanike, genetike i selektsii*. 2021. № 182 (1). P. 157-167. DOI: 10.30901/227-8834-2021-1-157-167 (in Russian).
14. Шабанов Р.Ю., Есоян Е.А., Астафьева В.Е., Еськова О.В., Савченко М.В., Кириленко Н.Г., Савченко А.А. Хранение семян эфиромасличных и лекарственных растений // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2015. № 55. С. 287-294.
- Shabanov R.Yu., Yesoyan E.A., Astafyeva V.E., Eskova O.V., Savchenko M.V., Kirilenko N.G., Savchenko A.A. Storage of seeds of essential oil and medicinal plants // *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2015. № 55. P. 287-294 (in Russian).

УДК 630*261:631.6

ТРАВЯНИСТАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ ПОЛЕЗАЩИТНЫХ ЛЕСНЫХ ПОЛОС (НА ПРИМЕРЕ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ)

Рябова Д.В.

Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт им. А.К. Кортунова
ФГБОУ ВО «Донской ГАУ», Новочеркасск, e-mail: dariya17091995@yandex.ru

Аридизация климата приводит к снижению полноты лесных полос, увеличению освещённости подпологового пространства насаждений, возрастанию надземной фитомассы травянистой растительности, которая угнетает древостой. Исследовали основные ветрорегулирующие полезащитные робиниевые лесные полосы (10Рб) на территории Тарасовского и Октябрьского (с) районов Ростовской области в 2019-2021 гг. Они состояли из 5 рядов, имели возраст 35 лет, ажурную конструкцию, диаметр 10-21 см, высоту 8-12 м, ширину от 12 до 18 м, класс бонитета III-IV, запас от 60 до 120 м³/га, балл жизненного состояния 1,0-3,6, полноту от 0,6 до 0,8. Подпологовая травянистая растительность степной зоны Ростовской области образована семействами *Gramineae*, *Euphorbiaceae*, *Asteraceae*, *Convolvulaceae*. Преобладающим видом травостоя является *Elytrigia repens* L. Низкая степень продуктивности подпологовой травянистой растительности (254 г/м² и менее) формируется в здоровых, без признаков ослабления, а также ослабленных робиниевых лесных полосах с полнотой 0,8, освещённостью пространства 60 Лк; средняя (от 255 до 304 г/м²) – в лесополосах ослабленных и сильно ослабленных при полноте 0,7, освещённости 70 Лк; высокая (305 г/м² и более) – в сильно ослабленных, усыхающих насаждениях с полнотой 0,6 и освещённостью 80 Лк. Для формирования здоровых, без признаков ослабления полезащитных лесных полос, а также увеличения устойчивости их к задернению в условиях степной зоны необходимо поддерживать полноту насаждений не менее 0,8 и проводить окашивание сорной травянистой растительности на опушках.

Ключевые слова: степная зона, травянистая растительность, живой напочвенный покров, лесные полосы, состояние лесных полос

HERBAL VEGETATION OF FOREST BELTS (ON THE EXAMPLE OF THE ROSTOV REGION)

Ryabova D.V.

¹Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute A.K. Kortunova,
Don State Agrarian University, Novocherkassk, e-mail: dariya17091995@yandex.ru

Aridization of the climate leads to a decrease in the density of forest belts, an increase in the illumination of the space under the canopy of plantations, and an increase in the above-ground phytomass of herbaceous vegetation, which depresses the forest stand. We studied main wind-regulating field-protective forest belts from Robinia (10Rb) on the territory of Tarasovsky and Oktyabrsky (rural) areas of the Rostov region in 2019-2021. They consisted of 5 rows, were 35 years old, openwork construction, diameter 10-21 cm, height 8-12 m, width from 12 to 18 m, quality class III-IV, stock from 60 to 120 m³/ha, vital status score 1,0-3,6, completeness of plantings from 0,6 to 0,8. Herbaceous vegetation under the canopy of plantations in the steppe zone of the Rostov region is formed by the families *Gramineae*, *Euphorbiaceae*, *Asteraceae*, *Convolvulaceae*. The predominant type of herbage is *Elytrigia repens* L. A low degree of productivity of herbaceous vegetation under the canopy of plantations (254 g/m² less) is formed in healthy, without signs of weakening, weakened Robinia forest belts with a completeness of plantings of 0,8, illumination of the space 60 Lx; medium (255 – 304 g/m²) – in forest belts of weakened and severely weakened at a completeness of plantings of 0,7, illumination of 70 lx; high (305 g/m² and more) – in strongly weakened, drying out plantations with a completeness of plantings of 0,6 and illumination of 80 lx. For the formation of healthy, without signs of weakening of protective forest belts, as well as increasing their resistance to blackening in the conditions of the steppe zone, it is necessary to maintain a density of plantations of at least 0,8 and to carry out mowing of weedy grassy vegetation in the forest edges.

Keywords: steppe zone, herbaceous vegetation, living ground cover, forest belts, the condition of the forest belts

Летом и осенью 2020 года на территории Ростовской области установилась засушливая погода, этот период характеризуется количеством осадков 187,8 мм, сильным восточным ветром до 20 м/с [1]. Это способствовало развитию пыльной бури, по своей силе не уступавшей подобному явлению, зафиксированному еще в 60-е годы прошлого века. Это указывает на активные процессы опустынивания территории степной зоны, и Ростовской области в частности. Оно вле-

чет за собой снижение продуктивности древостоев и ухудшение их состояния, и как следствие – проникновение травянистой растительности под полог насаждений [2]. Ранее нами были проведены общие исследования видового разнообразия и надземной фитомассы подпологового травостоя лесополос [3-5]. Многими авторами ранее изучались состояние и продуктивность лесополос степной зоны [6-8], при этом роль подпологовой растительности не исследовалась.

Цель исследования – изучить роль подпологовой травянистой растительности разной степени продуктивности в формировании полезных лесных полос степной зоны на примере Ростовской области.

Материалы и методы исследования

Объектами исследований в 2019-2021 гг. являлись девять пятирядных, чистых по породному составу робиниевых полезных лесных полос на территории Тарасовского и Октябрьского (с) районов Ростовской области. Изучаемые типичные лесополосы были отобраны по результатам инвентаризации, проведённой ООО НПЦ «Кадастр» в 2006 году и актуализированной В.В. Танюкевичем в 2012 году [9-11]. Насаждения имели следующие средние показатели: возраст 35 лет, диаметр 10-21 см, высота стволов 8-12 м, ширина насаждений 12-18 м, количество рядов 5, конструкция ажурная. Деревья в пределах лесных полос были расположены неравномерно при полноте 0,6-0,8, баллы жизненного состояния варьировали в пределах от 1,0 до 3,6, древостои здоровые (без признаков ослабления), ослабленные и сильно ослабленные соответственно. Запас робиниевых насаждений изменялся в пределах от 60 до 120 м³/га, класс бонитета III-IV.

Деградация земель влечёт за собой снижение баллов жизненного состояния насаждений, при этом требует дополнительного изучения влияния полноты древостоя и освещённости подпологового пространства на фитопроодуктивность травянистой растительности лесных полос.

В опушечной и центральной частях насаждений были заложены 27 учётных площадок с использованием апробированной методики [12], на которых определяли надземную фитомассу в воздушно-сухом состоянии, высоту, видовое разнообразие и основные популяционные показатели (индексы видового сходства Серенсена и доминирования [13]) подпологовой травянистой растительности.

Исследование освещённости подпологового пространства насаждений проводили, используя люксметр «Ю116», при экспозиции 5 минут, в трёхкратной повторности в центральной и опушечных частях робиниевых лесных полос.

Результаты исследования и их обсуждение

Видовое разнообразие и надземная фитомасса травостоя в робиниевых полез-

ных лесных полосах на территории Ростовской области представлены в таблице 1.

В результате исследований выявили основные виды подпологовой травянистой растительности, произрастающей в робиниевых лесополосах на территории степной зоны Ростовской области: *Koeleria pyramidata* L., *Festuca pratensis* H., *Elytrigia repens* L., *Poa pratensis* L., *Dactylis glomerata* L., *Phleum pratense* L., *Euphorbia esula* L., *Artemisia vulgaris* L., *Convolvulus arvensis* L. Как видно из таблицы 1, индекс видового сходства Сёренсена составляет 0,22-0,67 (при среднем его значении 0,45). Среднее значение индекса доминирования *Elitrigia repens* L. 74%, что говорит о его преобладании под пологом робиниевых полезных лесных полос степной зоны.

Используя полученные значения надземной фитомассы травянистой растительности, при помощи уравнения Гаусса, уточнили установленные нами ранее [3-5] три степени продуктивности подпологового травостоя полезных лесных полос. Результаты приведены в таблице 2.

Таким образом, травянистый покров низкой степени продуктивности формируется при надземной фитомассе не более 254 г/м², средней – при значении 255-304 г/м², высокой – более 305 г/м².

Аридизация климата влияет на полноту насаждений за счёт отпада деревьев. Снижение полноты приводит к увеличению освещённости подпологового пространства, что подтверждается установленной нами зависимостью (1):

$$E = -75,298P + 121,69 \text{ при } R^2 = 0,799, (1)$$

где E – освещённость пространства под пологом лесополос, Лк; P – полнота насаждений.

Графическое решение уравнения (1) представлено на рисунке 1.

Как следует из зависимости (1), при полноте насаждения 0,6 освещённость подпологового пространства составляет 77 Лк, при 0,7 – 69 Лк, при 0,8 – 61 Лк.

В ходе исследований, на основании данных таблицы 1, получили математическую линейную зависимость (2) надземной фитомассы травянистой растительности от освещённости пространства под пологом насаждений:

$$M = -12,918E - 622,06 \text{ при } R^2 = 0,547, (2)$$

где M – надземная фитомасса подпологового травостоя робиниевых лесных полос, г/м².

Графическое решение зависимости (2) представлено на рисунке 2.

Таблица 1

Результаты исследования видового разнообразия и надземной фитомассы подпологового травостоя

Инв. № лесополосы	№ учётной площадки	Расположение учётной площадки	Преобладающие виды травостоя	Количество встречающихся экземпляров, шт.	Высота травостоя, см	Надземная фитомасса травостоя, г/м ²	Значения видового сходства Сёрсенена (К)		Освещённость подпологового пространства, Лк	Полнота насаждения	Баллы жизненного состояния								
							доминирования (Di)	рождения (Di)											
17	1	Опушка	<i>Koeleria pyramidata</i> L. <i>Poa pratensis</i> L. <i>Festuca pratensis</i> H. <i>Elytrigia repens</i> L.	68 130 53 201	17 27 32 70	410	0,22	15	75	0,6	3,6								
												2	Центр	<i>Koeleria pyramidata</i> L. <i>Elytrigia repens</i> L.	105 208	18 50	302	70	
																			3
	4	Опушка	<i>Koeleria pyramidata</i> L. <i>Poa pratensis</i> L. <i>Elytrigia repens</i> L.	82 116 107	15 25 40	310	0,6	21 29 27	70	0,8	2,8								
												5	Центр	<i>Koeleria pyramidata</i> L. <i>Poa pratensis</i> L. <i>Elytrigia repens</i> L.	49 62 150	17 30 40	270	60	
																			6
	25	7	Опушка	<i>Koeleria pyramidata</i> L. <i>Elytrigia repens</i> L.	35 170	20 50	120	0,4	17 83	65	0,8	2,3							
													8	Центр	<i>Elytrigia repens</i> L.	85	40	70	60

Тарасовский район

Окончание табл. 1

		Октябрьский (с) район										
105	10	Опушка	<i>Dactylis glomerata</i> L.	107	60	394	0,4	26	75	0,7	3,8	
			<i>Phleum pratense</i> L.	88	60							
			<i>Poa pratensis</i> L.	105	30							
111	11	Центр	<i>Elytrigia repens</i> L.	119	50	346	0,25	25	70	0,7	3,1	
			<i>Dactylis glomerata</i> L.	105	60							
			<i>Phleum pratense</i> L.	66	50							
			<i>Elytrigia repens</i> L.	131	50							
111	12	Опушка	<i>Dactylis glomerata</i> L.	167	55	410	0,25	25	75	0,7	3,1	
			<i>Phleum pratense</i> L.	118	30							
			<i>Elytrigia repens</i> L.	186	55							
			<i>Dactylis glomerata</i> L.	99	65							
111	13	Опушка	<i>Phleum pratense</i> L.	79	60	320	0,25	20	75	0,7	3,1	
			<i>Poa pratensis</i> L.	105	25							
			<i>Elytrigia repens</i> L.	115	50							
			<i>Dactylis glomerata</i> L.	76	55							
111	14	Центр	<i>Elytrigia repens</i> L.	185	60	290	0,25	29	75	0,7	3,1	
			<i>Dactylis glomerata</i> L.	105	30							
			<i>Elytrigia repens</i> L.	206	17							
			<i>Poa pratensis</i> L.	105	30							
148	15	Опушка	<i>Elytrigia repens</i> L.	125	25	330	0,5	100	60	0,8	2,3	
			<i>Elytrigia repens</i> L.	110	20							
			<i>Dactylis glomerata</i> L.	45	25							
			<i>Elytrigia repens</i> L.	93	30							
23	16	Опушка	<i>Elitrigia repens</i> L.	400	60	325	0,67	100	70	0,7	2,6	
			<i>Elitrigia repens</i> L.	215	50							
			<i>Elitrigia repens</i> L.	330	60							
			<i>Elitrigia repens</i> L.	250	50							
27	17	Центр	<i>Elitrigia repens</i> L.	4	80	385	0,4	97	75	0,6	2,8	
			<i>Artemisia vulgaris</i> L.	3	50							
			<i>Euphorbia esula</i> L.	230	60							
			<i>Elitrigia repens</i> L.	250	60							
27	18	Опушка	<i>Elitrigia repens</i> L.	430	60	502	0,57	99	80	0,6	3,4	
			<i>Artemisia vulgaris</i> L.	6	60							
			<i>Convolvulus arvensis</i> L.	160	70							
			<i>Convolvulus arvensis</i> L.	5	60							
31	19	Опушка	<i>Elitrigia repens</i> L.	350	80	467	0,57	97	60	0,6	3,4	
			<i>Elitrigia repens</i> L.	5	50							
			<i>Convolvulus arvensis</i> L.	4	80							
			<i>Artemisia vulgaris</i> L.	4	80							

Таблица 2

Степени продуктивности подпологового травостоя ползащитных лесных полос

Степени продуктивности подпологового травостоя ползащитных лесных полос	Значение надземной фитомассы подпологового травостоя, г/м ²
Высокая	305 и более
Средняя	255 – 304
Низкая	254 и менее

При максимально зафиксированной освещённости подпологового пространства лесополос (80 Лк) надземная фитомасса

травянистой растительности составляет 411 г/м² (что соответствует высокой степени продуктивности). При освещённости 70 Лк надземная фитомасса варьирует в пределах от 255 до 304 г/м² (средняя степень продуктивности), при наименьшем значении освещённости 60 Лк – 153 г/м² – низкая степень продуктивности травостоя.

Установили связь между надземной фитомассой подпологовой травянистой растительности и полнотой робиниевых ползащитных лесных полос (3):

$$M = -1165,5P + 1082,7 \text{ при } R^2 = 0,627 \quad (3)$$

Графическое решение зависимости (3) представлено на рисунке 3.

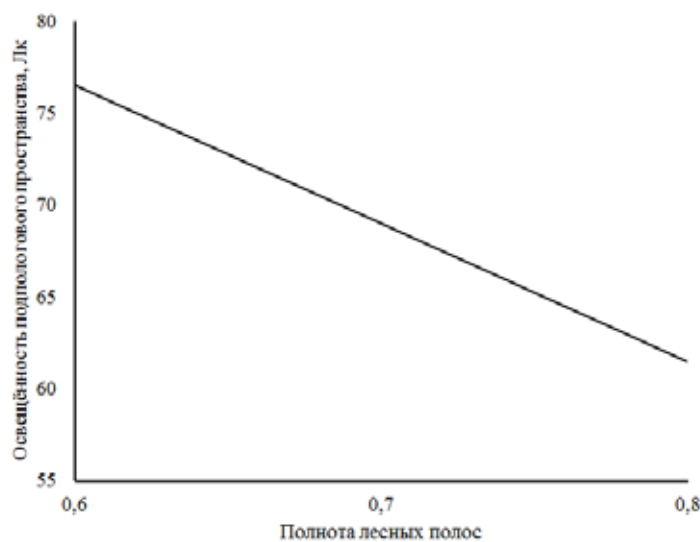


Рис. 1. Зависимость освещённости подпологового пространства робиниевых лесных полос от полноты насаждений

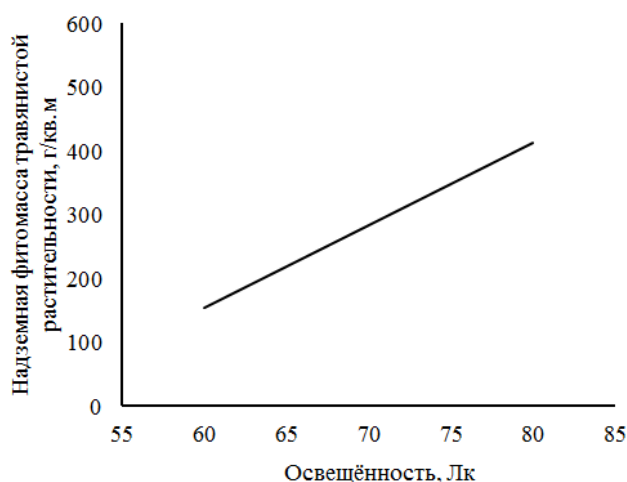


Рис. 2. Зависимость надземной фитомассы подпологовой травянистой растительности от освещённости

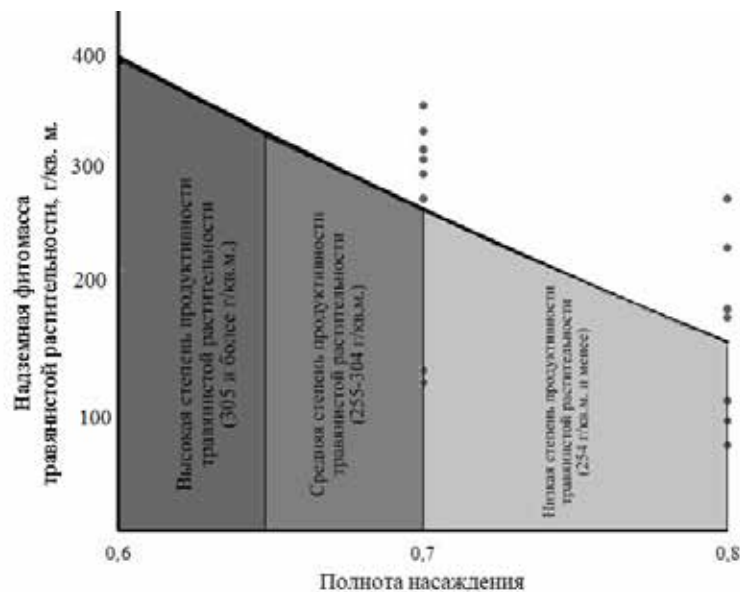


Рис. 3. Зависимость надземной фитомассы подпологовой травянистой растительности от полноты robinиевых лесных полос

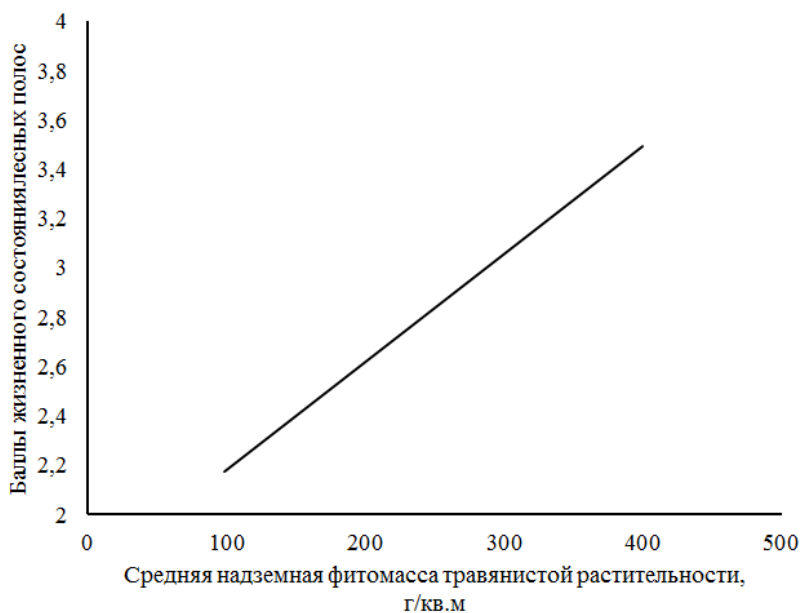


Рис. 4. Зависимость баллов жизненного состояния лесных полос от надземной фитомассы подпологовой травянистой растительности [3-5]

При полноте лесонасаждений 0,6 отмечается надземная фитомасса подпологового травостоя 383 г/м² (высокая степень продуктивности). При полноте лесополос 0,7 продуктивность травостоя снижается до 266 г/м² (средняя степень), при наибольшей зафиксированной полноте 0,8 – 150 г/м² (низкая степень продуктивности). Проникновение травянистой растительности под полог полезащитных лесополос приводит

к ухудшению состояния насаждений, которое подтверждается уточненной [3-5] зависимостью (4):

$$K = 0,0044M + 1,7458 \text{ при } R^2 = 0,801, \quad (4)$$

где K – балл жизненного состояния лесополос.

Графическое решение зависимости (4) приведено на рисунке 4.

При низкой степени продуктивности подпологовой травянистой растительности робиниевые насаждения оцениваются как здоровые, без признаков ослабления, ослабленные (баллы жизненного состояния 1-2,86 соответственно), при средней степени – как ослабленные и сильно ослабленные (2,87-3,1), при высокой степени – сильно ослабленные, усыхающие (3,1-5).

Таким образом, для формирования здоровых, без признаков ослабления полевых защитных лесных полос рекомендуется полнота насаждений не менее 0,8, при этом необходимо проводить борьбу с травянистой растительностью путем окашивания, особенно на опушках.

Заключение

В ходе исследований, проводившихся в робиниевых полевых защитных лесных полосах на территории Тарасовского и Октябрьского (с) районов Ростовской области в период с 2019 по 2021 год, была выявлена подпологовая травянистая растительность, представленная семействами *Gramineae*, *Euphorbiaceae*, *Asteraceae*, *Convolvulaceae*. Преобладающим видом является *Elytrigia repens* L. Установили три степени продуктивности травостоя: низкая – менее 254 г/м², при полноте насаждения 0,8, освещенности подпологового пространства 60 Лк, баллах жизненного состояния 1-2,86; средняя – от 255 до 304 г/м², при полноте 0,7, освещенности 70 Лк, 2,87-3,1 балла; высокая – более 305 г/м², наблюдается при полноте 0,6, освещенности 80 Лк, балле жизненного состояния выше 3,1.

Для максимальной эффективности агролесомелиорации на территории степной зоны Ростовской области необходимо поддержание полноты полевых защитных лесных полос на уровне не менее 0,8, а также окашивание опушек насаждений.

Список литературы / Reference

1. Погода в Ростове-на-Дону. Температура воздуха и осадки. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/monitor.php?id=34730&month=11&year=2020> (дата обращения: 01.02.2022).

Weather in Rostov-on-Don. Air temperature and precipitation. [Electronic resource]. URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/monitor.php?id=34730&month=11&year=2020> (date of the application: 01.02.2022) (in Russian).

2. Павловский Е.С. Уход за лесными полосами. М.: Лесн. пром-сть, 1976. 248 с.

Pavlovsky E.S. Care of forest belts. M.: Lesn. prom-st, 1976. 248 p. (in Russian).

3. Дубенок Н.Н., Таныкевич В.В., Хмелева Д.В., Доманина О.И., Скрянин Д.С. Живой напочвенный покров робиниевых полевых защитных лесополос Ростовской области // Научная жизнь. 2018. № 12. С. 131-137.

Dubenok N.N., Tanyukevich V.V., Khmeleva D.V., Domanina O.I., Skrynnikov D.S. Living ground cover of Robinia field-protective forest belts of the Rostov region // Nauchnaya zhizn. 2018. No. 12. P. 131-137 (in Russian).

4. Хмелева Д.В., Тюрин С.В., Таныкевич Вал.В. Живой напочвенный покров в робиниевых полевых защитных лесонасаждениях // Экология и мелиорация агроландшафтов: перспективы и достижения молодых ученых: материалы VII Международной научно-практической конференции молодых ученых. Волгоград, 2019. С. 109-110.

Khmeleva D.V., Tyurin S.V., Tanyukevich Val.V. Living ground cover in field-protective forest plantations of Robinia // Ekologiya i melioraciya agrolandshaftov: perspektivy i dostizheniya molodyh uchenyh: materialy VII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii molodyh uchenyh. Volgograd, 2019. S. 109-110. (in Russian).

5. Таныкевич В.В., Хмелева Д.В., Носкина А.В., Лянгузов П.М., Таныкевич Вал.В. Продуктивность и видовое разнообразие живого напочвенного покрова робиниевых лесонасаждений Ростовской области // Мелиорация и водное хозяйство: материалы Всероссийской научно-практической конференции с Международным участием, посвященной 130-летию со дня рождения акад. Б.А. Шумакова. Новочеркасск. 2019. Вып. 17. Ч. 2. С. 91-95.

Tanyukevich V.V., Khmeleva D.V., Noskina A.V., Lyanguzov P.M., Tanyukevich V.V. Productivity and species diversity of the living ground cover of plantations of Robinia of the Rostov region // Melioraciya i vodnoe hozyajstvo: materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferencii s Mezhdunarodnym uchastiem, posvyashchennoj 130-letiyu so dnya rozhdeniya akad. B.A. Shumakova. Novocherkassk. 2019. Is. 17 (2). P. 91-95 (in Russian).

6. Журавлева А.В. Мелиоративная роль и продуктивность полевых защитных основных лесных полос Среднего Дона: дис. ... канд. с.-х. наук. Волгоград, 2017. 153 с.

Zhuravleva A.V. Meliorative role and productivity of field-protective pine forest belts of the Middle Don: dis. ... cand. s.-x. Sciences. Volgograd, 2017. 153 p. (in Russian).

7. Таныкевич В.В. Мелиоративная роль и продуктивность лесных полос степных агролесоландшафтов (теоретический аспект) // Научная мысль Кавказа. 2011. № 4 (68). С. 85-89.

Tanyukevich V.V. Meliorative role and productivity of forest strips of steppe agroforest landscapes (theoretical aspect) // Nauchnaya mysl' Kavkaza. 2011. No. 4 (68). P. 85-89 (in Russian).

8. Таныкевич В.В. Мелиоративная роль робиниевых лесных полос степных агролесоландшафтов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2011. № 3. С. 60-66.

Tanyukevich V.V. Meliorative role of forest strips of Robinia of steppe agroforest landscapes // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2011. No. 3. P. 60-66 (in Russian).

9. Таныкевич В.В., Ивонов В.М. Особенности хода роста основных пород лесных полос в Ростовской области // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. 2012. № 2. С. 27-31.

Tanyukevich V.V., Ivonin V.M. Features of the course of growth of the main species of forest strips in the Rostov region // Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta lesa – Lesnoj vestnik. 2012. № 2. P. 27-31 (in Russian).

10. Таныкевич В.В. Продуктивность и мелиоративная роль лесных полос степных агролесоландшафтов: монография. Новочеркасск: Лик, 2012. 175 с.

Tanyukevich V.V. Productivity and reclamation role of forest strips of steppe agroforest landscapes: monograph. Novocherkassk: Lik, 2012. 175 p. (in Russian).

11. Таныкевич В.В. Мелиоративная роль фитомассы лесных полос степных агроландшафтов Среднего и Нижнего Дона: дис. ... докт. с.-х. наук. Волгоград, 2015. 335 с.

Tanyukevich V.V. Meliorative role of phytomass of forest strips of steppe agricultural landscapes of the Middle and Lower Don: dis. ... dokt. s.-kh. nauk. Volgograd, 2015. 335 p. (in Russian).

12. Ивонин В.М., Пеньковский Н.Д. Лесомелиорация ландшафтов: научные исследования: учебное пособие. Ростов-на-Дону. Изд-во СКНЦ ВШ, 2003. 150 с.

Ivonin V.M., Penkovsky N.D. Forest reclamation of landscapes: scientific research: textbook. Rostov-na-Donu. Izd-vo SKNTS VSH, 2003. 150 p. (in Russian).

13. Засоба В.В., Воскобойникова И.В., Куринская Н.В. Экология: практикум для студ. спец. 250201 – «Лесное хозяйство» и 250203 – «Садово-парковое и ландшафтное строительство». Новочеркасск: Новочерк. гос. мелиор. акад., 2007. 83 с.

Zasoba V.V., Voskoboynikova I.V., Kurinskaya N.V. Ecology: a workshop for students. spec. 250201 – “Forest household” and 250203 – “Garden, park and landscape construction”. Novocherkassk: Novocherk. state land reclamation. akad., 2007. 83 p. (in Russian).

УДК 630*17

ОЦЕНКА РОСТА И РАЗВИТИЯ НЕКОТОРЫХ СОРТОВ *SIRINGA VULGARIS* L. В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕГО УРАЛА

Тишкина Е.А.^{1,2}, Семкина Л.А.¹, Орехова О.Н.², Григорьев А.А.², Суслов А.В.²

¹ФГБУН «Ботанический сад УрО РАН», Екатеринбург, e-mail: elena.mlob1@yandex.ru;

²ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», Екатеринбург, e-mail: S_olga_n84@mail.ru

Охарактеризованы некоторые сорта *Syringa vulgaris*, находящиеся в коллекции Ботанического сада УрО РАН, всего 12 сортов, из них 9 сортов из наследия Л.А. Колесникова. Высота растений колебалась от 1,10 до 1,6 м. Морфогенетически исследуемые сорта отличались по количеству побегов от 32 до 92. Наибольшее количество побегов отмечено у сорта «Алексей Маресьев» – 92, у которого прирост наименьший, в то время как у сорта «Небо Москвы» – 32 побега и прирост наибольший, и эта закономерность подтверждена корреляционным анализом. Для анализа приростов побегов и диаметра основания побега взято по 40 шт. каждого сорта с мая по сентябрь, с интервалом 7 дней. Наибольший прирост отмечен у трех сортов: «Небо Москвы» – 9,94, «Капитан Гастелло» – 9,18 и «Сенсация» – 8,29; «Красавица Москвы» – 5,88, «Надежда» – 6,41, ф. Аукуболистная – 6,93, «Память о Колесникове» – 6,39; остальные сорта – «Алексей Маресьев», «Сумерки», «Олимпиада Колесникова» – едва достигали 4 см. Рост вегетативных побегов у сортовых сиреней начинается с 6 мая и продолжается в среднем 3,5 месяца. В конце августа рост заканчивается и завершается процесс одревеснения. Продолжительность вегетационного периода составила 190 дней. Начало и продолжительность цветения зависит от генетических особенностей сорта и в условиях Урала в 2021 году продолжалось с 16 мая по 28 июня. Самое раннее цветение отмечено у сортов «Защитникам Бреста», «Леонид Леонов», «Алексей Маресьев». Наступление начальных и заключительных фаз вегетации в основном зависит от природно-климатических условий конкретного года.

Ключевые слова: *Syringa vulgaris*, сирень обыкновенная, коллекция, однолетний побег, сорт, морфометрические показатели

ASSESSMENT OF GROWTH AND DEVELOPMENT OF SOME SORTS OF *SIRINGA VULGARIS* L. IN THE CONDITIONS OF THE MIDDLE URALS

Tishkina E.A.^{1,2}, Semkina L.A.¹, Orekhova O.N.², Grigoriev A.A.², Suslov A.V.²

¹Botanical Garden, Russian Academy of Sciences, Ural Branch, Ekaterinburg, elena.mlob1@yandex.ru;

²Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, e-mail: S_olga_n84@mail.ru

Some sorts of *Syringa vulgaris*, which are in the collection of the Botanical Garden of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, have been characterized, a total of 12 sorts, of which 9 sorts are from the heritage of L.A. Kolesnikov. The plant height ranged from 1,10 to 1,6 m. The morphogenetically studied sorts differed in the number of shoots from 32 to 92. The greatest number of shoots was noted in the sort "Aleksey Maresyev" – 92, which has the smallest growth, while in the sort "Sky of Moscow" – 32 shoots and the largest growth, and this pattern was confirmed by correlation analysis. To analyze the growth of shoots and the diameter of the base of the shoot, 40 pieces were taken. of each sort from May to September, with an interval of 7 days. The greatest increase was noted in three sorts – "Sky of Moscow" – 9,94, "Captain Gastello" – 9,18 and "Sensation" – 8,29; "Beauty of Moscow" – 5,88, "Hope" – 6,41, f. aucubal – 6,93, "Memory of Kolesnikov" – 6,39; other varieties – "Aleksey Maresyev", "Twilight", "Olympiada Kolesnikova" – barely reached 4 cm. The growth of vegetative shoots in varietal lilacs begins on May 16 and lasts an average of 3,5 months. At the end of August, growth ends and the lignification process ends. The growing season was 190 days. The beginning and duration of flowering depends on the genetic characteristics of the variety and in the conditions of the Urals in 2021 lasted from May 6 to June 28. The earliest flowering was observed in the varieties "Zashchitnik Brest", "Leonid Leonov", "Aleksey Maresyev". The onset of the initial and final phases of the growing season mainly depends on the climatic conditions of a particular year.

Keywords: *Syringa vulgaris*, collection, annual shoot, sort, morphometric parameter

В современном ландшафтном строительстве создаются новые и реконструируются имеющиеся рекреационные зоны, формируются аэрофитотерапевтические ландшафты для повышения комфортности и качества среды жизни граждан, что особенно важно в связи с интенсивным развитием мегаполисов и возрастающей антропогенной нагрузкой [1]. Поэтому предъявляются определённые требования к подбору ассортимента древесных и кустарниковых растений, которые должны об-

ладать высокими декоративными качествами, независимо от возрастных изменений, долговечностью, устойчивостью к повреждающим абиотическим и биотическим факторам, а также оказывать оздоравливающее действие на окружающую среду. Одно из ведущих мест среди красивоцветущих декоративных кустарников, используемых в зелёном строительстве, принадлежит сирени. Эта культура заслуживает особого внимания благодаря своим прекрасным декоративным качествам, большому видо-

вому и сортовому разнообразию, неприхотливости, экологической пластичности, повышенной газо- и пылеустойчивости [2], обладает фитонцидными свойствами [3]. Сорты сирени обыкновенной дают прекрасную срезку, являются важной выгоночной культурой, используются в озеленении дворов и усадеб, так как для обильного цветения требуют плодородных (перегнойных) почв и полива. Изучение морфометрических показателей годичных побегов сирени позволяет выявить адаптивность растений к условиям произрастания, а также их реакцию на действие абиотических и биотических стресс-факторов окружающей среды [4-6].

Цель исследования – изучение роста и развития некоторых сортов *Syringa vulgaris* L. в Ботаническом саду УрО РАН.

Материалы и методы исследования

Исследования проведены в течение вегетационного периода в 2021 году на территории Ботанического сада УрО РАН г. Екатеринбурга. Территория сада находится в лесорастительной зоне южной тайги. Средняя многолетняя температура самого холодного месяца в году (январь) равна 13,6 °С, а самого теплого (июля) составляет 18,5 °С. Продолжительность вегетационного периода примерно 160 дней. Природно-климатические условия для анализа взяты за 2020 и 2021 годы (табл. 1).

Так, в 2021 году по сравнению с предыдущим годом погодные условия в течение вегетационного периода имели характерные особенности: жаркое сухое лето (температура на 7,1% выше) с редкими дождями (ниже на 14% количество осадков за предыдущий год). Климатические данные взяты из базы данных gr5.ru [7].

Объектами исследования явились одновозрастные 12 сортов *Syringa vulgaris* в коллекции Ботанического сада (табл. 2).

Корректировка сортов проведена на основе публикаций каталога – справочника Рубцова Л.И. с сотр. [8]. Определены высота, площадь и объем кроны каждого сорта сирени. Для анализа взято по 40 шт. вегетативных побегов у каждого сорта сирени, у которых измеряли общую длину побега, диаметр основания побега с мая по сентябрь. В течение вегетационного периода производились замеры выбранных характеристик с мая по сентябрь. Измерения проводили с интервалом 7 дней, в зависимости от погодных условий. После прекращения роста проведено два контрольных замера прироста длины побега. Все количественные данные статистически обработаны и представлены в виде средних значений и отклонений от средних. Анализ полученных результатов проводили с применением пакетов Excel. Полученные результаты приведены в графиках и таблицах.

Результаты исследования и их обсуждение

В коллекции Ботанического сада в настоящее время произрастают сорта *Syringa vulgaris* L.: «Богдан Хмельницкий», «Гизо», «Жан Барт», «Жанна Д'Арк», «Людвиг Шпэт», «Мадам Лемуан», «Надежда», «Президент Лубе», «Свитязанка», «Хелен Хессен», «Хорошее настроение», «Юбилейная», «Ян Ван Тол» [9; 10]. Они расположены в открытой части Ботанического сада в сирингарии, образцы получены из Минского ботанического сада в 1988 г. – 9 сортов, из НИИ садоводства Сибири в 1987 – 4 сорта. В 2017 году коллекция пополнена еще 18 сортами, из них 9 сортов коллекции Л.А. Колесникова: «Красавица Москвы», «Капитан Гастелло», «Леонид Леонов», «Надежда», «Небо Москвы», «Олимпиада Колесникова», «Память о Колесникове», «Сумерки», «Алексей Маресьев».

Таблица 1

Средняя температура и количество осадков за вегетационный период 2020–2021 гг.

Месяц	Средняя температура, °С	Сумма осадков, мм	Количество дней с осадками
	2020/2021 г.		
Апрель	5,3/7	36/28	23/16
Май	14,7/18,5	13/16	13/9
Июнь	15,3/19,4	74/49	11/11
Июль	22,5/19,3	20/85	11/18
Август	16,7/20,3	102/79	19/7
Сентябрь	11,4/8,6	69/19	13/14
Октябрь	4,9/4,8	25/16	14/18

Таблица 2

Описание некоторых сортов сирени обыкновенной

№	Название сорта	Соцветия и лепестки	Листья (форма, край и жилкование)	Размеры растения
1	Небо Москвы	Крупные, стройные. Края лепестков с пурпурным оттенком	Сердцевидные. Цельнокрайние. Жилкование перистое	Цветёт обильно, эффектно, кусты невысокие, компактные
2	Алексей Маресьев	Прямостоячие, формируются из 2-3 пар узкопирамидальных метёлок. Узкие длинные лепестки изогнуты пропеллером	Ланцетные. Цельнокрайние. Жилкование перистое	Цветение обильное, в средние сроки. Кусты раскидистые, средней высоты
3	Леонид Леонов	Соцветия из 1–3 пар пирамидальных метёлок длиной 10–20 см. Лепестки узкие, удлинённокруглые, 2.5–2.7 см длиной, из 2-3 пар метелок, с округлыми верхушками	Дельтовидные. Цельнокрайние. Жилкование дуговидное	Отличается ещё и обильным, продолжительным ежегодным цветением, в средние сроки
4	Красавица Москвы	Крупные, вертикально расположенные. Соцветия состоят из 1-2 пар крупных пирамидальных, прочных и ажурных метелок (18x9 см)	Овальные. Цельнокрайние. Жилкование перистое	Кусты средней высоты, раскидистые. Цветение ежегодное, продолжительное, в средние сроки
5	Надежда	Крупные, стройные, плотные. Соцветия большие, чаще из 1 пары пирамидальных, плотных, ребристых метелок (20x10 см). Лепестки широкоовальные, верхние узкие и слегка изогнутые	Дельтовидные. Цельнокрайние. Жилкование перистое	Кусты средней высоты, компактные. Цветет в поздние сроки. Сорт очень выразительный, эффектный
6	Sensation	Средней длины, располагаются парами. Соцветия состоят из 1-2 пар узкопирамидальных метелок средней плотности (18x8 см) с выступающими ответвлениями. Лепестки широкие, выпукло-вогнутые	Сердцевидные. Цельнокрайние. Жилкование перистое	Цветет умеренно, в мае-июне. Кусты средней высоты. Раскидистая
7	Защитникам Бреста	Большие ширококонические плотные компактные соцветия на прочных цветоносах (22-25x16 см). Лепестки широкоокруглые, слегка приподнятые и загнутые внутрь	Дельтовидные. Цельнокрайние. Жилкование перистое	Кусты среднерослые, раскидистые
8	Капитан Гастелло	Соцветия состоят из 2-3 метелок	Дельтовидные. Цельнокрайние. Жилкование дуговидное	Кусты раскидистые с тонкими побегами, поникающими под тяжестью соцветий. Цветет в средние сроки
9	f. Аукуболистная	Соцветия крупные. Метелки длиной 25 см. Лепестки овальные	Сердцевидные. Цельнокрайние. Жилкование перистое	Цветёт обильно. Куст средней высоты. Густая крона
10	Память о Колесникове	Крупные, формируются из двух широкопирамидальных, слегка разреженных метёлок, расходящихся под большим углом друг от друга. Лепестки овальные	Ланцетные. Цельнокрайние. Жилкование перистое	Цветёт обильно, продолжительно, в средние сроки. Кусты средней высоты, широкие. Высокодекоративный сорт
11	Сумерки	Соцветия среднего размера, состоят из пары пирамидальных, прочных метёлок. Лепестки широкие, округлые, с заостренными кончиками	Дельтовидные. Цельнокрайние. Жилкование перистое	Кусты раскидистые, средней высоты. Цветет в средние сроки
12	Олимпиада Колесникова	Узкопирамидальные прямостоячие. Соцветия в основном из 1 пары крупных (28x15 см). Лепестки овальные, удлинённые, изогнутые, верхние меньше	Дельтовидные. Цельнокрайние. Жилкование перистое	Кусты более 3 метров высотой. Цветение обильное и продолжительное, в средние сроки. Характерная особенность сорта – тёмноокрашенные однолетние побеги

Таблица 3

Характеристика исследуемых сортов *Syringa vulgaris* L. в Ботаническом саду УрО РАН

№	Название сорта <i>Syringa vulgaris</i>	Высота растения, м	Площадь проекции кроны, м ²	Объем кроны, м ³	Количество побегов, шт.
1	Небо Москвы	1,19	0,97	0,38	32
2	Алексей Маресьев	1,48	0,52	0,26	92
3	Леонид Леонов	1,45	0,34	0,17	53
4	Красавица Москвы	1,60	0,54	0,29	51
5	Надежда	1,25	0,46	0,19	69
6	Сенсация	1,40	0,20	0,10	27
7	Защитникам Бреста	1,66	0,37	0,20	85
8	Капитан Гастелло	1,37	0,23	0,11	24
9	f. Аукуболистная	1,10	0,46	0,17	80
10	Память о Колесникове	1,53	0,41	0,21	62
11	Сумерки	1,18	0,14	0,05	34
12	Олимпиада Колесникова	1,26	0,26	0,11	50

За вегетационный период наблюдений выявлен ряд особенностей в росте и развитии отдельных сортов сирени обыкновенной (табл. 3). Особи представлены в виде «геоактивного» кустарника высотой от 1,10 до 1,66 м с проекциями кроны 0,14-0,97 м² и её объемом от 0,05 до 0,38 м³. Положительная корреляция обнаружена объема с площадью кроны ($r = 0,95, p < 0,05$).

Начало роста и цветения сиреней в условиях достаточной обеспеченности влагой при поливе зависит в основном от температуры воздуха и от генетических особенностей самого сорта. Раскрытие почек сирени обыкновенной начинается в среднем 20 апреля. Начало роста вегетативных побегов у сирени приходится в среднем на 6 мая.

Вегетативные побеги *Syringa vulgaris* формируются из общего массива меристемы (конуса нарастания побега) обладающего единой проводящей системой. Сирени в ботаническом саду зацветают в среднем между 16 мая и 28 июня в зависимости от сорта. Так, самое раннее цветение отмечено у сортов «Защитникам Бреста», «Леонид Леонов», «Алексей Маресьев». Рост вегетативных побегов характеризуется длительным периодом, в среднем 3,5 месяца (112 дней). В конце августа рост полностью останавливается и завершается процесс одревеснения. Наибольший прирост отмечен у трех сортов: «Небо Москвы» – 9,94 см, «Капитан Гастелло» – 9,18 и «Сенсация» – 8,29 (рис. 1).

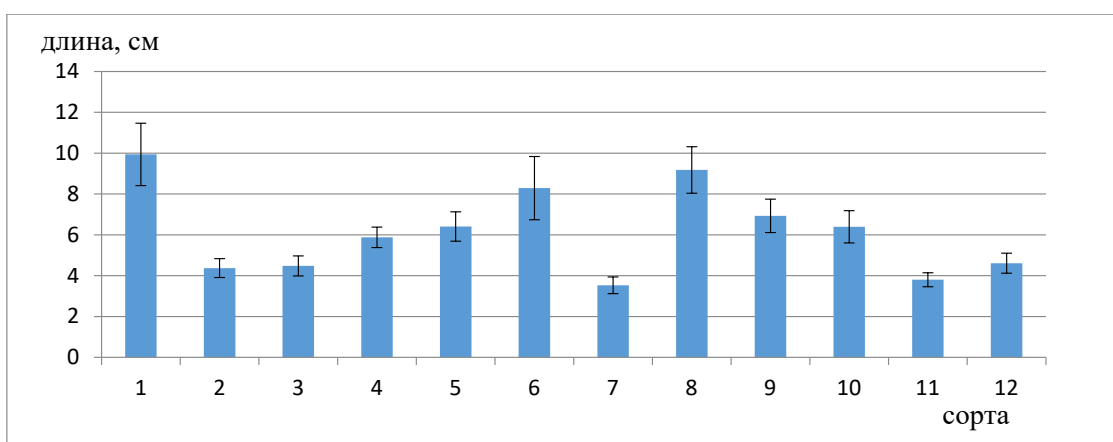


Рис. 1. Сезонный прирост побегов различных сортов *Syringa vulgaris* в коллекции Ботанического сада

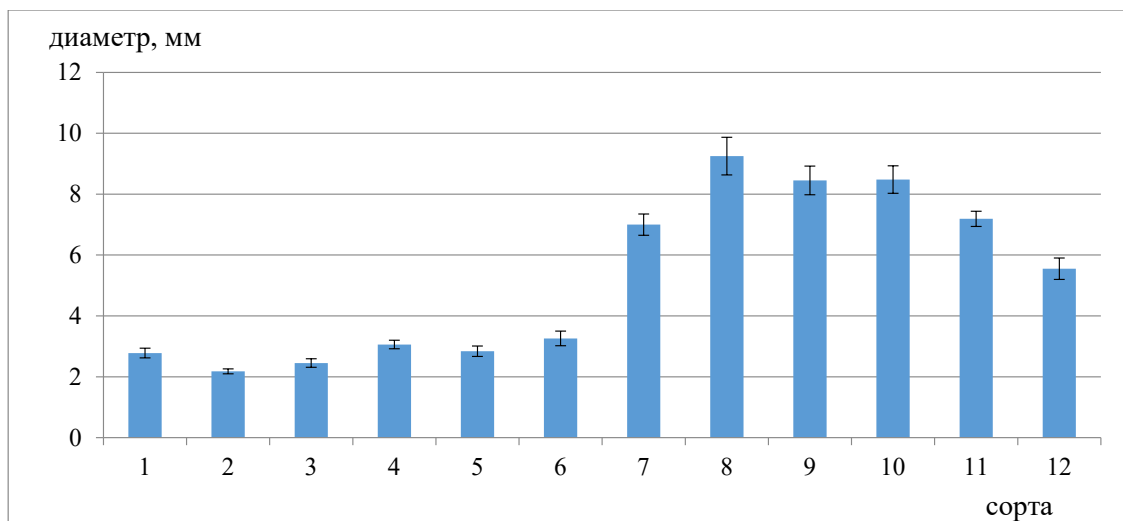


Рис. 2. Диаметр однолетних побегов различных сортов *Syringa vulgaris*

Прирост других сортов колеблется от 5,88 до 6,39 см: «Красавица Москвы» – 5,88, «Надежда» – 6,41, f. Аукуболистная – 6,93 и «Память о Колесникове» – 6,39, все остальные сорта едва достигали 4 см. При корреляционном анализе установлено, что длина побегов зависит от количества побегов у образцов, чем больше побегов, тем они короче ($r = -0,55, p < 0,05$).

Радиальный рост побега обеспечивается за счет деления клеток камбия, который состоит из образовательной ткани. По диаметру однолетних побегов можно выделить 5 «сортов-лидеров» в отметку свыше 7 мм – «Капитан Гастелло» (9,25 мм), f. Аукуболистная (8,45), «Память о Колесникове» (8,18), «Сумерки» (7,19) и «Защитникам Бреста»; в отметку 5,55 мм выявлено у «Олимпиады Колесникова», а остальные сорта имеют меньше 3,26 мм (рис. 2). Практически у всех сиреней начало листопада приходится в среднем на третью декаду октября.

Заключение

В 2021 году у сирени обыкновенной вегетационный период составил 190 дней. Исследуемые сорта сирени мало различаются по высоте растений. Морфологически они отличаются по количеству образовавшихся побегов (от 24 до 92). У сорта «Капитан Гастелло»росло 24 побега и прирост составил 9,18 см при диаметре побегов 9,25. Растение сорта «Память о Колесникове» имело 62 побега и прирост – 6,39 см при диаметре 9,18. Установлено уменьшение прироста

при большем количестве имеющихся побегов. Так, у Аукуболистной сирени – наибольшее количество побегов (80) и прирост 6,93 см, у сорта «Небо Москвы» – 32 побега и наибольший прирост 9,94 см. Изученные сорта по приростам имеют высокую амплитуду изменчивости по сравнению с диаметром побегов.

Наступление начальных и заключительных фаз вегетации сирени обыкновенной в значительной степени зависит от природно-климатических условий конкретного года. При этом роль биологических особенностей сортов вида в начале сезонного развития незначительна, тогда как длительность цветения и продолжительность периода вегетации зависимы от биологических особенностей сорта.

Список литературы / Reference

1. Паленкова Г.А. Биологические особенности и декоративные качества представителей рода Сирень (*Syringa L.*) в условиях Центрально-Черноземного региона России: дис. ...канд. с.-х. наук. Москва, 2019. 287 с.
2. Павленкова Г.А. Biological features and decorative qualities of representatives of the genus Lilac (*Syringa L.*) in the conditions of the Central Chernozem region of Russia: dis. ...kand. s.-kh. nauk. Moskva, 2019. 287 p. (in Russian).
3. Полякова Н.В., Кучерова С.В. Пылеаккумулирующие свойства сирени обыкновенной в городских системах // Урбоэкосистемы: проблемы и перспективы развития. 2008. С. 139-141.
4. Polyakova N.V., Kucherova S.V. Dust accumulating properties of common lilac in urban systems // Urboekosistemy: problemy i perspektivy razvitiya. 2008. P. 139-141 (in Russian).
5. Иванова Н.А. Фитонцидные свойства некоторых деревьев и кустарников, используемых в озеленении г. Нижневартовска // Биологические ресурсы и природопользование. 2001. № 4. С. 76-83.

- Ivanova N.A. Phytoncidal properties of some trees and shrubs used in landscaping of Nizhnevartovsk // *Biologicheskiye resursy i prirodopol'zovaniye*. 2001. No. 4. P. 76-83 (in Russian).
4. Lyubomirova T., Iliev I. *IN VITRO* propagation of *Syringa vulgaris* L. *Forestry Ideas*. 2013. V. 19. № 2 (46). P. 173-185.
5. Лях Е.М. Изучение сортов *Syringa vulgaris* из коллекции центрального сибирского ботанического сада СО РАН // *Растительный мир Азиатской России*. 2015. № 3(19). С. 99-103.
- Lyakh E.M. The study of *Syringa vulgaris* varieties from the collection of the Central Siberian Botanical Garden SB RAS // *Rastitel'nyy mir Aziatskoy Rossii*. 2015. No. 3(19). P. 99-103 (in Russian).
6. Жукова С.Н., Новоселова Л.В. Биология цветения сортов *Syringa vulgaris* L. // *Современные проблемы науки и образования*. 2014. № 6. [Электронный ресурс]. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=16177> (дата обращения: 21.01.2022).
- Zhukova S.N., Novoselova L.V. Biology of flowering varieties *Syringa vulgaris* L. // *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya*. 2014. № No. [Electronic resource]. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=16177> (date of access: 21.01.2022) (in Russian).
7. Архив погоды в Екатеринбурге. [Электронный ресурс]. 2021. URL: <https://rp5.ru/> (дата обращения: 18.12.2021).
- Weather archive in Yekaterinburg. [Electronic resource]. 2021. URL: <https://rp5.ru/> (date of access: 21.01.2022) (in Russian).
8. Рубцов Л.И., Михайлов Н.Л., Жоголева В.Г. Виды и сорта сирени, культивируемые в СССР: каталог-справочник. Киев: Наук.думка, 1980. 128 с.
- Rubtsov L.I., Mikhailov N.L., Zhogoleva V.G. Types and varieties of lilac cultivated in the USSR: directory. Kiev: Nauk. dumka, 1980. 128 p. (in Russian).
9. Тишкина Е.А., Семкина Л.А. Исторические аспекты создания коллекции *Syringa* в Ботаническом саду УрО РАН г. Екатеринбурга // *Syringa* L.: коллекции, выращивание, использование. 2020. С. 143-144.
- Tishkina E.A., Semkina L.A. Historical aspects of the creation of the *Syringa* collection in the Botanical Garden of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences Yekaterinburg // *Syringa* L.: collections, cultivation, use. 2020. P. 143-144 (in Russian).
10. Тишкина Е.А., Кожухина И.А. Сорта сирени обыкновенной (*Syringa* L., Oleaceae), культивируемые в Ботаническом саду УрО РАН // *Леса России и хозяйство в них*. 2021. № 4 (79). С. 75-85.
- Tishkina E.A., Kozhukhina I.A. Varieties of common lilac (*Syringa* L., Oleaceae) cultivated in the Botanical Garden of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences // *Lesa Rossii i khozyaystvo v nikh*. 2021. No. 4 (79). P. 75-85 (in Russian).

УДК 630*450:632.4

ФИТОСАНИТАРНОЕ СОСТОЯНИЕ ЛЕСОВ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ**Чжан С.А., Пузанова О.А., Евдокимов Р.Н.***ФГБОУ ВО «Братский государственный университет», Братск, e-mail: schzan@rambler.ru*

Ежегодно леса Иркутской области испытывают большой комплекс воздействия неблагоприятных факторов абиотического и биотического характера. Эти факторы оказывают разрушающее влияние, вызывают ослабление деревьев и увеличение текущего отпада. Длительность их процессов сказывается на устойчивости и продуктивности лесов и в целом приводит к их деградации. Авторами проведен полный анализ состояния лесного фонда и лесозащитного районирования Иркутской области. Изучено влияние основных причин повреждений и гибели леса на биологическую устойчивость и оценку роста и формирования лесных насаждений, погибших в результате горимости и патологических изменений в их состоянии. Сделан прогноз ухудшения санитарного состояния по следующим причинам: захламленность лесов, влекущая риск возникновения лесных пожаров и очагов повреждений насекомыми-вредителями; снижение экологической устойчивости насаждения быстрое, по сравнению с другими территориями; истощение его биологического разнообразия. Проблема ухудшения формирования и развития лесных экосистем с каждым годом усиливается, и леса Иркутской области не исключение. В Иркутской области лесопатологические обследования осуществляются в основном наземным способом. Оценка санитарного состояния лесов была проведена в рамках мониторинга лесов. В статье приведены данные анализа патологических изменений в росте и развитии древостоев. Цель работы – фитосанитарная оценка насаждений в лесничествах данной области, на основе которой предложены мероприятия по повышению устойчивости лесов и защите их от болезней леса.

Ключевые слова: фитосанитарное состояние, древостой, болезни леса, защита леса, устойчивость лесов**PHYTOSANITARY CONDITION OF FORESTS OF IRKUTSK REGION****Chzhan S.A., Puzanova O.A., Evdokimov R.N.***FGBOU VO "Bratsk State University", Bratsk, e-mail: schzan@rambler.ru*

Every year, the forests of the Irkutsk region experience a large complex of adverse abiotic and biotic factors. These factors have destructive processes, cause the weakening of trees and an increase in the current mortality. Their long-term impact affects the stability and productivity of forests and, in general, leads to their degradation. The authors carried out a complete analysis of the state of the forest fund and forest protection zoning of the Irkutsk region. The influence of the main causes of forest damage and death on biological stability and assessment of the growth and formation of forest communities for the period from 2017 to 2019 was studied. The statistical data of changes in the area of plantations that died as a result of fire and pathological changes in their condition are analyzed. A forecast has been made for the deterioration of the sanitary condition for the following reasons: cluttered forests, which entails the risk of forest fires and foci of damage by pests; the decrease in the ecological sustainability of the plantation is rapid compared to other areas; depletion of its biological diversity. The problem of deterioration in the formation and development of forest ecosystems is increasing every year and the forest of the Irkutsk region is no exception. In the Irkutsk region, forest pathological surveys are carried out mainly by ground methods. An assessment of the sanitary condition of forests was carried out as part of forest monitoring. This article presents data from the analysis of pathological changes in the growth and development of forest stands. The purpose of the work is a phytosanitary assessment of plantings in the forest areas of this region, on the basis of which measures are proposed to increase the sustainability of forests and protect them from forest diseases.

Keywords: phytosanitary status, forest stands, forest diseases, forest protection, forest sustainability

Оценка санитарного состояния лесных экосистем сводится к проведению мероприятий, связанных с нарушением их роста и развития, и выделяет показатели по повышению продуктивности лесов [1]. Происходящие в последние годы изменения климата и увеличение воздействия на насаждения рубок оставляют актуальным вопрос патологических изменений в их состоянии.

Лесные массивы области составляют большую часть всей территории (92%). Лесопокрытая площадь занимает 82,6% и составляет 69,4 млн га. На данной лесной площади общий запас древесины насчитывает 8,8 млрд м³, в том числе хвойных формаций – 7,5 млрд м³. Ежегодно происходит снижение

устойчивости насаждений в зависимости от различных факторов ослабления [2].

Лесные земли составляют 85,7% территории области. По отношению к общей площади земель лесного фонда они занимают 93,3%, и оставшиеся 6,7% земель не предназначены или не пригодны для выращивания древостоев.

Основными факторами, оказывающими угнетающее воздействие на состояние насаждений в Иркутской области за последние 10 лет, выступают пожары, болезни и вредители леса [3].

Цель исследования – оценка фитосанитарного состояния лесных насаждений Иркутской области.

В ходе исследования были решены следующие задачи [4].

1. Проведен анализ лесопатологического мониторинга лесов.

2. Выявлены основные причины повреждения и ослабления хвойных пород.

3. Разработан комплекс мероприятий по повышению устойчивости лесов и защите их от болезней.

Материал и методы исследования

При назначении санитарно-оздоровительных мероприятий леса, подвергшиеся очагам болезней, подлежат ежегодному обследованию для предотвращения дальнейшего распространения болезней и появления очагов [5].

Объекты исследования – лесные массивы лесничеств Иркутской области.

При оценке санитарного состояния число насаждений с признаками поражения болезнями дается в процентах от общего числа деревьев с подразделением на сухостойные и на поврежденные. Наличие болезней определяется по характерным внешним признакам поражения деревьев и насаждений (плодовые тела грибов, раковые и другие раны, окна усыхания и т.п.) [6].

За основу брались результаты лесопатологического мониторинга лесов, на отдельных участках исследуемой территории закладывались пробные площадки, на которых производился учет древостоев по общеизвестным методикам [4; 7; 8], по категориям состояния на основе «Шкалы категорий состояния деревьев». Категории состояния деревьев определяют по внешним признакам: густоте кроны и цвету хвои (листьев), размеру текущего прироста побегов, наличию сухих ветвей, состоянию коры и т.п. Выделяют шесть категорий состояния, характеристики которых приведены в таблицах «Руководства по проведению санитарно-оздоровительных мероприятий» и «Правил санитарной безопасности в лесах РФ» [6; 8], а также использованы данные лесопатологической таксации [9]. Обработку полученных результатов проводили математическими методами, базируясь на корреляционной и регрессионной оценке [4].

Результаты исследований и их обсуждение

Лесозащитные мероприятия способствуют сохранению биологической устойчивости насаждений, предупреждению развития патологических изменений в росте древесной растительности и снижению ущерба от вредителей и болезней.

Санитарное изучение лесов проводится для планирования и обоснования мероприятий по защите лесов [4] и включает:

- обследование текущего санитарного (степень захламленности, усыхания, загрязнения) и лесопатологического (степень повреждения, поражения вредными организмами) состояния лесов;

- определение границ повреждений леса;

- выявление признаков повреждения на начальных стадиях развития [6].

За последние годы второй причиной ослабления и угнетения в росте и развитии древостоев в Иркутской области являются болезни леса. Первой причиной повреждения лесов не только этой области, а в целом всей страны являются лесные пожары. Насаждения, испытывающие отклонения в развитии, имеют большое количество гнилей древесины. Возможно, это и явилось причиной того, что к наиболее вредоносным среди болезней, оказывающих воздействие на ослабление и гибель насаждений, отнесены комлевые и стволовые гнили, вызываемые различными видами трутовых грибов [10; 11]. Стволовые и комлевые гнили являются серьезным фактором, влияющим на сохранность и продуктивность насаждений, хотя они редко приводят к массовой гибели древостоев, только к частичному ослаблению [12].

Для более полной картины исследования лесных площадей Иркутская область была поделена на зоны: 1-я зона – южная часть; 2-я зона – центральная часть; 3-я зона – северная часть [7].

В таблице 1 представлены по зонированию списки лесничеств области.

Таблица 1

Распределение лесничеств Иркутской области по зонам

Зоны	Лесничества
1	Тайшетское, Нижнеудинское, Тулунское, Зиминское, Заларинское, Черемховское, Аларское, Шелеховское, Слодянское
2	Бирюсинское, Тайшетское, Нижнеудинское, Тулунское, Чунское, Братское, Падунское, Нижнеилимское, Усть-Удинское, Балаганское, Жигаловское, Качугское, Куйтунское, Усольское, Ольхонское, Иркутское, Ангарское, Голоустненское, Нукутское, Осинское, Кировское, Усть-Ордынское, Баяндаевское
3	Катангское, Киренское, Мамское, Бодайбинское, Илимское, Северное, Усть-Кутское, Казачинско-Ленское

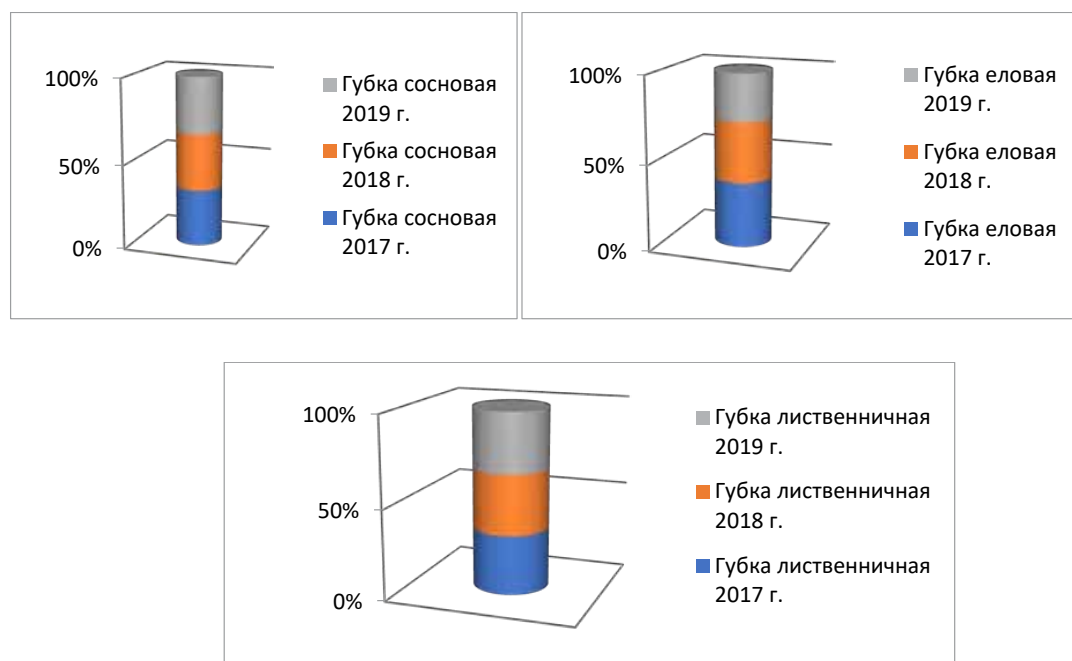


Рис. 1. Процентное соотношение площадей, пораженных сосновой, еловой и лиственничной губкой за 3 года (1 зона)

На рисунке 1 представлен анализ состояния лесов по болезням леса в 1-й зоне. Из рисунка видно, что много площадей затронуты гнилевыми болезнями. Они вызываются дереворазрушающими грибами:

- сосновая губка (*Phellinus pini* Thore ex Fr Pil.) (рис. 1) вызывает пеструю ядровую гниль стволов у живых деревьев сосны [10];

- еловая губка (*Phellinus pini* Pil. var. *abietis* Karst.) (рис. 1) вызывает пеструю ядровую гниль стволов и ветвей у деревьев ели не моложе 40 лет (в нашем случае средний возраст – 62 года);

- лиственничная губка (*Fomitopsis officinalis* Will. Bond et Sing.) (рис. 1) вызывает красно-бурую ядровую гниль лиственницы [10].

На исследуемых площадях были выявлены древесной с наличием некрозно-раковых болезней. Данные виды болезней характеризуются быстрым отклонением в развитии, а гибель древесных растений наступает через несколько лет после повреждения. Иногда гибель наступает через несколько недель [10]. В зависимости от диаметров стволов и ветвей, а также от скорости распространения грибницы возбудителей отмирание тканей дерева происходит по окружности или отдельными участками. В соответствии с этим различают круговые и локальные некрозы [10].

В нашем случае в данной зоне преобладают локальные некрозы, что выражается в образовании отмерших участков овальной формы. В отмершей коре развиваются спороношения грибов, имеющие вид различно окрашенных бугорков.

На небольших территориях встречается смоляной рак (серянка) сосны. Возбудителями болезни являются два вида ржавчинных грибов: разнохозяйный ржавчинник *Cronartium flaccidum* и ржавчинный гриб с неполным циклом развития *Peridermium pini* [10]. Данная болезнь сопровождается изменением структуры коры, кора в местах поражения шелушится и опадает, вытекающая смола застывает в виде серовато-желтых желваков или подтеков. Вследствие усиленного притока питательных веществ в непораженную часть ствола ширина годичных колец значительно увеличивается, что приводит к деформации ствола, выражающейся в резкой эксцентричности [10].

При изучении состояния используют комплекс показателей, характеризующих компоненты экосистем, в том числе биоиндикационные. Критерии оценки дерева, свидетельствующие о его реакции на загрязнение и происходящие регенерационные процессы – это ажурность кроны, усыхание элементов кроны – побегов, ветвей второго порядка и скелетных ветвей, обра-

зование на стволах и у их основания регенерационных побегов [12].

На учтенных площадях повреждений рассчитывалась средняя величина категорий состояния деревьев в древостое (K_c).

В первой зоне $K_c=1,85$, это означает, что насаждения имеют признаки ослабления (по шкале ослабленные насаждения – $1.5 < K_c < 2.5$).

Анализ состояния лесов по болезням в зоне 2 представлен на рисунке 2.

Из рисунка 2 наглядно прослеживается уменьшение площадей по воздействию еловой и сосновой губки. По лиственничной губке в 2018 году произошло резкое снижение, а в 2019 произошло опять рез-

кое увеличение, это объясняется тем, что в данной зоне очень часто происходят ветровалы.

Во второй зоне $K_c=2,3$, это означает, что насаждения имеют признаки ослабления (по шкале ослабленные насаждения – $1.5 < K_c < 2.5$).

Анализ состояния лесов по болезням в зоне 3 представлен на рисунке 3.

В третьей зоне $K_c=1,78$, это означает, что насаждения имеют признаки ослабления (по шкале ослабленные насаждения – $1.5 < K_c < 2.5$).

Общие площади повреждения в динамике в целом по области основных типов болезней леса сведены в таблицу 2.

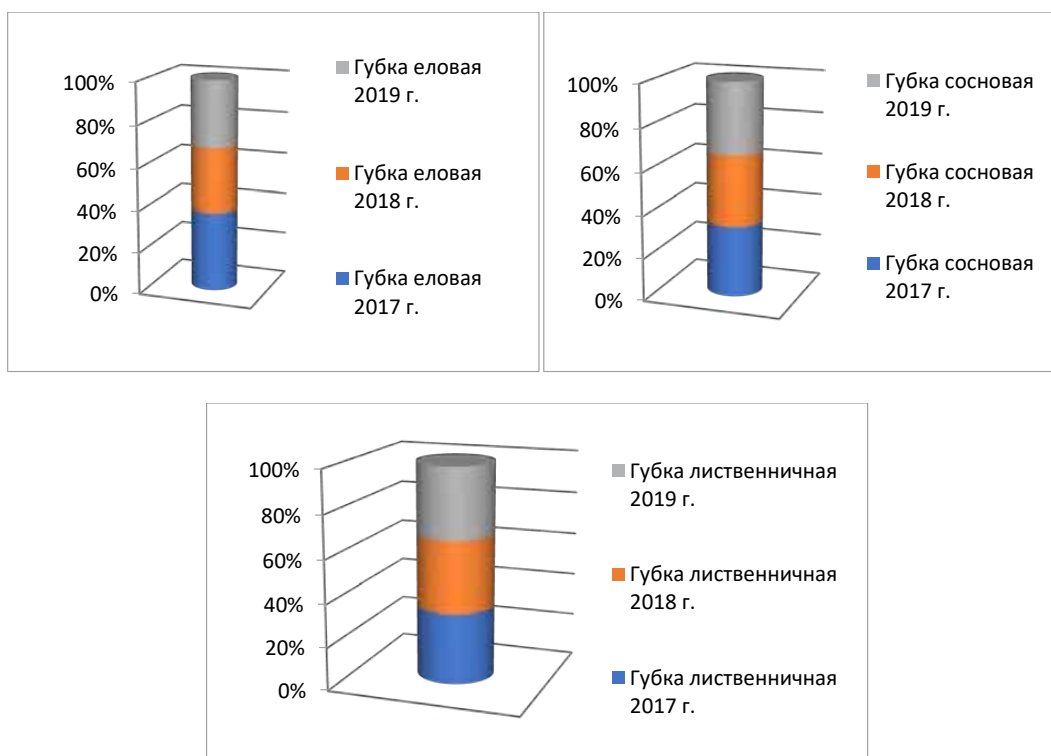


Рис. 2. Процентное соотношение площадей, пораженных еловой, сосновой и лиственничной губкой за 3 года

Таблица 2

Типы болезней леса Иркутской области

Причина ослабления	Площадь повреждения, по годам (га)		
	2017	2018	2019
Повреждение бактериальными заболеваниями	15 932	28 476,2	28 102,9
Повреждение некрозно-раковыми заболеваниями стволов	5 020	4 685,7	4 685,4
Повреждение губкой сосновой	22 938	23 010	22 958,3

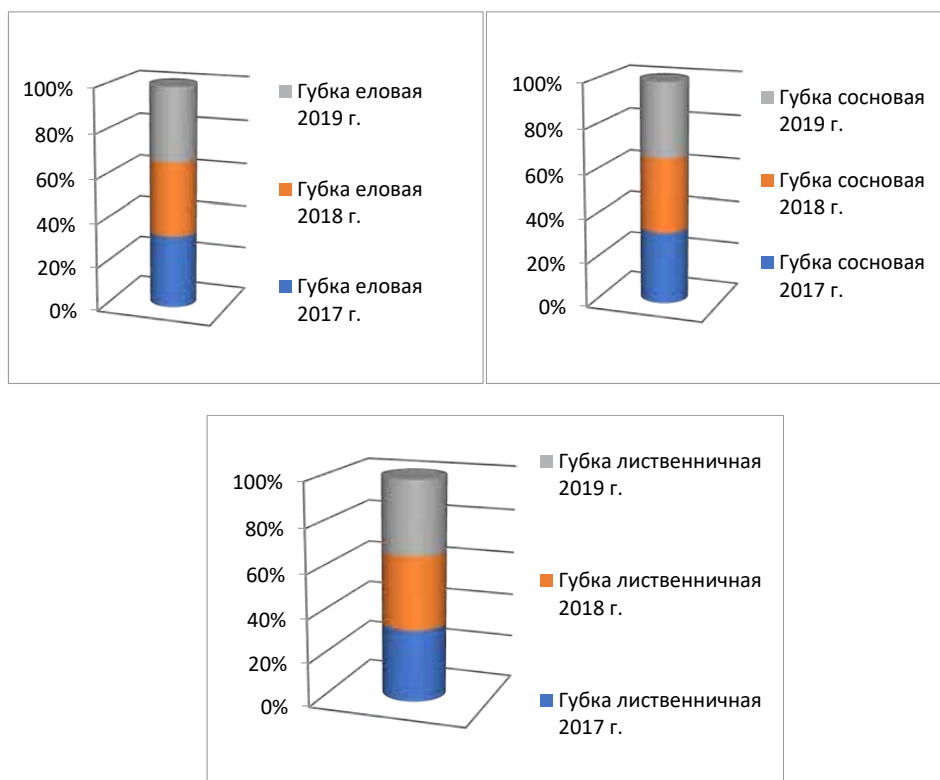


Рис. 3. Процентное соотношение площадей, пораженных еловой, сосновой и лиственничной губкой за 3 года

Исходя из вышесказанного, считаем, что на ослабление и потерю продуктивности древостоев хвойной формации оказывает влияние такой фактор, как болезни леса: в 2017 году они достигли 18,8%, а в 2019 году произошло существенное снижение доли данного фактора до 6,3%.

Санитарные рубки направлены на борьбу с последствиями болезней и поврежденных древостоев и не направлены на их предупреждение [1]. Поэтому в сложившейся ситуации они являются неэффективными. В лесничествах области санитарно-оздоровительные мероприятия проведены в небольшом объеме (2-4%), и поэтому происходит дальнейшее увеличение очагов повреждений.

Для каждой древесной породы необходимо предусмотреть дифференцированный подход и планировать профилактические мероприятия.

Выводы

По полученным данным можно сделать следующие выводы.

1. Территория Иркутской области разделена на три зоны лесопатологической угрозы: сильная, средняя и слабая.

2. С 2017 года на территории области происходит ежегодное увеличение площадей поврежденных насаждений (почти в 5 раз, что составило около 13 тыс. га). На долю болезней леса приходится 26%. Их увеличению способствовали лесные пожары (16,9%), сильная засуха (2,5%) и обусловленный ею рост очагов короеда-типографа (9,7%).

3. Повышение устойчивости, продуктивности, природоохранных, санитарно-гигиенических и оздоровительных свойств лесов Иркутской области достигается системой лесохозяйственных мер, обеспечивающих выращивание и воспроизводство насаждений по функциональному назначению. Своевременное принятие этих мер способствует обеспечению эффективно-го лесопользования.

Список литературы / Reference

1. Малахова Е.Г., Лямцев Н.И. Распространение и структура очагов усыхания еловых лесов Московской области в 2010-2012 годах // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2014. № 207. С. 193-201.

Malakhova E.G., Lyamtsev N.I. Distribution and structure of foci of drying of spruce forests of the Moscow region in 2010-2012 // Izvestiya Sankt-Peterburgskoy lesotekhnicheskoy akademii. 2014. № 207. P. 193-201 (in Russian).

2. Постановление Правительства Иркутской области от 24.10.2013 № 444-пп «Об утверждении государственной программы Иркутской области «Охрана окружающей среды» на 2014 – 2018 годы». [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/34798759/> (дата обращения: 18.01.2022).
- Decree of the Government of the Irkutsk Region of October 24, 2013 No. 444-pp "On Approval of the State Program of the Irkutsk Region "Environmental Protection" for 2014-2018". [Electronic resource]. URL: <https://base.garant.ru/34798759/> (date of access: 01/18/2022). (in Russian).
3. Чжан С.А., Пузанова О.А. Некоторые проблемы незаконных рубок леса // Системы. Методы. Технологии. 2019. № 4 (44). С. 125-128.
- Zhang S.A., Puzanova O.A. Some problems of illegal logging // Sistemy. Metody. Tekhnologii. 2019. № 4 (44). P. 125-128.
4. Чжан С.А., Пузанова О.А. Некоторые современные подходы к изучению состояния зеленых насаждений // Успехи современного естествознания. 2019. № 3. С. 34-39.
- Zhang S.A., Puzanova O.A. Some modern approaches to the study of the state of green spaces // Uspekhi sovremennoy yestestvoznaniya. 2019. № 3. P. 34-39. (in Russian).
5. Горбунов И.В. Лесопатологическая ситуация в лесных насаждениях Забайкальского края // Вестник КраСГАУ. 2017. № 10 (133). С. 130-135.
- Gorbunov I.V. Forest pathological situation in forest plantations of the Trans-Baikal Territory // Vestnik KraSGAU. 2017. № 10 (133). P. 130-135. (in Russian).
6. Руководство по проведению санитарно-оздоровительных мероприятий (приложение 1 к приказу к приказу Рослесхоза от 15 мая 2015 года N 159). М., 2015. 32 с.
- The management on carrying out sanitary and improving actions (Appendix 1 to the order to the order of Rosleskhoz of may 15, 2015 N 159). M., 2015. 32 p. (in Russian).
7. Анучин Н.П. Лесная таксация. 6-е изд. М.: ВНИИЛМ, 2004. 552 с.
- Anuchin N. P. Forest inventory. 6-e Izd. M.: VNIILM, 2004. 552 p. (in Russian).
8. Правила санитарной безопасности в лесах Российской Федерации (от 20 мая 2017 г. N 607). М., 2017. 14 с.
- Rules of sanitary safety in the woods of the Russian Federation (of may 20, 2017 N 607). M., 2017. 14 p. (in Russian).
9. Чжан С.А., Пузанова О.А. Санитарное и лесопатологическое состояние лесов в Иркутской области // Системы. Методы. Технологии. 2016. № 2 (30). С. 174-178.
- Zhang S.A., Puzanova O.A. Sanitary and forest pathology of forests in the Irkutsk region // Sistemy. Metody. Tekhnologii. 2016. № 2 (30). P. 174-178 (in Russian).
10. Чураков Б.П., Чураков Д.Б. Лесная фитопатология: учебник. 2-е изд., испр. и доп. СПб.: Лань, 2012. 448 с.
- Churakov B.P., Churakov D.B. Forest phytopathology: textbook 2nd ed., Rev. and add. SPb.: Lan, 2012. 448 p. (in Russian).
11. Володькина Г.Н., Володькин А.А. Лесопатологический мониторинг лесных насаждений Пензенской области // Сурский вестник. 2019. № 2 (6). С. 23-27.
- Volodkina G.N., Volodkin A.A. Forest pathology monitoring of forest plantations of the Penza region // Surskiy vestnik. 2019. № 2 (6). P. 23-27 (in Russian).
12. Мозолевская Е.Г., Голубев А.В., Шарпа Т.В., Денисова Н.Б. Методы оценки состояния насаждений и негативной роли вредителей и болезней // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. 2013. № 3. С. 52-58.
- Mozolevskaya E.G., Golubev A.V., Sharapa T.V., Denisova N.B. Methods for assessing the state of plantations and the negative role of pests and diseases // Vestnik MGUL – Lesnoy vestnik. 2013. № 3. P. 52-58 (in Russian).

СТАТЬИ

УДК 553.982:550

**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ
МЕТОДА ТЕРМОЩЕЛОЧНОГО ЗАВОДНЕНИЯ****Боровская Л.В., Шершнева В.А.***Кубанский государственный технологический университет, Краснодар,
e-mail: borovskya@yandex.ru*

В современной нефтедобывающей промышленности остро встает вопрос об увеличении нефтеотдачи – коэффициента извлечения нефти из пласта, для чего ищутся возможности применения новых методов и усовершенствования старых. Активно изучается также возможность комбинирования методов извлечения. Авторами рассмотрены основные технологические и физические факторы, влияющие на величину коэффициента извлечения нефти из пласта, проведен анализ существующих ходовых методов и возможности комбинированного подхода к решению проблемы. В частности, представлен анализ метода щелочного заводнения, который основан на комбинированном химическом и тепловом методах воздействия на пласт. Рассмотрены особенности физико-химического взаимодействия щелочных реагентов с пластовой нефтью, представлен анализ метода щелочного заводнения, также рассмотрены особенности взаимодействия щелочных реагентов с пластовой нефтью в зависимости от различных тепловых режимов процесса извлечения, проведен анализ глубины извлечения. На примере лабораторных исследований конкретного месторождения построена зависимость нефтеотдачи от химического состава воды при различных температурах. Показано, что при подборе оптимальных условий работы реагентов при данной температуре можно добиться качественного извлечения из пласта нефти, которая не может добываться традиционными способами. В государственных программах Российской Федерации в сфере воспроизводства углеводородного сырья уделяется большое внимание применению методов увеличения нефтеотдачи пластов, которые могут повысить коэффициент извлечения нефти на уже разработанных месторождениях и вовлечь в разработку трудноизвлекаемые запасы. Всё это связано с планом по проведению мероприятий по импортозамещению в отрасли нефтегазового дела, рассмотренный в этой статье метод входит в список мероприятий по повышению добычи.

Ключевые слова: нефтеотдача, коэффициент, извлечение, нефть, физико-химический, метод, щелочное, заводнение, температура, зависимость, анализ

**THE PHYSICO-CHEMICAL BASIS
OF THE THERMAL-ALKALI WATERFLOODING METHOD****Borovskaya L.V., Shershneva V.A.***Kuban State Technological University, Krasnodar, e-mail: borovskya@yandex.ru*

In today's oil industry, there is an urgent need to increase oil recovery – the rate of oil recovery from a reservoir – by seeking new methods and improving old ones. The possibility of combining extraction methods is also actively studied. Authors have considered basic technological and physical factors influencing the value of oil recovery factor, analyzed existing standard methods and possibility of combined approach to the problem. Also, analysis of the alkaline waterflooding method based on the combined chemical-thermal method of reservoir stimulation the features of the physicochemical interaction of alkaline reagents are presented. Features of physical and chemical interaction of alkaline reagents with formation oil are considered, the analysis of alkaline flooding method is presented, also the features of interaction of alkaline reagents with formation oil depending on various thermal regimes of extraction process are considered, the depth of extraction is analyzed. By the example of laboratory research in a particular field the dependence of oil recovery on the chemical composition of water at different temperatures is plotted. It is shown that selecting optimum conditions for reagents at the given temperature one can achieve quality oil recovery from the reservoir which cannot be recovered by conventional methods. In the state programs of the Russian Federation in the sphere of hydrocarbon raw material reproduction much attention is paid to application of methods of enhanced oil recovery, which can increase oil recovery factor at the already developed fields and involve hard-to-recover reserves in development. All this is related to the plan to carry out import substitution measures in the oil and gas industry, and the method discussed in this article is included in the list of production enhancement measures.

Keywords: oil recovery, coefficient, recovery, oil, physicochemical, method, alkaline, waterflooding, temperature, dependence, analysis

В реальное время крупные нефтяные фирмы разрабатывают месторождения агрессивными методами – это приводит к снижению объема добычи из-за внушительного количества остаточной нефти. Это явление связано с финансовой частью в нефтедобывающей отрасли, но прогрессивное состояние сырье-

вой базы Российской Федерации вынуждает подумать о внедрении свежих способов извлечения нефти. В нашей статье предложено решение этой проблемы с учётом экономической и экологической составляющих.

Разработка новых методов, позволяющих извлекать остаточные запасы нефти

там, где это уже невозможно сделать обычным способом, весьма актуальна в настоящее время, и в нефтедобывающей промышленности остро встает вопрос об увеличении нефтеотдачи – коэффициента извлечения нефти (КИН) пласта, путем применения новых методов либо усовершенствования старых. В нашей работе представлен анализ комплексного физико-химического процесса взаимодействия щелочных реагентов с пластовой нефтью.

Нефтеотдача – коэффициент извлечения нефти (КИН) – это отношение объема добытой из пласта нефти к первоначальным её запасам в пласте (до разработки).

Рассмотренная величина зависит от многочисленных факторов и варьируется от 0,09 до 0,75 (9-75%). Вычисление коэффициента извлечения нефти производят по формуле:

$$\eta = V_{\text{нефти добытой}} / V_{\text{нефти балансовой}}, \quad (1)$$

где $V_{\text{нефти добытой}}$ – объем добываемой нефти из пласта;

$V_{\text{нефти балансовой}}$ – объем первоначальной (балансовой) нефти в пласте.

Анализируя многолетний опыт нефтедобычи, можно отметить, что основными причинами, влияющими на КИН, являются следующие:

1. Геолого-физический и технологический факторы. Они определяются минеральным составом, структурным фактором, текстурой осадочного слоя, маг-

матическим, метаморфическим составом породы и неоднородностью продуктивного горизонта.

2. Физические факторы – это реологические свойства (вязкость) нефти и воды.

3. Способ интенсификации добываемой нефти.

При разработке нефтяных и газонефтяных залежей с использованием заводнения и иных способов влияния на пласт учитывается единственный расклад к обеспечиванию конечного КИН [1].

Материалы и методы исследования

Увеличение нефтеотдачи – это совокупность задач, которые ориентированы на совершенствование физико-химических свойств нефтяного коллектора (рис. 1). Есть несколько методов для улучшения показателей – к самым известным можно отнести: гидродинамический, физико-химический, тепловой и микробиологический. В настоящее время активно изучается комбинированный метод воздействия на пласт, потому что производится быстрый анализ нефти и подбор нужных реагентов и температуры для качественного извлечения нефти из пласта.

Последующее физико-химическое воздействие в добывающих скважинах усиливает эффект технологий нефтеотдачи на блоке залежи, позволяя достичь лучших результатов по извлечению остаточных углеводородов, тем самым снизить потери [2].

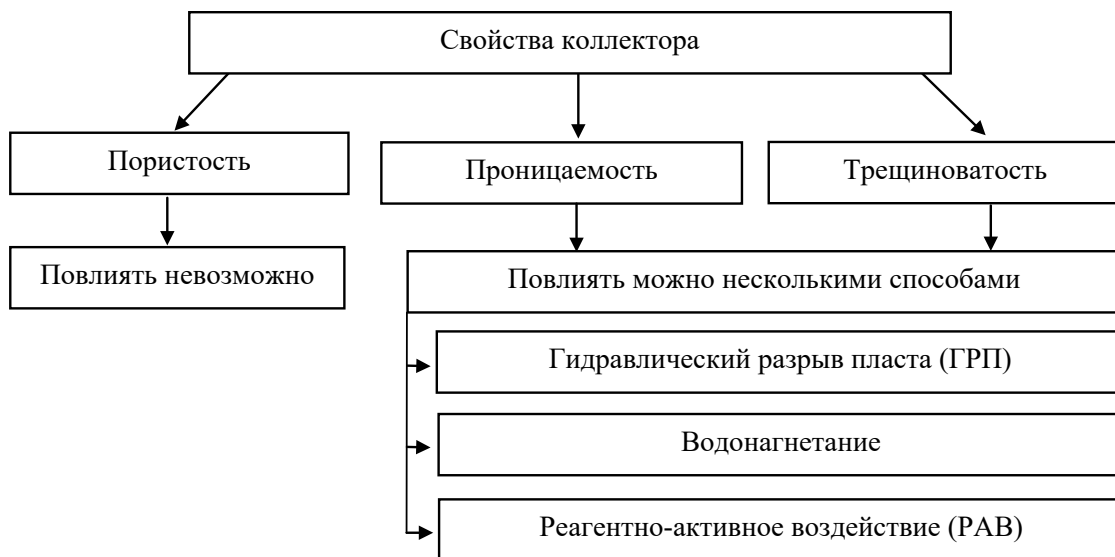


Рис. 1. Свойства коллектора и технологии повышения нефтеотдачи

В реальное время извлечение нефти из нефтеносных пластов считается неудовлетворительным, притом что потребление нефти с каждым годом растет – первое место по добыче занимают страны СНГ и Россия, что составляет почти половину от всей добываемой нефти. Второе место занимают США и Саудовская Аравия. Эти страны добывают 30% нефти в мире. Третье место занимают страны Юго-Восточной Азии и Латинской Америки, добывающие меньше 30% от всей добываемой нефти в мире.

Из приведенных выше примеров стран делаем вывод, что остаточная, или не извлекаемая промышленно освоенными методами нефть составляет 55-75% от первоначальных геологических запасов. Постепенно легкой нефти становится все меньше, что приводит к повторному возвращению к старым пластам, только уже с использованием физико-химических методов извлечения.

Сейчас актуальна разработка новых методов, позволяющих извлекать остаточные запасы нефти там, где это невозможно делать обычным способом, поэтому наступает эра новых рабочих агентов [3].

Метод щелочного заводнения основан на взаимодействии щелочи с пластовой

нефтью и породой. В состав пластовой нефти входят органические кислоты. Известно, что высокомолекулярные жирные кислоты при взаимодействии с щелочью образуют поверхностно-активные вещества, которые значительно снижают поверхностное натяжение на границе раздела фаз в силу дифильности строения своих молекул, тем самым увеличивая гидрофильность системы и, как следствие, усиление смачиваемости породы водой.

В ходе анализа лабораторных данных был подведен итог, что уровень межфазного натяжения растет с наращиванием числа органических кислот в нефти (рис. 3). Высокая эффективность применения щелочных растворов для вытеснения нефти возрастает при сочетании с тепловым воздействием – об этом свидетельствуют результаты лабораторных исследований, проведенных на образцах Ярегского месторождения (где вязкая нефть преобладает) [4].

Результаты исследования и их обсуждение

Анализ полученных данных из лаборатории показал, что уровень понижения межфазного натяжения растет с наращиванием числа органических кислот в нефти.

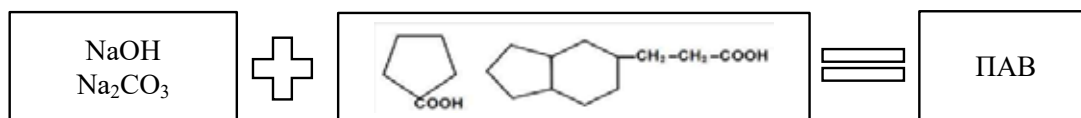


Рис. 2. Процесс получения поверхностно-активного вещества (ПАВ)

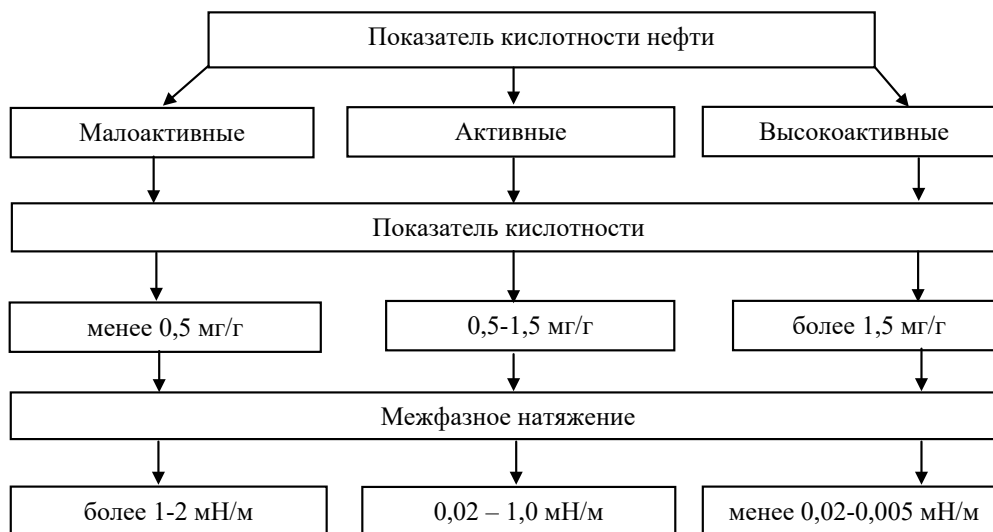


Рис. 3. Активные свойства нефти по показателю кислотности

На рисунке 3 видно, что для увеличения вытеснения воды достаточно снизить поверхностное натяжение до 0,01-0,05 мН/м. Одной из наиболее необходимых составляющих в процессе термощелочного заводнения является конфигурация смачиваемости породы щелочным веществом, путём наращивания адсорбции органических кислот на плоскости породы из нефти. Применение раствора щелочи приводит к сокращению контактного угла породы со смачиваемой водой, вследствие чего происходит гидрофилизация пористой среды, что наращивает эффективность вытеснения нефти [5].

Опыт № 1. Корреляция между химическими растворами и нефтяным пластом при температуре 70 °С

Параметры задаваемых условий для исследуемых растворов при установлении корреляции приведены в таблице 1.

Приведенная на рисунках 4 и 5 взаимозависимость коэффициента капиллярного

вытеснения нефти от химической структуры вытесняющей воды при температуре 70-90 °С позволяет сделать вывод, что при температуре 70 °С самым эффективным для применения в качестве вытесняющей среды является раствор дисольвана, а при 90 °С – щелочной раствор карбоната натрия и силиката натрия, которые способствуют гидрофилизации поверхности пород (табл. 1 и рис. 3) [6].

Также при использовании щелочных растворов при заводнении необходимо учитывать совместимость пластовых вод с нагнетаемым в пласт раствором реагента. Если в ходе проведения исследований обнаружена несовместимость, то реагент меняют на другой.

Опыт № 2. Корреляция между химическими раствором карбоната натрия и нефтяным пластом при температуре 90 °С

Параметры задаваемых условий для исследуемых растворов при установлении корреляции приведены в таблице 2.

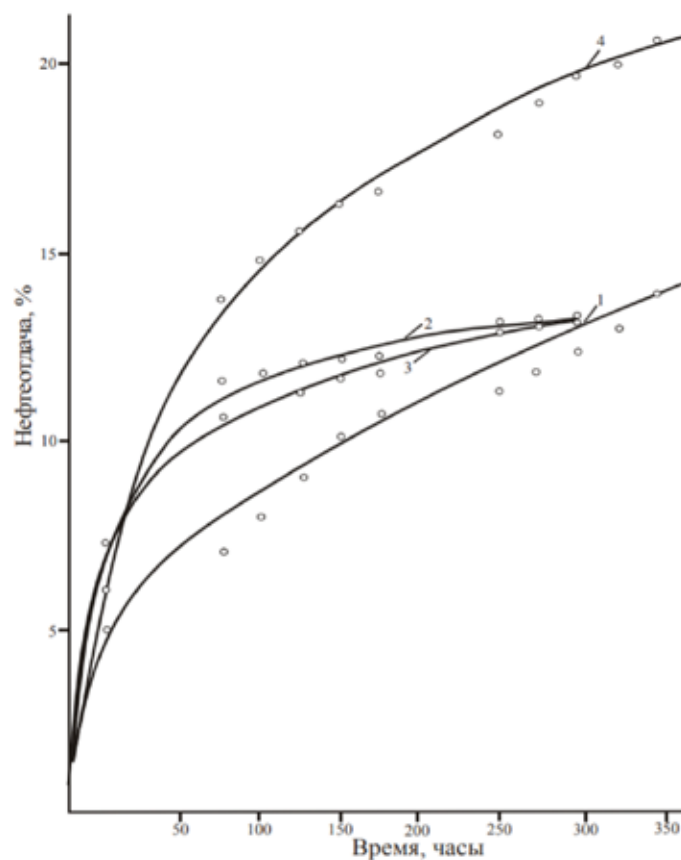


Рис. 4. Корреляция между химическими растворами и нефтяным пластом при температуре 70°С.

1 – вода пластов; 2 – раствор карбоната натрия;
3 – раствор силиката натрия; 4 – раствор дисольвана

Таблица 1

Корреляция между химическими растворами и нефтяным пластом при температуре 70 °С

	Процент нефтеотдачи при температуре 70 °С								
	40 ч	94 ч	100 ч	140 ч	150 ч	174 ч	250 ч	275 ч	300 ч
Вода пластов	5	6,5	7,5	8	8,5	9,5	10	11	11,3
Раствор карбоната натрия	-	10	11	12	12	11,5	11,5	11,4	11,4
Раствор силиката натрия	7,5	10,5	10,5	11	11,4	11,4	11,4	11,45	11,4
Раствор дисолвана	6	13,5	14	15	15,5	15,7	16	16,5	17

Примечание. 1 – вода пластов; 2 – раствор карбоната натрия; 3 – раствор силиката натрия; 4 – раствор дисолвана.

Таблица 2

Корреляция между химическими растворами и нефтяным пластом при температуре 90 °С

	Процент нефтеотдачи при температуре 90 °С						
	30 ч	40 ч	70 ч	130 ч	160 ч	200 ч	220 ч
Раствор первый (0,05%)	5	6,5	7,5	8	8,5	9,5	10
Раствор второй (0,1%)	-	10	11	12	12	11,5	11,5
Раствор третий (0,5%)	7,5	10,5	10,5	11	11,4	11,4	11,4

Примечание. 1 – первый раствор (0,05%); 2 – второй раствор (0,1%); 3 – третий раствор (0,5%).

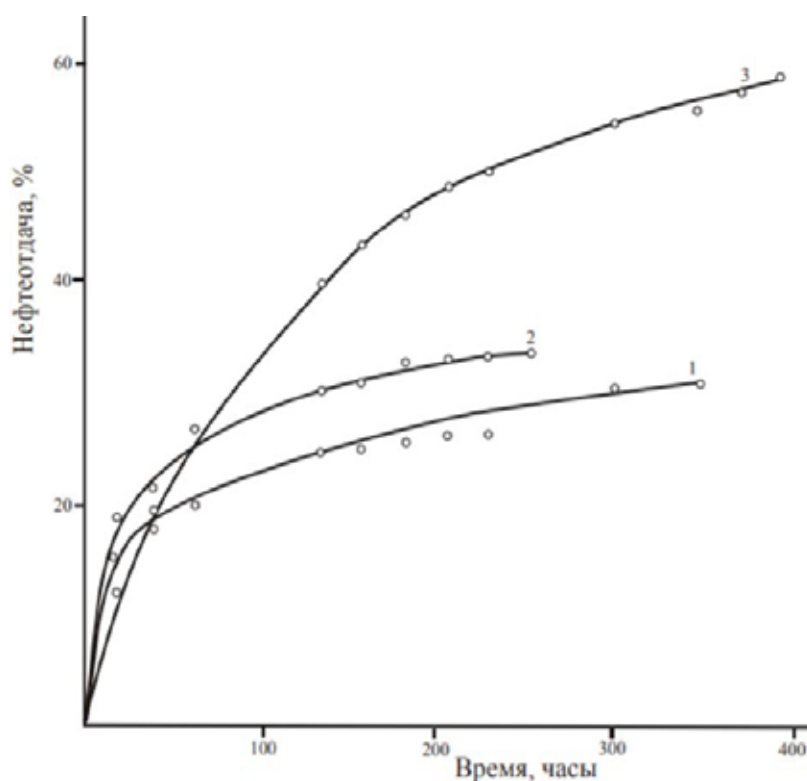


Рис. 5. Корреляция между химическими раствором карбоната натрия и нефтяным пластом при температуре 90 °С. 1 – первый раствор (0,05%); 2 – второй раствор (0,1%); 3 – третий раствор (0,5%)

Применение термического воздействия более целесообразно использовать в добываемых месторождениях нефти с повышенной вязкостью. При этом щелочь должна будет закачиваться уже в прогретый пласт, чтобы повысить коэффициент извлечения нефти (КИН). Еще термощелочное влияние содействует отмыванию пленочной нефти – в отличие от иных физико-химических методов. После анализа результатов можно сделать вывод, что применение термощелочного воздействия перспективно и должно активно внедряться в нефтедобывающую промышленность (табл. 2 и рис. 5) [6].

Заключение

Учитывая результаты лабораторных исследований, считаем, что наиболее перспективным является применение физико-химического метода термощелочного воздействия на залежах высоковязкой нефти для повышения коэффициента извлечения пласта и тем самым устранения потерь; при внедрении этой технологии в полевых усло-

виях произойдет также увеличение экономических параметров нефтескважины.

Список литературы / References

1. Рузин Л.М., Морозиук О.А. Методы повышения нефтеотдачи пластов. Ухта, 2014. 127 с.
Ruzin L.M., Moroziuk O.A. Enhanced oil recovery methods. Uhta, 2014. 127 p. (in Russian).
2. Елькин Б.П., Иванов В.А., Рябков А.В. Технологические процессы нефтегазового комплекса. Тюмень, 2018. 150 с.
Elkin B.P., Ivanov V.A., Ryabkov A.V. Technological processes of oil and gas complex. Tumen, 2018. 150 p. (in Russian).
3. Щелкачев В.Н. Отечественные и мировая нефтеотдача. М., 2013. 132 с.
Shchelkachev V.N. Domestic and World Oil Recovery. M., 2013. 132 p. (in Russian).
4. Хайн Норман Дж. Геология, разведка, бурения и добыча нефти, 2015. 200 с.
Hine Norman J. Geology, Exploration, Drilling and Production, 2015. 200 p. (in Russian).
5. Густафсон Т.А. Колесо фортуны. Битва за нефть и власть в России, 2017. 599 с.
Gustafson T.A. The Wheel of Fortune. The Battle for Oil and Power in Russia, 2017. 599 p. (in Russian).
6. Агабеков В.Е., Косяков В.К. Нефть и газ, 2014. 458 с.
Agabekov V.E., Kosyakov V.K. Oil and Gas, 2014. 458 p. (in Russian)

ГАЗОНОСНОСТИ НЕРЮНГРИНСКОГО КАМЕННОУГОЛЬНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Гриб Н.Н.^{1,2}, Кузнецов П.Ю.¹, Малинин Ю.А.¹, Колодезников И.И.², Гриб Г.В.¹

¹*Технический институт (филиал) Северо-Восточного федерального университета
им. М.К. Аммосова, Нерюнгри, e-mail: grib-n-n@yandex.ru;*

²*Академия наук Республики Саха (Якутия), Якутск*

Наибольшую опасность для горняков при подземной отработке месторождений представляют взрывоопасные газы. Полнота, точность и методы определения содержания газов в толще породы являются ключевыми, когда речь идет о безопасности и сохранении жизни шахтеров. Нерюнгринское угольное месторождение, о котором пойдет речь, является уникальным в геолого-структурном отношении. Основные факторы, оказавшие влияние на газоносность месторождения: термобарические условия образования углей, угленосность, тектоника, гидрогеологические и геокриологические условия, ведение горных работ. Было проведено изучение газоносности угольных пластов и вмещающих пород Нерюнгринского месторождения. Исследования показали отсутствие на месторождении зон полной деметанизации и наличие таких газов, как метан, азот, углекислый газ, углеводородные газы, водород. При этом содержание метана в породах зависит от количества рассеянного органического вещества. Помимо прочего, значительное количество метана содержится в подземных водах. При изучении газового состава газа угленосной толщи Нерюнгринского месторождения установлены две основные газовые зоны: зона газового выветривания и зона метановых газов. Природные газы в угленосной толще месторождения в метановой зоне представлены в основном метаном. В пределах месторождения отмечается закономерное увеличение метаноносности угольных пластов с глубиной их залегания. Воздействие мерзлоты на газоносность угольных пластов оценивается с двух позиций: а) мерзлота как температурный фактор, повышающий газоёмкость углей; б) мерзлота как экранирующий фактор, снижающий газопроницаемость углей, а также пород угленосной толщи и покровных отложений. В настоящее время, в связи с широким развитием горных работ, мерзлотная обстановка изменилась, мерзлотный экран уничтожен. В результате снятия многолетнемерзлых пород и угольного пласта «Мощного» происходит естественная дегазация пласта «Пятиметрового». Результаты изучения газоносности в угленосной толще Нерюнгринского месторождения позволили понять особенности распространения газов в угленосной толще и факторы, влияющие на содержание газов и их распространение.

Ключевые слова: Нерюнгринское месторождение, природная газоносность, методы определения газоносности, газовая зональность месторождения

NERYUNGRINSKOYE COAL DEPOSIT GAS COMPOSITION

Grib N.N.^{1,2}, Kuznetsov P.Yu.¹, Malinin Yu.A.¹, Kolodeznikov I.I.², Grib G.V.¹

¹*Technical Institute (Branch), Ammosov North-Eastern Federal University, Neryungri,
e-mail: grib-n-n@yandex.ru*

²*Academy of Sciences of the Republic of Sakha (Yakutia), Yakutsk*

Firedamp represents the greatest hazard to underground miners. Adequacy, accuracy and methods of strata gas composition determination are a key factor when it comes to the safety and survival of miners. Neryungrinskoye coal deposit, discussed herein, is a unique one in terms of geology and structure. The main factors influencing gas composition of deposits are as follows: coal metamorphism, coal content, tectonics, hydrogeological and geocryological conditions, mining operations. A study of Neryungrinskoye coal seams and host rocks gas composition was carried out. The study has shown the absence of complete demethanization zones at the deposit and the presence of such gases as: methane, nitrogen, carbon dioxide, hydrocarbon gases and hydrogen. At the same time, methane content in rocks depends on the amount of dispersed organic matter. On top of it, groundwaters contain significant amount of methane. When studying this deposit coal-bearing strata gas composition two main gas zones have been established: gas liberating zone and methane gas zone. Natural gases in the coal-bearing strata of the deposit within the methane zone are mainly represented by methane. Within the deposit, there is a regular increase in the methane content of coal seams with the increase of their occurrence depth. The impact of permafrost on gas content of coal seams is assessed from two perspectives: a) permafrost as a temperature factor that increases the gas retention capacity of coal; b) permafrost as a shielding factor that reduces the gas permeability of coal, as well as of coal-bearing strata rocks and overlying deposits. Currently, due to the widespread development of mining operations, the permafrost situation has changed, the permanent screen is destroyed. Natural degassing of the Pyatimetrovyy seam occurs as a result of the removal of perennially frozen rocks and Mosh'niy seam. The findings of the Neryungrinskoye deposit gas content study provided insights into the peculiarities of gases propagation within rock strata, as well as the factors affecting gas composition and distribution.

Keywords: Neryungrinskoye deposit, natural gas content, gas composition determination methods, deposit gas zonality

Проявление метана, как опасного спутника при добыче угля, требует специальных подходов при эксплуатации угольных шахт и обуславливает разработку мероприятий по борьбе с метанопроявлением.

При проектировании технических характеристик вентиляционных и дренажных установок используются результаты прогнозирования метанообильности угольных месторождений.

«Исходными для прогнозного расчета метанообильности шахт являются данные о природной газоносности угольных пластов, получаемые при разведке угольных месторождений. В настоящее время определение газоносности угольных пластов осуществляется преимущественно с помощью проб угля, отобранных керногазонаборниками, опробователями пластов, геолого-геофизическими методиками» [1-4]. Хотя и косвенные методы, несомненно, являются высокоинформативным инструментом при прогнозе газоносности, но их достоверность зависит от качества и количества геологических данных, полученных методом прямого определения газоносности с помощью керногазонаборников [2; 4]. Свидетельство тому – авария на шахте «Листвяжная» в Кузбассе, связанная с выбросами метана, которая повлекла за собой катастрофические последствия. Поэтому детальное и всестороннее изучение газоносности Нерюнгринского месторождения имеет важное значение, т.к. отработка угольного пласта «Пятиметровый» планируется подземным способом.

Самую большую опасность для горняков представляют взрывоопасные газы. Взрывоопасные рудничные газы обычно состоят на 90–98% из метана и лишь в незначительных количествах из водорода, монооксида метана (этана, пропана, бутана) и других горючих газов. Метан – это газ без цвета и запаха, почти вдвое легче воздуха. При содержании метана в воздухе в пределах от 4,9–5 до 15–16% он образует взрывчатые смеси. Наибольшую силу взрыва создает смесь, содержащая 9,1% метана [5-7].

Выявление зависимостей и закономерностей изменения метаноносности угольных пластов актуально для исследований в области повышения достоверности прогнозирования метаноносности угольных месторождений.

Цель исследования: провести анализ газоносности, определить состав газов угленосной толщи Нерюнгринского каменноугольного месторождения, оценить метаноносность месторождения.

Материал и методы исследования

В основу исследований положены материалы геологического изучения Нерюнгринского месторождения на разных стадиях его освоения.

Основными методами изучения газоносности угольных пластов и вмещающих пород месторождения являлись:

1. Методы изучения качественного состава газа по данным проб, отобранных в герметические стаканы (ГС).

2. Метод прямого определения газоносности с помощью керногазонаборников типа КГН.

3. Хроматографический анализ отобранных проб природного газа из углепородного массива месторождения.

Результаты исследования и их обсуждение

Нерюнгринское месторождение находится в Алдано-Чульманском угленосном районе Южно-Якутского угольного бассейна [8]. Промышленный интерес представляют пласты «Мощный» и «Пятиметровый».

К «основным факторам, оказавшим влияние на газоносность Нерюнгринского месторождения, относятся: угленосность, метаморфизм углей, тектоника, гидрогеологические, геокриологические условия, горные работы» и др. [2; 8].

Развитие на месторождении многолетней мерзлоты «определяющего значения на газоносность пластов не оказывает вследствие ее островного распространения и относительно непродолжительного времени развития. Однако ее наличие все же обусловило отсутствие зоны полной демегазации» [8].

Важнейшими факторами, «способствующими современной дегазации пласта, являются: нарушение поверхности добычными работами на пласте «Мощном», а также температурного и гидрогеологического режимов в результате горных работ и защитного водоотлива из скважин. Все перечисленные факторы действуют не обособленно, а совместно, взаимодействуя друг с другом» [2].

Опробование угольных пластов проводилось по профилям с расстояниями между ними 0,5–1 км.

К представительным относятся пробы, удовлетворяющие следующим требованиям:

- пробы отобраны со всеми требованиями технологии опробования;
- пробы надежно загерметизированы, и герметичность не нарушалась в процессе транспортировки и дегазации;
- пробы не имели подсоса воздуха в процессе дегазации;
- содержание кислорода в пробе менее 5%;
- масса пробы более: 200 г.с.б.м. (КГН – уголь), 800 г (КГН – порода), 150 г.с.б.м. (ГС – уголь), 300 г (ГС – порода);
- выход ядра не менее 70%;

- зольность угля менее 45%, углистых пород – 50-70%, слабоуглистых и неуглистых – более 70%.

Пробы анализировались на хроматографе марки GC-2010 PLUS SHIMADZU.

По результатам анализа проб определен состав газов угленосной толщи Нерюнгринского месторождения. Установлены: метан, азот, углекислый газ, углеводородные газы, водород.

Метан (CH_4) присутствует во всех пробах. Содержание его в угольном пласте «Пятиметровый» изменяется от 0,1 до 99%, возрастая с глубиной залегания пласта. Минимальное содержание метана (0,0008-0,3%) встречено на глубине 4 м. Максимальное значение содержания CH_4 (90%) встречено на глубине 390 м.

Зона полной дегметанизации на месторождении отсутствует.

Кроме того, существенное содержание метана находится в подземных водах, циркулирующих в углепородной толще. Содержание метана в газах, растворенных в воде, изменяется от 1,73 до 32,2%, что составляет от 0,45 до 10,23 см^3 / литр.

В свободно выделившемся газе концентрация метана изменяется от 1,29 до 3,6%.

В газах вмещающих пород концентрация метана колеблется от 0,6% до 91,9%. Содержание метана в породах зависит от количества рассеянного органического

вещества. С увеличением концентрации последнего возрастает и метаносность породы (рис. 1).

Генетически метан связан с угольными пластами и рассеянным во вмещающих породах органическим веществом, являясь в основном продуктом термобарического преобразования органической массы. Не исключена возможность привноса части метана из нижележащей угленосной толщи по глубинным разломам [9].

Тяжелые углеводороды. В составе газов угольных пластов обнаружены все гомологии метана от 0,0001 до 0,005, редко непредельные углеводороды C_2H_6 достигают 0,1%. Во вмещающих породах и растворенных газах непредельные углеводороды отсутствуют, в то время как предельные углеводороды встречаются часто в небольших количествах 0,01%. В связи с тем что количество их невелико, существенного влияния на горнотехнические условия отработки месторождения углеводороды оказывать не будут.

Водород (H_2) является постоянным компонентом угленосной толщи. Он встречен во всех угольных и породных пробах, в подземных водах и свободновыделившемся газе. Содержание его в большинстве проб не превышает 0,5%. Однако встречаются аномальные пробы, в которых содержание водорода превышает 1%.

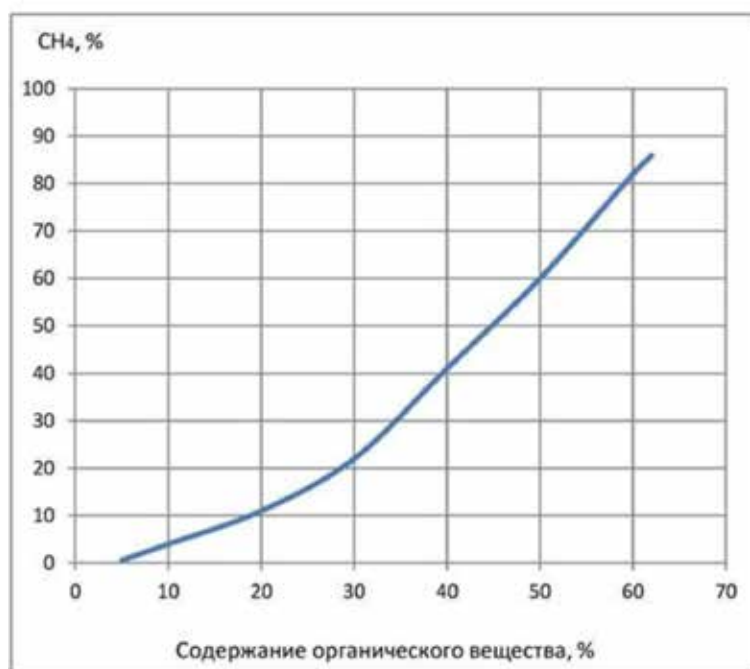


Рис. 1. Зависимость содержания метана от содержания органического вещества

Средняя концентрация H_2 во вмещающих породах составляет 0,8% при колебаниях от 0,02 до 7,7%.

В свободновыделившемся газе H_2 не превышает 0,1%. Водород обнаружен также в подземных водах, где он находится в растворенном состоянии, в количестве 0,2–2,37%.

Присутствие водорода в составе свободновыделившегося газа в подземных водах в свободной фазе дегазации угля подтверждает его природное происхождение.

При существующей современной методике отбора проб газа какой-либо закономерности в распределении водорода по глубинам и по площади не удалось обнаружить. Содержание водорода в пробах в большинстве случаев не превышает 0,3–0,5%. Абсолютное содержание H_2 не превышает 0,1 м³/г.

Наличие водорода в угленосной толще связано, по всей видимости, с метаморфизмом угля, однако не исключена возможность подтока водорода из разрывных нарушений из более глубоких горизонтов угленосной толщи [9].

Азот (N_2) содержится в составе газов угольных отложений от 0,61 до 99,83%, закономерно уменьшаясь с увеличением глубины.

Азот в основном атмосферного происхождения; некоторое количество азота образуется в результате захоронения воз-

духа в процессе осадконакопления угленосной толщи.

Углекислый газ (CO_2) отмечен в большинстве проб (60%), отобранных на месторождении. В составе газов содержание его незначительное и не превышает в основном 5%. Более высокое содержание углекислого газа – до 56,7% в пласте Мощном и 18,46% в пласте Пятиметровом – отмечается вблизи выходов на дневную поверхность, что связано с окислительными процессами в угле.

В зоне метановых газов содержание углекислого газа в угле не превышает десятых долей м³/г.

Значительное количество CO_2 содержится в растворенном состоянии в подземных водах. Концентрация его изменяется от 0,31 до 29,66%, или 0,1–6,94 см³/литр. В свободновыделившемся газе содержание CO_2 – 2,90%.

Основное количество углекислого газа, присутствующего в угленосной толще, образовалось при окислении угля, но, по-видимому, имеется углекислый газ, образовавшийся при метаморфизации угля, особенно на более глубоких горизонтах месторождения [10].

При изучении газового состава газа угленосной толщи Нерюнгринского месторождения установлены две основные газовые зоны (рис. 2):

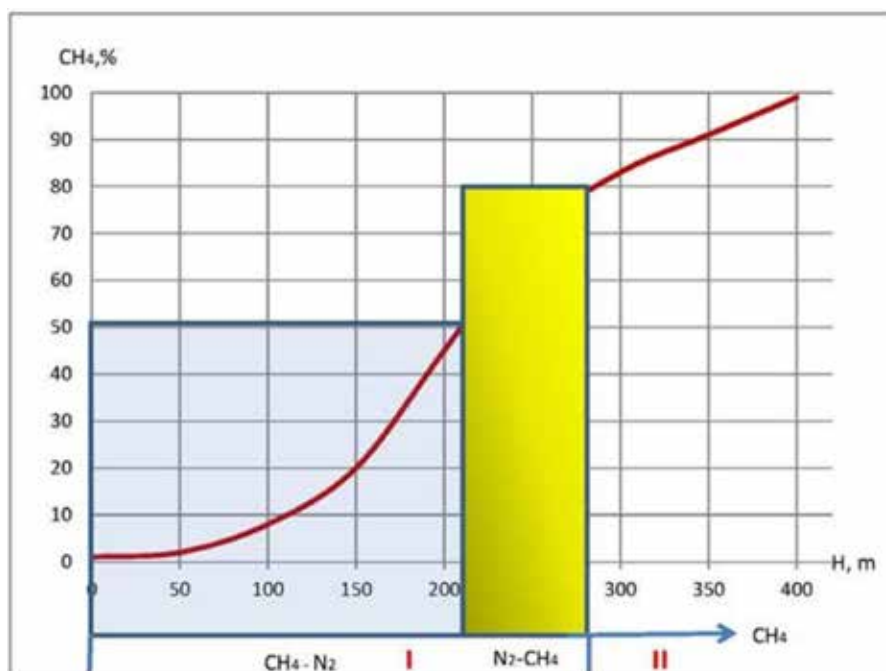


Рис. 2. Газовая зональность пласта «Пятиметровый»:
 I – зона газовой выветривания (зоны метано-азотная и азотно-метановая);
 II – зона метановых газов

Концентрация метана и природная метаноносность, характерные для верхней границы метановых газов (80% CH_4 и 2-3 $\text{м}^3/\text{т}$ CH_4), установлены в пластах на глубинах 100-150 м ниже поверхности статического уровня подземных вод при ненарушенном режиме, что соответствует интервалу в абсолютных отметках 550-600 м. Глубина залегания верхней границы метановой зоны от дневной поверхности зависит от повышения рельефа над статическим уровнем подземных вод. Максимальная мощность зоны газового выветривания характерна для наиболее высоких водораздельных участков, где она достигает 300 метров. Таким образом, весь пласт «Пятиметровый», за исключением разновеликой полосы (50-250 м) вдоль выхода его на поверхность, залегает в зоне метановых газов.

Средняя мощность зоны газового выветривания составляет 250-280 м от поверхности, причем глубина зоны метано-азотных газов 180-210 м, зона азотно-метановых газов фиксируется в интервалах глубин 170-270 м (рис. 2). Природные газы в угленосные толще месторождения в метановой зоне представлены в основном метаном.

Газоносность угольных пластов по водороду не выше 0,1 $\text{м}^3/\text{т}$, углекислому газу

0,8 $\text{м}^3/\text{т}$. Вследствие этого в выполненных нами исследованиях основное внимание было уделено метану и метаноносности углепородного массива Нерюнгринского месторождения.

Природная метаноносность угольных пластов на месторождении меняется от 0,001 до 12,6 метра кубического на тонну сухой беззольной массы ($\text{м}^3/\text{т.с.б.м.}$). Максимальное значение встречено в пласте «Пятиметровый» на глубине 466,0 м в скважине, расположенной в наиболее погруженной части брахисинклинали.

В пределах месторождения отмечается закономерное увеличение метаноносности угольных пластов с глубиной их залегания (рис. 3).

Так, при глубине 100 м средняя метаноносность составляет 1,0-1,2 $\text{м}^3/\text{т.с.б.м.}$; 200 м – 2,0-3,0; 300 м – 5,0-5,9; 400 м – 8,8-9,5; 500 м – 9,8-11,7 $\text{м}^3/\text{т.с.б.м.}$. Максимальный градиент метаноносности установлен в интервале 200-350 м и составляет 3-4 $\text{м}^3/\text{т.с.б.м.}$ на 100 м (рис. 3).

По характеру распределения метана в угленосной толще на площади месторождения выделяются три различных участка: северо-западный, центральный и южный.

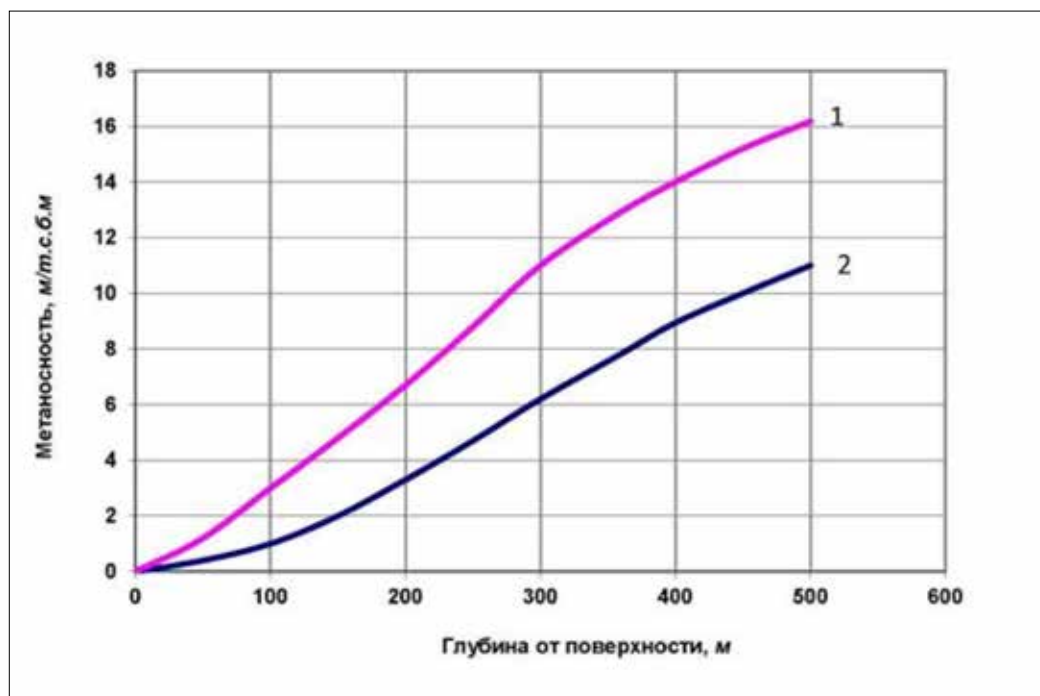


Рис. 3. Изменение с глубиной метаноносности пласта «Пятиметровый» в метрах кубических на тонну сухой беззольной массы ($\text{м}^3/\text{т.с.б.м.}$):

1 – кривая нарастания природной газоносности; 2 – кривая нарастания природной метаноносности

Северо-западная часть характеризуется невыдержанной мощностью газового выветривания, изменяющейся от 70 до 250 м. Метаноносность колеблется от 0,004 до 5,6 м³/т.с.б.м. Основными газоконтролирующими факторами являются: влияние тектонических нарушений, наличие мерзлоты и действующего разреза.

В настоящее время в связи с широким развитием горных работ мерзлотная обстановка изменилась, мерзлотный экран уничтожен. В результате снятия многолетнемерзлых пород и угольного пласта «Мощного» происходит естественная дегазация пласта «Пятиметрового» (рис. 4). Так, при ненарушенной поверхности земли метаноносность

пласта «Пятиметрового» на глубине 310 м достигала 10 м³/т.с.б.м. При снятии 170-метровой толщи пород и угля метаноносность пласта уменьшилась вдвое – до 5 м³/т.с.б.м.

На севере верхняя граница метановых газов сместилась к центру на 300-400 м.

Однако дегазация угольных пластов на западе участка происходит неодинаково. Так, метаноносность пласта «Пятиметровый» остается довольно высокой – 8,3 м³/т.с.б.м. на глубине 90 м (снято 200 м).

Это объясняется тем, что участок приурочен к изолированному тектоническому блоку, образованному системой нарушений сбросового характера, являющемуся для газа экраном.

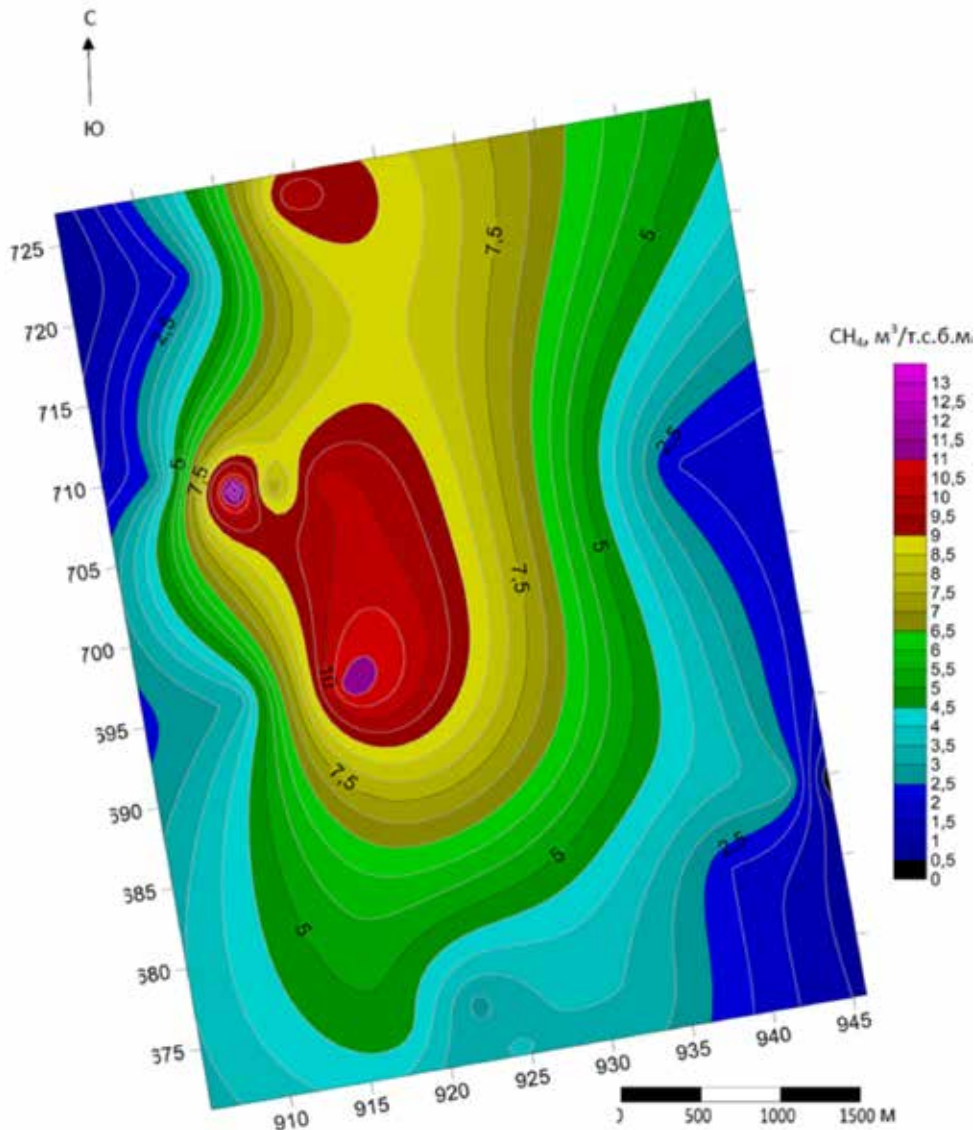


Рис. 4. Карта прогнозной метаноносности пласта «Пятиметровый» в метрах кубических на тонну сухой беззольной массы (м³/т.с.б.м.). Масштаб 1:50000

Центральная часть месторождения, где угольные пласты залегают на большей глубине, характеризуется повышенными значениями метаноносности пласта «Пятиметровый» – от 9 до 12,6 м³/т.с.б.м. Мощность газового выветривания достигает здесь 280-300 м.

Южная часть характеризуется малой мощностью газового выветривания 60-130 м. Вместе с этим метаноносность относительно низкая и изменяется от 0,001 до 5,33 м³/т.с.б.м. Максимальная метаноносность (5,33 м³/т.с.б.м.) зафиксирована на глубине 240,0 м.

Большое влияние на процессы дегазации оказывает осушение пласта «Мощного». Абсолютное содержание метана в подземных водах, откачиваемых скважинами, изменяется от 0,45 до 10,23 м³/литр, среднее 5,9 м³/литр. При средней производительности системы осушения 60-70 тыс. м³/сутки с водой выбрасывается в среднем 300-360 м³ метана в сутки.

По результатам исследований построена карта прогнозной метаноносности пласта «Пятиметровый» (рис. 4).

Границей между метановой зоной и зоной газового выветривания принята изомета, равная 2 м³/т.с.б.м.

Метаноносность вмещающих пород незначительная и изменяется от 0,008 до 0,9 м³/т, составляя в среднем 0,35 м³/т. С увеличением содержания углистого вещества в природе метаноносность возрастает. Так, при зольности 50% метаноносность увеличивается до 3,92 м³/т. Качественно природные газы вмещающих пород не отличаются от природных газов угольных пластов.

Отмечены редкие кратковременные малодобитные выделения свободного газа, относящиеся к скоплениям его в небольших количествах в ловушках, связанных с нижней границей мерзлоты, которая находится выше уровня подземных вод, являясь экраном для газа, создавая своеобразную ловушку. Однако такие локальные выделения возможны в процессе проходки горных выработок, вскрывающих подобные ловушки.

Заключение

Таким образом, по результатам изучения газоносности в углепородном массиве Нерюнгринского месторождения, насыщенность природными газами: метан (0,1–99%), тяжелые углеводороды (0,0001–0,1%), водород (0,1–14%), углекислый газ (0,1–18,5%), азот (0,6–99,85%). В пределах

месторождения в угольных пластах выявлены зоны газового выветривания и зона метановых газов. Зона полной дегметанизации отсутствует. В зоне газового выветривания выделены зоны метано-азотных и азотно-метановых газов. Метаноносность углей колеблется от сотых долей до 12,6 м³/т.с.б.м. Максимальная метаноносность (12,6 м³/т.с.б.м.) встречена на глубине 466 м в пласте «Пятиметровый» в центре месторождения.

Природные газы вмещающих пород не отличаются от газов угольных пластов, однако метаноносность пород существенно ниже. Преобладают значения от следов до 0,3 м³/т.с.б.м.

В северо-восточной части зафиксировано слабое малодобитное выделение свободного газа, связанного со скоплениями его в небольших количествах в ловушках, образованных локальными участками многолетней мерзлоты.

Содержание метана в породах зависит от количества рассеянного органического вещества. С увеличением концентрации последнего возрастает и метаноносность пород.

Список литературы / Reference

1. Методика определения газоносности вмещающих пород угольных месторождений при геологоразведочных работах. Мин-во геол. СССР, Всесоюзный научно-исследовательский геологоразведочный институт угольных промышленности. М.: Недра, 1988. 110 с.

Method for determining the gas content of the host rocks of coal deposits during geological exploration. Min. geol. USSR, All-Union Research Geological Prospecting Institute of the Coal Industry. M.: Nedra, 1988. 110 p. (in Russian).

2. Гриб Н.Н., Сяско А.А., Гриб Д.Н., Кузнецов П.Ю., Качаев А.В. Прогноз газоносности пласта «Пятиметровый» Нерюнгринского угольного месторождения по геолого-геофизическим данным // Уголь. 2017. № 12. С. 38-43. DOI: 10.18796/0041-5790-2017-12-43-47.

Grib N.N., Syasko A.A., Grib D.N., Kuznetsov P.Yu., Kachaev A.V. Forecast of gas content of plast of Neryungri coal field "five-meter" according to geological and geophysical data // Ugol'. 2017. № 12. P. 38-43. DOI: 10.18796/0041-5790-2017-12-43-47 (in Russian).

3. Yan T., Liu Z., Xing L., Luo Y., Bai Y., Huang S. Evaluation of the gas content of coal reservoirs with geophysical logging in Weibei coalbed methane field, southeastern Ordos basin, China. Resources and Sustainable Development. 2013. Pts. 1-4. V. 734-737. P. 331-334. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMR.734-737.331.

4. Черников А.Г. Состояние и возможности геофизики при решении задач количественной оценки параметров метаноносности угольных пластов // Газовая промышленность. 2010. № 7 (648). С. 22-25.

Chernikov A.G. State and ability of geophysics in coal seams methane content parameters quantitative assessment // Gasovaya promishlennost. 2010. № 7 (648). P. 22-25 (in Russian).

5. Руководство по безопасности «Рекомендации по определению газоносности угольных пластов». Серия 05. Выпуск 48. М.: Закрытое акционерное общество «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности», 2016. 44 с.

Safety Guide "Recommendations for determining the gas content of coal seams". Series 05. Issue 48. M.: Closed Joint Stock Company "Scientific and Technical Center for Research on Industrial Safety Problems", 2016. 44 p. (in Russian).

6. Ли Х.У., Попов В.Б., Ермолаев А.М., Филатов Ю.М., Павлов А.Ф. Факторы, определяющие формирование метаноопасных зон в угольных шахтах // Уголь. 2016. № 7 (1084). С. 47-51. DOI: 10.18796/0041-5790-2016-7-47-51.

Lee H.U., Popov V.B., Ermolaev A.M., Filatov Yu.M., Pavlov A.F. Coal mine methane-hazardous formation environment // Ugol'. 2016. № 7. P. 47-51. DOI: 10.18796/0041-5790-2016-7-47-51 c

7. Si G., Jamnikar S., Lazar J., Shi J., Durucan S., Korre A., Zavšek S. Monitoring and modelling of gas dynamics in multi-level longwall top coal caving of ultra-thick coal seams, part I: Borehole measurements and a conceptual model for gas emission zones. International Journal of Coal Geology. 2015. V. 144-145. P. 98-110 DOI: 10.1016/j.coal.2015.04.008.

8. Хворостина А.А., Пахомов А.Н., Поляков Н.П., Степанов В.Д., Зализняк М.И. Южно-Якутский каменноугольный бассейн: монография. Угольная база России. Т. 5. Кн. 2. М.: ЗАО «Геоинформмарк», 1999. С. 15-129.

Khvorostina A.A., Pakhomov A.N., Polyakov N.P., Stepanov V.D., Zaliznyak M.I. South Yakut coal basin: monografiya. Ugol'naya baza Rossii. T. 5, kn. 2. M.: ЗАО «Геоинформмарк», 1999. P. 15-129. (in Russian).

9. Гресов А.И. Метаресурсная база угольных бассейнов Дальнего Востока России и перспективы её промышленного освоения. Т. II. Углеметановые бассейны Республики Саха (Якутия) и Северо-Востока. Владивосток: Дальнаука, 2012. 468 с.

Gresov A.I. Gresov A.I. Meta-resource base of the coal basins of the Russian Far East and the prospects for its industrial development. V. II. Coal-methane basins of the Republic of Sakha (Yakutia) and the North-East. Vladivostok: Dalnauka, 2012. 468 p. (in Russian).

10. Гресов А. И., Яцук А. В. Газовая зональность и газоносность многолетнемерзлых отложений угленосных бассейнов Восточной Арктики и прилегающих регионов // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрология. Геокриология. 2013. № 5. С. 387-398.

Gresov A.I., Yatsuk A.V. Gas zoning and gas presence in permafrost of the coal-bearing basins in Eastern Arctics and adjacent regions // Geojekologija. Inzhenernaja geologija. Gidrologija. Geokriologija. 2013. № 5. P. 387-398. (in Russian).

УДК 542.86

МОНИТОРИНГ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ В РАЙОНАХ ИНТЕНСИВНОГО НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ НА ОСНОВЕ МЕТОДА СПУТНИКОВОЙ РАДАРНОЙ ИНТЕРФЕРОМЕТРИИ

Дудников В.Ю., Власов А.С., Ланина Т.Д.

ФГБОУ ВО «Ухтинский государственный технический университет», Ухта,
e-mail: vdudnikov@ugtu.net, avlasov@ugtu.net, tlanina@ugtu.net

В работе сделан акцент на возможностях решения практических задач мониторинга земной поверхности, которые предоставляет метод радиолокационной спутниковой интерферометрии. Отмечаются особенности метода, его преимущества и недостатки, проведен анализ отечественного опыта использования метода, а также зарубежного. Приводится пример итогов использования данного метода дистанционного мониторинга подрабатываемой территории уникального Ярегского месторождения высоковязкой нефти, извлекаемой шахтным методом. Проведение съемок критически проанализировано с заключением о соответствии требованиям. Даются рекомендации по увеличению достоверности измерений вертикальных смещений земной поверхности дополнением метода высокоточными подспутниковыми измерениями-наблюдениями за пунктами маркшейдерской опорной и рабочей геодезической сети, а также совместной интерпретацией результатов наземной и спутниковой съемок. Отмечается, что использование в комплексе при наземной съемке лазерных сканирующих систем позволит построить непрерывную карту просадок, которую для северных районов страны видится крайне уместным совмещать с данными по районированию геокриологических процессов. По обзору различных источников сделан вывод о неоднозначном отношении к методу спутниковой радарной интерферометрии в научно-производственной среде маркшейдерского и геодезического сообщества с точки зрения достоверности получаемых результатов, в частности из-за отсутствия в настоящее время четких критериев оценки точности выявленных оседаний. Однако отмечается общая уверенность профильных специалистов в постепенном решении имеющихся сегодня проблем использования метода, а также общее ожидание развития дистанционных методов изучения земной поверхности, в том числе и подповерхностных его методов, использование которых интересно еще и с точки зрения открывающейся возможности исследования состояния почв, которые для районов интенсивной нефтедобычи является крайне актуальной задачей.

Ключевые слова: мониторинг земной поверхности, участок шахтной разработки, спутниковая радарная интерферометрия, опорная и деформационная сеть

MONITORING OF THE EARTH'S SURFACE IN THE AREAS OF INTENSIVE SUBSOIL USE ON THE BASIS OF THE METHOD OF SATELLITE RADAR INTERFEROMETRY

Dudnikov V.Yu., Vlasov A.S., Lanina T.D.

Ukhta State Technical University, Ukhta,
e-mail: vdudnikov@ugtu.net, avlasov@ugtu.net, tlanina@ugtu.net

The paper focuses on the possibility of solving practical problems of monitoring the earth's surface, which provides the method of radar satellite interferometry. The features of the method, its advantages and disadvantages are noted, the analysis of domestic experience in using the method, as well as foreign experience, is carried out. An example of the results of using this method of remote monitoring of the undermined territory of the unique Yaregskoye field of high-viscosity oil extracted by the shaft method is given. The filming was critically reviewed with a conclusion of compliance with the requirements. Recommendations are given to increase the reliability of measurements of vertical displacements of the earth's surface by supplementing the method with high-precision sub-satellite measurements-observations of the points of the surveying reference and working geodetic network, as well as joint interpretation of the results of ground and satellite surveys. It is noted that the use of laser scanning systems in combination with ground surveys will make it possible to build a continuous map of subsidence, which for the northern regions of the country seems to be extremely appropriate to combine with data on the zoning of geocryological processes. Based on a review of various sources, it was concluded that there is an ambiguous attitude towards the method of satellite radar interferometry in the scientific and industrial environment of the surveying and geodetic community in terms of the reliability of the results obtained, in particular, due to the current lack of clear criteria for assessing the accuracy of the identified subsidence. However, there is a general confidence of specialized specialists in the gradual solution of the current problems of using the method, as well as a general expectation of the development of remote methods for studying the earth's surface, including its subsurface methods, the use of which is also interesting from the point of view of the opening opportunity to study the state of soils, which for areas of intensive oil production is an extremely urgent task.

Keywords: monitoring of the earth's surface, mining area, satellite radar interferometry, reference and deformation network

Площадные наблюдения участков земной поверхности на объектах добывающей промышленности [1]. Необходимость выполнения деформационного мониторинга оговаривается законодательством РФ с большим риском возникновения геодинамических явлений относятся к числу наиболее важных вопросов мониторинга

о промышленной безопасности, упомянута она и в Градостроительном кодексе. Широкий спектр возможностей для выявления опасных деформаций земной поверхности территорий месторождений может и предоставляет сегодня дистанционное зондирование, и в этой части нужно отметить распространение метода определения вертикальных смещений, основанного на применении радаров с синтезированной апертурой (РСА).

Целью исследования ставится выявление особенностей метода определения вертикальных смещений с использованием РСА, в том числе по итогам конкретного опыта дистанционного мониторинга подрабатываемой территории уникального Ярегского месторождения высоковязкой нефти, извлекаемой шахтным методом, а также разработка рекомендации по увеличению достоверности измерений вертикальных смещений земной поверхности.

Анализ опыта использования РСА для мониторинга земной поверхности

В иностранной литературе много лестных отзывов о методе, однако мало основанных на сходимости результатов, полученных традиционными наземными методами и по спутниковым данным. По анализу же опыта использования метода все же можно сделать вывод о совсем не широком его распространении в России, ограниченном небольшим перечнем проектов. Анализ использования метода в одном из таких проектов представлен далее в статье. Этот метод, предусматривающий извлечение информации о высотах земной поверхности на основе фазовой составляющей отраженного радиолокационного сигнала (рис. 1) и использующий для проведения измерений эффект интерференции электромагнитных волн [2], применялся и для мониторинга подрабатываемой территории уникального Ярегского место-

рождения (крупнейшее месторождение высоковязкой нефти, извлекаемой шахтным методом).

Проведение дистанционного мониторинга подрабатываемой территории

Начиная с 2016 года ООО «ЛУКОЙЛ-Коми» стал практически ежегодно проводить мониторинг земной поверхности участка шахтной разработки на основе метода стабильных отражателей, в качестве которых, в силу застроенности территории месторождения, используются объекты его инфраструктуры (здания, сооружения, а также участки голой земли без растительности), для каждого из них известны смещения на каждую дату съемки. Для участка, подлежащего съемке, были определены:

1) радиолокационный спутник (на выбор спутника влияют многие факторы, такие как площадь наблюдаемого участка местности и необходимая периодичность повторной съемки, а также тип рельефа и растительного покрова. С их учетом оптимальной представлялась съемка со спутника TerraSAR-X или Cosmo-SkyMed, которые зондируют земную поверхность на длине волны X-диапазона – 3,1 см);

2) площадь наблюдаемого участка, которая, в зависимости от выбранного радиолокационного спутника, может составлять от 10×10 км до 200×200 км на один кадр съемки (могут наблюдаться и большие по площади территории за счёт их покрытия несколькими кадрами);

3) периодичность съемки, в зависимости от выбранного носителя и географического расположения рассматриваемого участка, может составлять от 2 до 45 дней;

4) количество радарных повторных измерений в год;

5) применение метода интерферометрического анализа точечных целей;

6) возможное использование угловых отражателей.

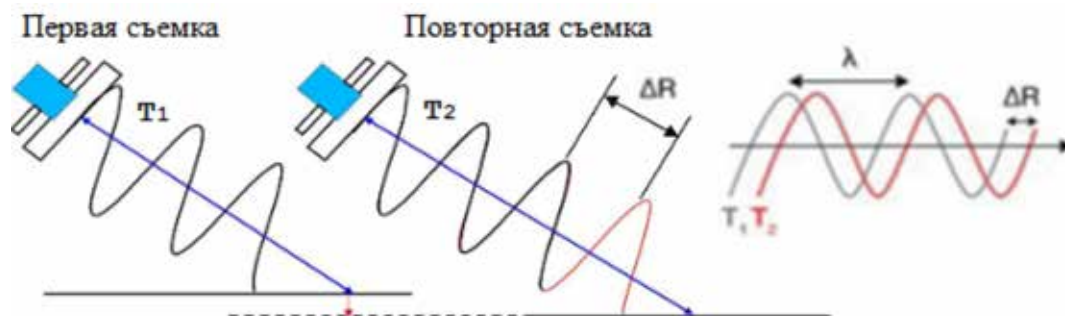


Рис. 1. Спутниковая радиолокационная интерферометрия



Рис. 2. Этапы интерферометрической обработки [3]

Все возможные режимы съемки и комбинации поляризации сигнала, а также большой диапазон углов съемки предлагает радарный спутник TerraSAR-X. В связи с длиной волны 3,1 см необходимы более частые съемки, чтобы поддерживать корреляцию фаз на должном уровне. Кроме того, отметим, что кадр съемки TerraSAR-X – узкий, 30x50 км, что менее удобно, чем квадратные кадры конкурирующих спутниковых систем.

В итоге исходными данными служили снимки именно с данного радарного спутника, удовлетворяющего техническим возможностям (пространственное разрешение и длину волны), обеспечивающего за бес-

снежный период 12 проходов над территорией. Снимки были выполнены в режиме съемки StripMap с пространственным разрешением 3 м. По результатам обработки космической съемки на территории нефтяного предприятия, порядок которой представлен на рисунке 2, строились карты вертикальных смещений земной поверхности по состоянию на несколько дат относительно дат первой съемки.

На снимках, пример которых приведен на рисунке 3, вертикальные смещения представлены в виде точек (постоянных отражателей) и окрашены в градиентные цвета от синего к красному.

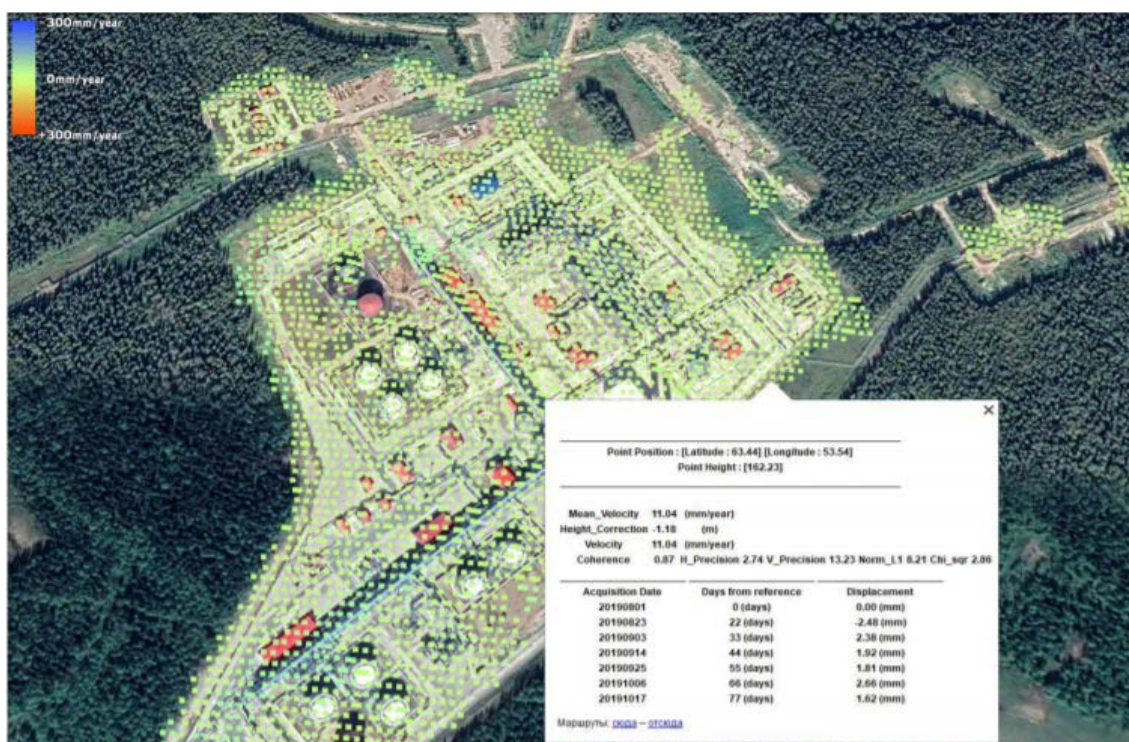


Рис. 3. Мониторинг деформаций подрабатываемой территории Ярегского месторождения (с 01.08.2019 по 17.10.2019 (район ППЧН и ВПУ))

Зеленый цвет и его оттенки (светло-голубой, желто-зеленый) свидетельствуют о стабильности территории. Желтый и красный цвета отражателей свидетельствуют о поднятиях земной поверхности. Синий цвет характеризует зоны оседаний. Исполнителями на основе анализа картины смещений отмечалось, что 98% выявленных вертикальных смещений территории находятся в пределах $-10...+10$ мм и не превышают сходимость метода, в связи с чем делался вывод о том, что, например, за период крайней съемки 2019 г. территория горного отвода нефтешахтного производственного предприятия «Яреганефть» стабильна. Обширная – сопоставимая по площади с контуром месторождения – мульда оседаний земной поверхности не обнаружена.

Заключение по произведенным работам и выводам исполнителей

В качестве заключения по произведенным работам, и особенно выводам исполнителей, позволим себе отметить, что, например, вывод о полном соответствии съемок техническим заданиям не соответствует действительности хотя бы потому, что в одном из них запрашивалась 30-проходная съемка, произведено же было 12, однако известно, что уменьшение количества проходов дает снижение точности наблюдений за смещениями (десять дополнительных сцен дает уменьшение стандартного отклонения определения оседаний методом радарной интерферометрии примерно на 3 мм). Основные требования к проведению съемок были выдержаны, отметим только незначительную рассинхронность их проведения, хотя для исключения сезонных колебаний земной поверхности рекомендуется проводить повторные наблюдения в одинаковые даты в разные годы начала и конца серии мониторинга. Так, в рассматриваемом мониторинге циклы проведенных работ были произведены, по понятным причинам, в бесснежные периоды: с июля по ноябрь (2016 г.), с мая по сентябрь (2018 г.) и с августа по сентябрь (2019 г.) [4]. Отметим также, что вывод о стабильности территории дается за непродолжительный исследуемый период съемок. Однако известно о специфических особенностях смещений земной поверхности над подземными выработками, в том числе об их неравномерном движении во времени [5]. Кроме того, что в отчетах указано, что сходимость метода определена «...из опыта проводившихся работ на нефтяных и газовых месторождениях», однако уместно упомянуть, что в настоящее вре-

мя нет единой методики обработки данных РСА и критериев оценки точности выявленных оседаний.

Несмотря на этот и прочие примеры использования метода, анализ позволяет согласиться с выводами [4] и заключить, что работы по определению оседаний земной поверхности методом радарной интерферометрической съемки ведутся преимущественно в исследовательских целях. Также нельзя не согласиться с тем, что невысокая популярность метода связана с рядом факторов, в том числе и с часто упоминаемыми в различных источниках: потерей корреляции в областях с густой растительностью; ионосферными и атмосферными помехами; неоднозначностью развертки фазы и возможностью оценки только одной компоненты смещений – проекции на направление на спутник; возможностью проведения анализа вертикальных и горизонтальных смещений только при наличии данных с разных орбит; неподходящей для мониторинга периодичностью съемки радарными спутниками [4]. Не менее важным является то, что до сих пор требования к радиолокационным данным, единая методика производства обработки данных радиолокационного зондирования и, главное, критерии оценки точности выявленных оседаний остаются непроработанными вопросами.

В связи с чем нам пока видится применение космической радиолокации в качестве дополнения к классическим методам мониторинга, когда требуется также проведение подспутниковых наземных измерений как минимум для контроля и верификации результатов. Нужно отметить, что отношение к методу с точки зрения достоверности полученных результатов остается неоднозначным в геодезических сообществах.

В использованном на Яреге методе рассеивателей видится крайне уместной дополнительная установка и наблюдение искусственных уголкового отражателей (вероятно, над пунктами опорной геодезической сети), за которыми однозначно не будет лишним следить традиционными геодезическими методами. Все же при заявляемых определенных миллиметровых осадках не прибавляет доверия использование при съемке территории шахтной разработки в качестве устойчивых отражателей (постоянные рассеиватели радарного сигнала) объектов инфраструктуры месторождения, а не пунктов планово-высотного обоснования (геосети) – пространственно-координатной основы для принятия оптимальных управ-

ленческих решений. Однозначно, повысить доверие к результатам съемки позволило бы дополнение метода высокоточными подспутниковыми измерениями-наблюдениями за пунктами маркшейдерской опорной и рабочей (деформационной) геосети, а также совместная интерпретация результатов наземной и спутниковой съемок. Так, использование в комплексе при наземной съемке лазерных сканирующих систем позволило бы построить непрерывную карту просадок (традиционными геодезическими методами ее не построить), которую для северных районов страны видится крайне уместной совмещать с данными по районированию геокриологических процессов. Кроме того, на проблемных участках для целей подповерхностного зондирования горно-геологических сред на большие глубины (до 300 метров) видится целесообразным периодически проводить георадарные определения. В части разговора об использовании пунктов опорной сети не лишним будет упоминание о необходимости проведения оценки влияния экзогенных факторов на устойчивость их конструкций и его последующий учет. Такой подход при постановке повторных геодезических наблюдений на объектах инфраструктуры учтен, например, в работе Е.Н. Грищенко [6], данные же для учета представлены на рисунке 4.

Как известно, вне зоны деформаций, помимо рабочих пунктов, закрепляются не менее трех опорных точек, и из числа пунктов маркшейдерской опорной геодезической сети выбираются исходные репера. Отметим, что вынос исходного знака за пре-

делы горного отвода не всегда гарантирует его стабильности в пространстве и времени, поскольку на него воздействуют повсеместно распространенные эндогенные и экзогенные геомеханические процессы [7], в силу чего видится возможным предлагать использование в качестве исходного геодезического пункта скважины или элементов их площадок.

Подводя итог описанному, следует отметить, что выбор в пользу того или иного оборудования для проведения наблюдений может быть сделан лишь на основании анализа погрешностей измерений, возникающих при использовании различного, в том числе геодезического, инструментария в процессе мониторинга деформаций. А в части перспектив использования метода радарной интерферометрии видится очевидным, что с развитием новых методов обработки и анализа данных, по мере разработки новой аппаратуры, с запуском новых спутников, отмеченные общие проблемы метода РСА постепенно устранятся, и он, как и прочие дистанционные методы изучения земной поверхности, приобретет и большую надежность, и доверие профильных специалистов, сообщество которых находится в ожидании развития дистанционных методов изучения земной поверхности, в том числе и подповерхностных его методов, использование которых интересно еще и с точки зрения открывающейся возможности исследования состояния почв, что для районов интенсивной нефтедобычи является крайне актуальной задачей.

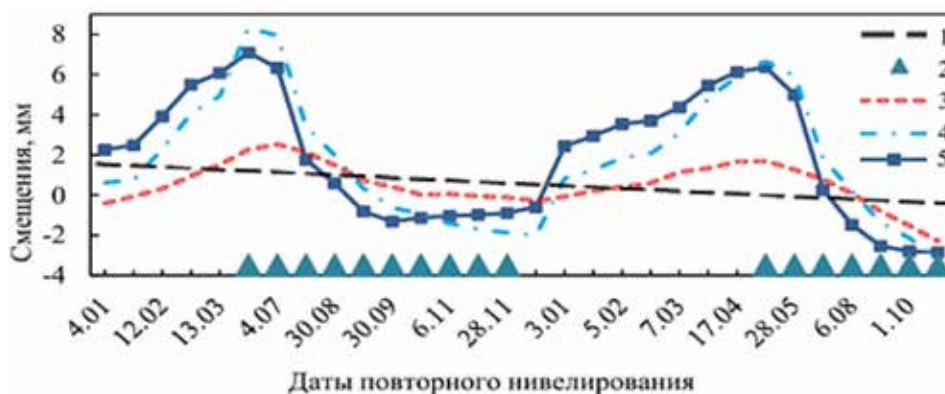


Рис. 4. График смещений грунтового нивелирного пункта (сезонных вертикальных) [3]
 1 — линия тренда оседания земной поверхности; 2 — период вегетации древесных насаждений
 смещения с учетом поправок за изменение температуры; 3 — смещения с учетом поправок
 за изменение температуры и за набухание грунта; 4 — смещения с учетом поправок
 за изменение температуры; 5 — измеренные смещения

Список литературы / Reference

1. Одабай-Фард В.В., Пономаренко М.Р. Геодинамический мониторинг земной поверхности и объектов горнодобывающей промышленности при помощи метода радарной интерферометрии // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2017. № 11. С. 59-67.
 Odabai-Fard V.V., Ponomarenko M.R. Geodynamic monitoring of the earth's surface and mining facilities using the method of radar interferometry // Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. 2017. № 11. P. 59-67 (in Russian).
2. Пономаренко М.Р. Разработка метода деформационного мониторинга открытых горных работ в условиях Крайнего Севера с использованием космического радиолокационного зондирования: дис. ... канд. техн. наук. Санкт-Петербург, 2018. 155 с.
 Ponomarenko M.R. Development of a method for deformation monitoring of open pit mining in the conditions of the Far North using space radar sounding: dis. ... kand. tekhn. nauk. Sankt-Peterburg, 2018. 155 p. (in Russian).
3. Филатов А.В. Метод обработки комплексных радиолокационных интерферограмм в условиях высокой временной декорреляции: автореф. дис. ... канд. физ.-мат. наук. Барнаул, 2009. 28 с.
 Filatov A.V. Method for processing complex radar interferograms under conditions of high temporal decorrelation: avtoref. dis. ... kand. fiz.-mat. nauk. Barnaul, 2009. 28 p. (in Russian).
4. Мусихин В.В. Мониторинг процессов оседаний земной поверхности в районах интенсивного недропользования на основе интерферометрической обработки данных космического радиолокационного зондирования: дис. ... канд. техн. наук. Пермь, 2012. 146 с.
 Musikhin V.V. Monitoring of the processes of subsidence of the earth's surface in areas of intensive subsoil use based on interferometric processing of space radar sounding data: dis. ... kand. tekhn. nauk. Perm', 2012. 146 p. (in Russian).
5. Дмитриев П.Н. Новые методы обработки и интерпретации данных радарной спутниковой интерферометрии: дис. ... канд. физ.-мат. наук. Москва, 2013. 124 с.
 Dmitriev P.N. New methods of processing and interpretation of radar satellite interferometry data: dis. ... kand. fiz.-mat. nauk. Moskva, 2013. 124 p. (in Russian).
6. Грищенко Е.Н. Геодезический мониторинг динамики развития деформационного процесса земной поверхности на подрабатываемых территориях: дис. ... канд. техн. наук. Санкт-Петербург, 2018. 135 с.
 Grischenkova E.N. Geodetic monitoring of the dynamics of the development of the deformation process of the earth's surface in undermined territories dis. ... kand. tekhn. nauk. Sankt-Peterburg, 2018. 135 p. (in Russian).
7. Вершинина Ю.В. Геодезическое обеспечение мониторинговых наблюдений за деформационными процессами на геодинамических полигонах нефтегазовых месторождений: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Санкт-Петербург, 2016. 22 с.
 Vershinina Yu. V. Geodetic support for monitoring observations of deformation processes at geodynamic polygons of oil and gas fields avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk. Sankt-Peterburg, 2016. 22 p. (in Russian).

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛУЧЕНИЯ ТУКОСМЕСИ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ ДОЛОМИТИЗИРОВАННОГО ФОСФАТНОГО СЫРЬЯ, ЗОЛЫ ТЭЦ И УГЛЕДОБЫЧИ

Жантасов К.Т.¹, Кожакметова А.М.¹, Дормешкин О.Б.²,
Сарыпбекова Н.К.¹, Жантасов М.К.¹, Киргизбаев Т.К.¹, Якубова Р.Р.¹

¹НАО «Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова», Шымкент,
e-mail: k_zhantsov@mail.ru;

²Белорусский государственный технологический университет, Минск,
e-mail: dormeshkin@yandex.ru

В статье приведены сведения о техногенных отходах различных предприятий, которые могут быть использованы в качестве сырья при производстве удобрений в виде тукосмеси. Представлены данные о химических и минералогических свойствах техногенных отходов угледобычи горнопромышленного комплекса по добыче фосфатного и кремнистого сырья в фосфоритном бассейне Каратау Республики Казахстан. Даны химический и минералогический составы золошлаковых отходов ТЭЦ, образующиеся после сжигания углей Карагандинского и Экибастузского бассейнов при содержании (масс. %) оксида алюминия 24,3 и 24,6; оксида железа 5,2 и 5,9; оксида магния 1,03 и 0,83; оксида натрия и калия 0,79 и 0,61; оксида кальция 4,9-3,7. Приведен минералогический состав забалансового доломитизированного карбонатно-кремнистого фосфатного сырья под микроскопом МИН-8 и МИН-9. Проба состоит из доломита с присутствием кальцита, апатита, кварца и полевого шпата. Представлены результаты дифференциально-термического и ИКС анализов карбонатно-кремнистого доломитизированного фосфатного сырья месторождения Аксай и его химический состав, их физико-химические свойства и характеристики по макро- и микроэлементам, содержание которых (масс. %) составляет: оксида фосфора – 19,1; фосфора – 8,32; калия – 1,49; магния – 1,72; кальция – 29,85; марганца – 1,7. Проведены исследования и отработаны в лабораторных условиях основные технологические параметры получения тукосмеси из твердых сырьевых материалов. Предложена технология и технологическая схема получения новой номенклатуры тукосмеси из смеси твердых отходов предприятий: пыли циклонов производства агломерата при переработке на желтый фосфор, природных карбонатно-кремнистого доломитизированного фосфатного сырья и вермикулита, а также внутренних вскрышных пород, образующихся при добыче бурых углей.

Ключевые слова: минеральные удобрения, тукосмесь, доломитизированное кремнисто-фосфатное сырье, золошлаковые отходы ТЭЦ, макроэлементы, микроэлементы

STUDY OF OBTAINING A FERTILIZER MIXTURE ON THE BASIS OF WASTE OF DOLOMITIZED PHOSPHATE RAW MATERIALS, ASH OF TPP AND COAL MINING

Zhantsov K.T.¹, Kozhakhmetova A.M.¹, Dormeshkin O.B.²,
Sarypbekova N.K.¹, Zhantsov M.K.¹, Kirgizbaev T.K.¹, Yakubova R.R.¹

¹M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, e-mail: k_zhantsov@mail.ru;

²Belarusian State Technological University, Minsk, e-mail: dormeshkin@yandex.ru

The article provides information on man-made waste from various enterprises used as raw materials in the production of fertilizers in the form of a fertilizer mixture. Data on the chemical and mineralogical properties of industrial waste from coal mining, mining complex for the extraction of phosphate and siliceous raw materials in the Karatau phosphorite basin of the Republic of Kazakhstan are presented. The chemical and mineralogical compositions of ash and slag wastes from thermal power plants, formed after the combustion of coal from the Karaganda and Ekibastuz basins, are given (mass %): aluminum oxide 24.3 and 24.6; iron oxide 5.2 and 5.9; magnesium oxide -1.03 and 0.83; sodium and potassium oxide 0.79 and 0.61; calcium oxide 4.9-3.7. The mineralogical composition of off-balance dolomitized carbonate-siliceous phosphate raw material under the microscope presented. The sample consists of dolomite with the presence of calcite, apatite, quartz and feldspar. The results of differential thermal and IRS analyzes of carbonate-siliceous dolomitized phosphate raw materials from the Aksai deposit and its chemical composition, their physicochemical properties and characteristics of macro- and microelements, the content of which (mass. %) is: phosphorus oxide-19.1; phosphorus-8.32; potassium 1.49; magnesium-1.72; calcium-29.85; manganese-1.7. Research has been carried out and the main technological parameters for obtaining a fertilizer mixture from solid raw materials have been tested in laboratory conditions. A technology and technology scheme for obtaining a new range of fertilizer mixtures from a mixture of solid waste from enterprises is proposed: dust from cyclones for the production of sinter during into yellow phosphorus, natural carbonate-siliceous dolomitized phosphate raw materials and vermiculite, as well as internal overburden rocks formed during the extraction of brown coal.

Keywords: mineral fertilizers, fertilizer mixture, dolomitized siliceous-phosphate raw materials, ash and slag waste from thermal power plants, macronutrient and micronutrient elements

Сложившаяся тенденция требований к качеству минеральных удобрений и тукосмесей простых и комплексных удобрений предъявляет ряд технологических требований к их производству. Традиционно тукосмеси из минеральных удобрений, получаемых на основе экстракционной фосфорной кислоты, подбирают, основываясь на совместности и несовместности готовых минеральных удобрений, на их слеживаемости и гигроскопичности. Поэтому производство качественной, безопасной и экологически чистой продукции химической подотрасли и агропромышленного комплекса является актуальным.

Это обстоятельство положено в основу исследований по разработке и созданию экологически безопасной тукосмеси из забалансового доломитизированного карбонатно-кремнистого фосфатного сырья горнодобывающего комплекса, с введением в их состав отходов теплоэнергетических центров (ТЭЦ), работающих на твердом топливе, и отходов угледобывающего комплекса, которые обладают хорошими технологическими свойствами и не слеживаются.

Применение минеральных удобрений с введением макро- и микроэлементов в состав тукосмеси для плодородной почвы является одним из важнейших приемов повышения продуктивности секторов агропромышленного комплекса. Производство и применение минеральных удобрений и тукосмесей необходимо при внесении в почву для получения максимального эффекта от каждого килограмма действующего вещества.

Макроэлементы минеральных удобрений присутствуют в составе природных руд, а микроэлементы в большинстве случаев входят в состав различных техногенных отходов, образующихся в процессе добычи и подготовки природных минеральных ресурсов к технологическому переделу.

К отходам производств, содержащим макро- и микроэлементы и составляющим многомиллионные тонны, относятся забалансовые доломитизированные карбонатно-кремнистые фосфориты бассейна Каратау и золошлаковые отходы теплоэнергетических центров, накопленные после переработки углей.

Золоотвалы ТЭЦ создают большую экологическую напряженность, создавая угрозу для окружающей среды и здоровья людей. В результате ветровой эрозии частицы золы, содержащие осевшую пыль и химически активные токсичные вещества, загряз-

няют почву, воду и атмосферу. Это же самое можно сказать и о доломитизированных карбонатно-кремнистых фосфоритах [1-4].

Основными видами топливно-энергетических ресурсов Республики Казахстан являются угли Карагандинского и Экибастузского месторождений, которые после сжигания содержат в золошлаках различные микроэлементы, остро необходимые растениям, так как в различных регионах наблюдается низкая обеспеченность почвы микро- и макроэлементами.

Ежегодный выход золы и золошлаковых смесей в Республике Казахстан составляет около 20 млн т. В настоящее время накоплено свыше 300 млн тонн отходов, содержащих такие микроэлементы, как железо, магний, марганец и калий, которые могут быть применены в качестве добавок при производстве минеральных удобрений и тукосмесей [5-7].

Цель исследования – разработка технологии получения тукосмеси на основе доломитизированных фосфатных руд и золы ТЭЦ.

Материал и методы исследования

Отходы доломитизированного карбонатно-кремнистого фосфатного сырья, золы ТЭЦ, отходы угледобывающей промышленности, отходы подготовки фосфоритного сырья производства желтого фосфора и вермикулит. Исследования проводились химическим методом и на современных приборах физико-химического анализа.

Результаты исследования и их обсуждение

Для проведения исследований отобраны представительные пробы доломитизированного карбонатно-кремнистого фосфатного сырья месторождения Аксай, фосфоритноносного бассейна Каратау и золошлаковых отходов, образующихся при сжигании углей Экибастузского и Карагандинского угольных бассейнов.

При проведении анализа химического состава доломитизированного фосфорита установлено, что состав забалансового карбонатно-кремнистого фосфорита месторождения Аксай содержит (масс. %): оксид фосфора – 19,1; фосфор – 8,32; калий – 1,49; магний – 1,72; кальций – 29,85; марганец – 1,7.

Химические составы золы углей по основным компонентам разреза Богатырь (бассейна Экибастуз) и месторождения Майкубе (Карагандинского бассейна)

Оптимальное содержание компонентов тукосмеси из твердых материалов (масс. %)

№	Мелочь возврата процесса агломерации фосфорного производства	Бурый уголь	Внутренние вскрышные породы	Забалансовые доломитизированные фосфоритные руды	Золошлак ТЭЦ	Вермикулит
1	70	3	7	7	6	7
2	70	3	7	8	5	7
3	65	5	5	7	8	10
4	65	-	10	7	8	10
5	71	2	8	5	4	10
6	70	3	7	6	4	10
7	68	1	10	7	7	7
8	68	3	8	7	6	8
9	67	3	8	7	7	8
10	65	5	7	6	7	10

Химическим методом анализа в приведенных образцах определено содержание основных макро- и микроэлементов, таких как фосфор, калий, магний, железо, цинк, бор, медь, сера и марганец, которые остро необходимы для роста и метаболизации растений. После определения химического состава образцы проб, содержащих (масс. %): магния 4,0-8,0; бора 0,1-0,3; марганца 0,3-1,0; меди 0,03-0,2; железа 0,2-0,4; молибдена 0,1-0,6; серы 0,2-0,6; пентаоксида фосфора 16,2-18,4, оставляли в естественных условиях хранения для определения их физических свойств на слеживаемость и слипаемость при влажности окружающей среды от 50 до 85%. Определение свойств тукосмесей на слеживаемость и слипаемость проводили визуально путем естественного изгиба листовых подложек, на которых хранились образцы тукосмесей.

На основании полученных результатов исследований разработана технология и принципиальная технологическая схема получения тукосмеси на основе твердых отходов различных производств. В качестве компоненты шихты применяют обогащенный и обожженный при температуре 850–950 °С вермикулит, который используют для повышения пористости материала, удерживающего влагу почвы. В качестве добавки, содержащей гуматы и микроэлементы, также могут служить внутренние вскрышные породы и отсеvy мелочи, образующиеся при добыче бурых углей [3; 4].

Разработанная технология в корне отличается от общеизвестных технологий по-

лучения тукосмеси на основе смешения готовых продуктов минеральных удобрений, с учетом их совместимости.

Общеизвестно, что для получения экстракционной фосфорной кислоты (ЭФК) применяется фосфоритная руда, содержащая не менее 24,5% P_2O_5 . По традиционной технологии получения ЭФК для производства минеральных удобрений фосфорсодержащий сырьевой материал измельчается до класса менее 0,1 мм [11].

Промышленно освоенным способом является дигидратный метод, который основан на разложении фосфорсодержащего сырья серной кислотой с применением в качестве раствора разбавления оборотной фосфорной кислоты этого же производства в каскадно расположенных экстракторах. Полученная пульпа подвергается фильтрации от образовавшегося гипса, называемой фосфогипсом из-за наличия в нем незначительного количества непромытой фосфорной кислоты. Фосфогипс после промывки с определенной влажностью направляется в хвостохранилище. Хранение этого продукта, являющегося издержками производственного процесса, нарушает экологическое равновесие химического состава атмосферы и подземных вод.

Принципиальная аппаратурно-технологическая схема получения тукосмеси, содержащей микроэлементы, показана на рисунке 2. Фосфоритную мелочь класса 0–5 мм, образовавшуюся в процессе агломерации фосфоритов, из бункера поз. 1 посредством дозатора-питателя поз. 2 подают

в смеситель поз. 5, куда также поступают из бункера поз. 3 ВВП (внутренние вскрышные породы) и из бункера поз. 4 доломитизированный карбонатно-кремнистый фосфорит месторождения Аксай. Все компоненты, поданные в определенных соотношениях, тщательно перемешивают в смесителе поз. 5. Затем шихту подают питателем во вращающуюся барабанную печь поз. 6, где ее подвергают сушке при температуре 150–350 °С и термической обработке при 850–950 °С. Далее продукт поступает в холодильный агрегат поз. 8, где его охлаждают до 40 °С и направляют в эллиптическую шаровую мельницу барабанного типа, а затем измельчают до фракции менее 0,1 мм, сюда же поступают золошлак из бункера поз. 9 и бурый уголь из бункера поз. 10.

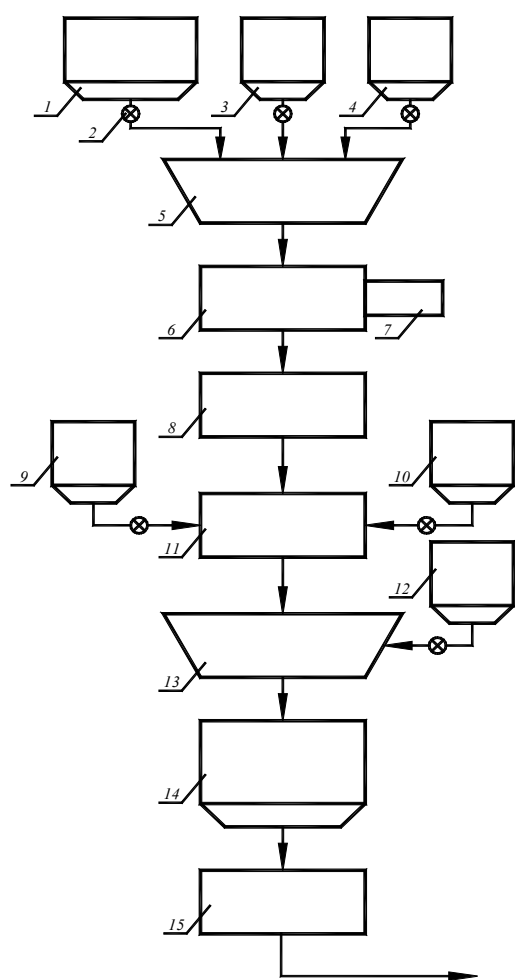


Рис. 2. Принципиальная аппаратно-технологическая схема получения тукосмеси, содержащей микроэлементы:
1, 3, 4, 9, 10, 12, 14 – бункеры;
2 – дозатор-питатель; 5, 13 – смесители;
6 – барабанная печь; 7 – горелка; 8 – холодильник;
11 – мельница; 15 – фасовочная машина

Измельченный материал подают в смеситель поз. 13, куда направляют обожженный вермикулит класса менее 0,1 мм из бункера поз. 12 при помощи дозатора-питателя и тщательно перемешивают в смесителе поз. 13, далее шихтовый материал направляют в центральный накопительный бункер поз. 14, а затем подают в фасовочную машину поз. 15. Упакованный в пакеты и мешки готовый продукт отправляют потребителям.

В результате проведенных исследований разработана технология и технологическая схема производства тукосмеси на основе прокаленной мелочи фосфорита, забалансового доломитизированного карбонатно-кремнистого фосфатного сырья и вермикулита, с введением в качестве гуматсодержащих добавок внутренних вскрышных пород угледобычи бурых углей.

Преимущественным отличием разработанной технологии от существующих ранее является то, что не требуется проведения процесса экстракции фосфорсодержащего сырья, при которой образуется значительное количество абсорбированного фосфогипса. Кроме этого, полученная тукосмесь не слеживается, не гигроскопична за счет притягивания влаги атмосферного воздуха и частичного комкообразования образцов путем слипания мелких частичек между собой и легко подвергается рассеиванию или внесению в почву на существующих агротехнических средствах под сельскохозяйственные культуры.

Все указанные преимущества позволяют в значительной степени решить экологические вопросы промышленных регионов с получением тукосмесей пролонгированного действия. В осенне-зимние и весенне-летние периоды года и при атмосферных осадках появляются сточные воды, наносящие невосполнимый ущерб водной среде из-за наличия в них нерастворимых, а также малорастворимых вредных веществ, которые влияют на качество и количество продукции сельскохозяйственных культур. В жаркую погоду происходит выделение газовых соединений, ухудшающих чистоту атмосферного воздуха не только промышленного региона и страны в целом, но и трансграничных государств.

Выводы

1. На основании проведенных анализов выявлены химические составы забалансового доломитизированного карбонатно-кремнистого фосфатного сырья, содержащего (масс. %) оксида фосфора – 19,1,

фосфора – 8,32, калия – 1,49, магния – 1,72, кальция – 29,85, марганца – 1,7.

2. Золошлак ТЭЦ, образующийся при сжигании углей месторождений Богатырь и Майкубе, содержит в своем составе (масс. %): оксида алюминия – 24,3 и 24,6; оксида железа – 5,2 и 5,9; оксида магния – 1,03 и 0,83; оксида натрия и калия – 0,79 и 0,61; оксида кальция – 4,9–3,7.

3. Установлено, что содержание макро- и микроэлементов в наиболее оптимальных образцах составляет (масс. %): магния 4,0-8,0; бора 0,1-0,3; марганца 0,3-1,0; меди 0,03-0,2; железа 0,2-0,4; молибдена 0,1-0,6; серы 0,2-0,6; пентаоксида фосфора 16,2-18,4, что позволяет эффективно использовать их в качестве удобрений – тукосмесей, остро необходимых для нормального роста и развития растений.

4. Изучение состава золы углей разрезов Богатырь и Майкубе и химического состава доломитизированного карбонатно-кремнистого фосфатного сырья месторождения Аксай предопределяет возможность их использования при получении новой номенклатуры тукосмеси для агропромышленного комплекса.

Список литературы / Reference

1. Химия Украины и мира. Мировой рынок минеральных удобрений, 2007-2019. [Электронный ресурс]. URL: <https://ukrchem.dp.ua/2013/09/27/mirovoj-rynok-mineralnyx-udobrenij.html> (дата обращения: 25.01.2022).
Chemistry of Ukraine and the world. World market of mineral fertilizers, 2007-2019. [Electronic resource]. URL: <https://ukrchem.dp.ua/2013/09/27/mirovoj-rynok-mineralnyx-udobrenij.html> (date of access: 25.01.2022) (in Russian).
2. Тарчевский В.В. Биологические методы консервации золоотвалов тепловых электростанций Урала. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.doc.knigi-x.ru/22biologiya/482864-1-biologicheskie-metodi-konservacii-zolootvalov-teplovih-elektrostanciy-urala-vvedenie-elektrifikaciya-narod.php>. pdf (дата обращения: 25.01.2022).
3. Tarchevsky V.V. Biological methods of conservation of ash dumps of thermal power plants in the Urals. [Electronic resource]. URL: <http://www.doc.knigi-x.ru/22biologiya/482864-1-biologicheskie-metodi-konservacii-zolootvalov-teplovih-elektrostanciy-urala-vvedenie-elektrifikaciya-narod.php>. pdf (date of access: 25.01.2022) (in Russian).
4. Zhantasov K.T., Dormeshkin O.B., Moldabekov Sh.M., Minakovskiy A.F., Aibalaeva K.D., Zhantasova D.M., Bazhirov K.N., Omarov B.T. Новые виды фосфорсодержащих комплексных удобрений и тукосмесей. Технология получения и агрохимическая эффективность: монография. Минск: БГТУ, 2020. 325 с.
5. Zhantasov K.T., Dormeshkin O.B., Moldabekov Sh.M., Minakovskiy A.F., Aibalaeva K.D., Zhantasova D.M., Bazhirov K.N., Omarov B.T. New types of phosphorus-containing complex fertilizers and fertilizer mixtures. Production technology and agrochemical efficiency: monograph. Minsk: BGTU, 2020. 325 p. (in Russian).
6. Yang R., Su Y., Wang T., Yang Q. Effect of chemical and organic fertilization on soil carbon and nitrogen accumulation in a newly cultivated farmland. *Jour. of Integrative Agriculture*. 2016. vol. 15. no. 3. P. 658-666.
7. Tanirbergenov S, Saparov A, Suleymenov B. Methods of increasing productivity and environmental sustainability of cotton on irrigated light gray soils of the South Kazakhstan region. *International Congress on "Soil Science in International Year of Soils"*. Sochi, 2015. P. 405-408.
8. Jyoti S. Trivedi, Sandeep N., Chakradhar I. Optimum Utilization of Fly Ash for Stabilization of Sub-Grade Soil using Genetic Algorithm. *Procedia Engineering*. 2013. Vol. 51. P. 250-258.
9. Справочник агрохимика. М.: Россельхозиздат, 1980. 286 с.
10. Handbook of an agrochemist. М.: Rosselkhozizdat, 1980. 286 p. (in Russian).
11. Соколовский А.А., Унанянц Т.П. Краткий справочник по минеральным удобрениям. М.: Химия, 1977. 376 с.
12. Sokolovsky A.A., Unanyants T.P. A short guide to mineral fertilizers. М.: Chemistry, 1977. 376 p. (in Russian).
13. Beysenbayev O. K., Tleuov A. S., Smailov B.M., Zakirov B. S «Obtaining and research of physical and chemical properties of chelated polymer-containing microfertilizers on the basis of technogenic waste for rice seed biofortification» *News of the National academy of sciences of the republic of Kazakhstan, series of Geology and technical sciences*. 2019. № 1 (433). Almaty. P. 80-89.
14. Копылев Б.А. Технология экстракционной фосфорной кислоты. Л.: Химия, 1981. 234 с.
15. Kopylev B.A. Phosphoric acid extraction technology. L.: Chemistry, 1981. 234 p. (in Russian).

УДК 628.11:556

АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ВОДЫ ОТ ВОДОЗАБОРА ДО ПОТРЕБИТЕЛЯ

Качалова Г.С.

*Тюменский индустриальный университет (учебное подразделение Строительный институт),
Тюмень, e-mail: galinakachalova@mail.ru*

Снабжение питьевой водой города Тюмени осуществляется из двух источников. Около 40% – из подземных источников Велижанского водозабора. 60% – из Метелёвского водозабора, источником для которого служит река Тура, являющаяся наиболее протяжённым притоком реки Тобол. По принятой классификации химического состава вод, вода реки Тура принадлежит к гидрокарбонатному типу с преобладанием главного аниона HCO_3^- ; а также значительного количества сульфатов, из катионов присутствуют кальций и магний в количестве до 300-450 мг/л, что соответствует средней минерализации. На участке города Тюмени качество воды в реке Тура подходит классу «чрезвычайно грязная». Цель исследования – анализ качества воды в реке Тура, на Велижанском и Метелёвском водозаборах, а также в различных районах частного сектора г. Тюмени; сравнение качества воды из различных водозаборных колонок с характеристиками воды Велижанского, Метелёвского водозаборов. Анализировали физические показатели качества воды: цветность, запах, вкус, прозрачность, плотность; химические: жёсткость, щёлочность, кислотность, водородный показатель pH, окисляемость, остаточный хлор. Анализу подвергалась вода из колонок, расположенных в шести районах частного сектора города Тюмени: Заречный (улица Береговая, 205), Мыс (улица Глинки, 16), Лесобазы (улица Константина Заслонова, 40), улица Воровского, Дом Оборона (улица Ямская, 48), Букино (Полетаева, 30А). Состояние воды на Велижанском и Метелёвском водозаборах отвечает требованиям действующего СанПиН, но, проходя многокилометровый путь от водозабора до потребителя, меняет свои исходные показатели в худшую сторону. Необходимо совершенствовать как сам процесс водоподготовки, так и качество трубопроводов.

Ключевые слова: вода питьевая, показатели качества воды, водозабор, частный сектор, потребитель

ANALYSIS OF CHANGES IN WATER QUALITY FROM WATER INTAKE TO CONSUMER

Kachalova G.S.

*Department of General and Special Chemistry, the Industrial University of Tyumen,
Tyumen, e-mail: galinakachalova@mail.ru*

The supply of drinking water in the city of Tyumen is carried out from two sources. About 40% – from underground sources of Velizhansky water intake. 60% – Metelevisky water intake, the source of which is the Tura River, which is the longest tributary of the Tobol River. According to the accepted classification of the chemical composition of the waters, the water of the Tura River belongs to the hydrocarbonate type with the predominance of the main anion HCO_3^- ; as well as a significant amount of sulfates, calcium and magnesium are present from cations in an amount of up to 300-450 mg/l, which corresponds to average mineralization. On the site of the city of Tyumen, the water quality in the Tura River fits the “extremely dirty” class. The purpose of the study is to analyze the water quality in the Tura River, at the Velizhansky and Metelevisky water intakes, as well as in various areas of the private sector of Tyumen; comparison of water quality from various water intake columns with water characteristics of Velizhansky and Metelevisky water intakes. Physical indicators of water quality were analyzed: color, smell, taste, transparency, density; chemical – stiffness, alkalinity, acidity, hydrogen pH, oxidability, residual chlorine. Water from columns located in six areas of the private sector of the city of Tyumen was analyzed: Zarechny (Beregovaya street, 205), Cape (Glinka street, 16), Lesobaz (Konstantin Zaslouov street, 40), Vorovsky street, House of Defense (Yamskaya street, 48), Bukino (Poletaeva, 30A). The state of water at Velizhansky and Metelevisky water intakes meets the requirements of the current SanPIN, but, passing a multi-kilometer path from the water intake to the consumer, it changes its initial indicators for the worse. It is necessary to improve both the water treatment process itself and the quality of pipelines.

Keywords: drinking water, water quality indicators, water intake, private sector, consumer

Снабжение питьевой водой города Тюмени осуществляется из двух источников. Около 40% – от подземных источников Велижанского водозабора. 60% – из Метелёвского водозабора, источником для которого служит река Тура, являющаяся наиболее протяжённым притоком реки Тобол. Река Тура впадает в реку Тобол, имеет длину 1030 км, беря начало на восточном склоне Среднего Урала. Для реки Тура характерны: четко выраженное весеннее половодье, летние и осенние дождевые паводки, ежегодно

повторяющееся сезонное стояние низких (меженных) уровней воды в реках. В поступлении в реку Тура вод преимущественное значение имеют снеговые воды. Имеет место изменение сезонного соотношения подземной и поверхностной составляющих стока. Таловые воды в суммарном годовом стоке вод составляют приблизительно 50%, подземный поток составляет порядка 28% стока. По принятой классификации химического состава вод, вода реки Тура принадлежит к гидрокарбонатному типу с преобла-

данием главнейшего аниона HCO_3^- , а также значительного количества сульфатов, из катионов присутствуют кальций и магний в количестве до 300-450 мг/л, что соответствует «средней минерализации». Сумма ионов в речной воде в течение года обычно колеблется от 200 до 621 мг/л. Жесткость воды находится в пределах от 0,6 ммоль/л в весеннее половодье до 4,5 ммоль/л в зимнее время. В реке Тура из органических соединений имеют место растворённые гуминовые и фульвокислоты. На участке города Тюмени качество воды в реке Тура подходит к классу «чрезвычайно грязная». В реку Тура сточные воды металлургических заводов Свердловской области приносят свинец, олово, кадмий, хром, никель, медь, мышьяк, цинк. В результате концентрация тяжелых металлов в 15-30 раз превышает ПДК. В 10-30 раз превышает ПДК концентрация нефтепродуктов как следствие аварий при эксплуатации месторождений и транспортировке нефти. Наряду с нефтепродуктами имеет место загрязнение продуктами неорганического происхождения: азотсодержащими веществами, нитратами [1-3].

Технология обработки воды на Метелевском водозаборе состоит из следующих стадий: хлорирование, коагуляция, флокуляция, отстаивание воды, фильтрация с последующим хлорированием. Цель первичного хлорирования – обеззараживание воды. Цель коагуляции – удаление из воды коллоидно-дисперсных примесей. Цель флокуляции – интенсификация процесса слипания коллоидных частиц, ускорение образования хлопьев, уплотнения их с последующим выпадением в осадок. С начала процесса очистки до его завершения проходит от 2,5 до 4 часов [4; 5].

Велижанский водозабор – подземный источник водоснабжения, расположенный в 30 км от города. Система очистки воды, действующая с 1972 года на базе подземных источников Велижанского водозабора, заменена практически полностью на новую. На нем установлена технология аэрации (дегазация и фильтрация). Были выведены из эксплуатации и переоборудованы под аэраторы-дегазаторы четыре фильтра водозабора. К кварцевому песку, который использовался в фильтрах ранее для очистки, добавили новый материал – «Бризант», способный удалять примеси молекулярного характера [6].

Вода из Метелевского и Велижанского водозаборов закольцована в единую систему, от которой и забирается в водозаборные

колонки, расположенные в разных частях города. Водозаборная колонка представляет собой специальное приспособление, которое необходимо для подачи воды из центрального водопровода.

Цель исследования – определение качества воды в реке Тура, на Велижанском и Метелевском водозаборах, а также в различных районах частного сектора г. Тюмени; сопоставление качества воды из различных водозаборных колонок с характеристиками воды Велижанского, Метелевского водозаборов.

Материалы и методы исследования

Исследовали воду из колонок, расположенных в шести районах частного сектора города Тюмени, а именно: Заречный (улица Береговая, 205), Мыс (улица Глиники, 16), Лесобаза (улица Константина Заслонова, 40), улица Воровского, Дом Оборона (улица Ямская, 48), Букино (Полетаева, 30А). Карта расположения исследуемых колонок – места отбора проб представлены на рисунке.

Пробы были отобраны 8.04.2021 г. в соответствии с действующей методикой отбора проб [7]. Средняя цифра показателя выведена на основании трёх определений. Исследования проводились в учебно-исследовательской лаборатории кафедры общей и специальной химии, Строительный институт, ТИУ.

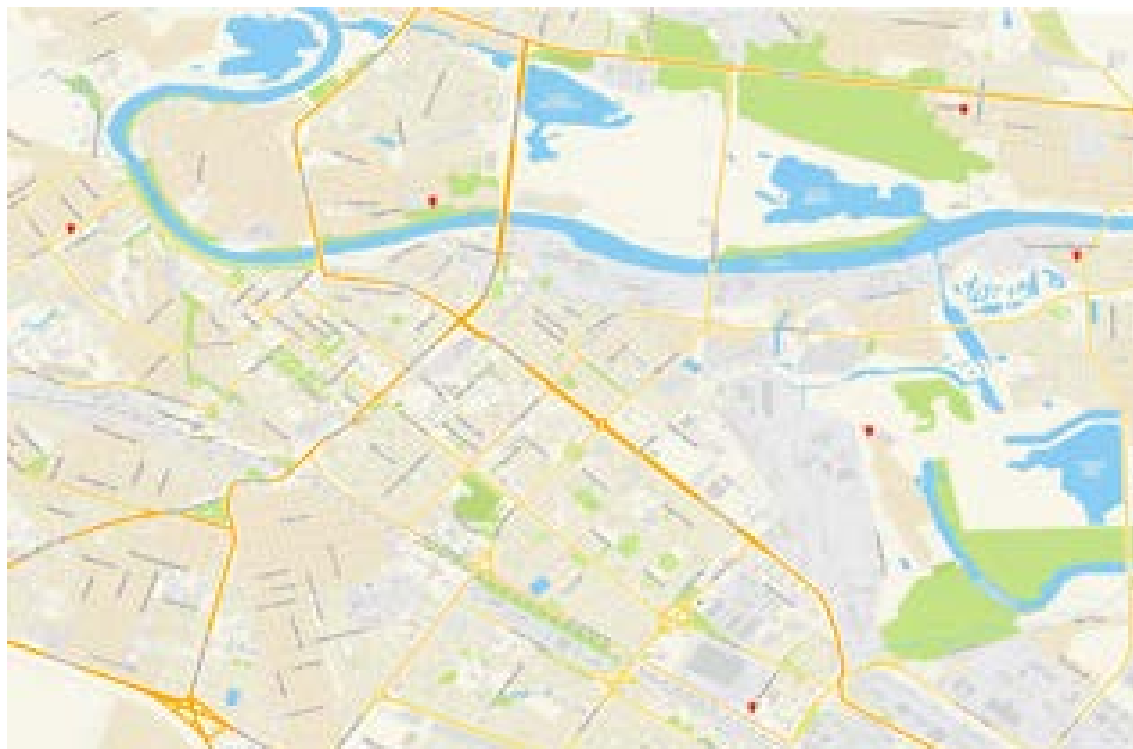
Исследовали основные физические и химические показатели: физические – запах, вкус, цветность, прозрачность, плотность; химические – щёлочность, кислотность, жёсткость, окисляемость, водородный показатель pH, остаточный хлор.

Методы анализа физических показателей

Для определения цветности воды был применен метод сравнительной оценки (по бихромат-кобальтовой шкале). Выбор бихромат-кобальтовой шкалы обусловлен цветностью природных вод, характерной для заболоченных территорий Тюменской области [8].

Вкус и запах определяли по пятибалльной шкале в соответствии с методикой определения. Запах характеризовался по соответствующим принятым признакам (землистый, болотный, рыбный, гнилостный, ароматический...) [8, 9].

Прозрачность воды определяли методом шрифта – путем чтения стандартного шрифта через столб воды, находящийся в цилиндре при условии помещения цилиндра на высоту 4 см от стандартного шрифта. Прозрачность воды выражается в сантиметрах максимальной высоты столба воды, сквозь который отчетливо читается шрифт [8].



*Карта расположения исследуемых колонок:
• места забора проб воды*

Плотность воды определяли ареометром с точностью до третьего десятичного знака.

Определение химических показателей: общую жесткость определяли комплексно-метрическим методом путем титрования Т-Б (Трилон-Б) с индикатором эриохромом черным в присутствии аммонийной буферной смеси до перехода вишнево-красной окраски в синюю [8].

Перманганатную окисляемость воды определяли методом обратного титрования перманганатом калия (KMnO_4) по методу Шульца в щелочной среде и по методу Кубеля в кислой среде [8].

Щелочность воды определяли титрованием соляной кислотой последовательно с индикатором фенолфталеином и метилоранжем. Наблюдалось отсутствие щелочности по фенолфталеину (отсутствует малиновая окраска). При последующем добавлении метилоранжа наблюдался переход окраски с желтой до розовой [8].

pH воды определялся с помощью прибора pH-метра марки И-160 [8].

Общую кислотность воды определяли титрованием щелочью NaOH с индикатором фенолфталеином до появления не исчезающей слабозеленой окраски [8].

Остаточный хлор определяли по KI в кислой среде, титрованием $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ в присутствии ацетатной буферной смеси и индикатора крахмала [8].

Результаты исследования и их обсуждение

Показатели качества воды Велижанского и Метелёвского водозаборов представлены в таблице 1.

Выводы: цветность воды от Метелёвского водозабора выше, возможно, это можно объяснить сезоном года, временем отбора проб – период весеннего половодья. Землистый запах воды Велижанского водозабора характерен для подземных источников водоснабжения, каким и является Велижанский водозабор. Запах хлора на Метелевском водозаборе – результат прехлорирования, что практикуется в период весеннего половодья. Вода на Велижанском водозаборе более прозрачная, возможно, это объясняется тем, что вода, проходя через слой грунта, фильтруется, очищается. Жесткость воды обоих водозаборов <4 ммоль/л. Вода по характеру, в соответствии с классификацией природных вод по жесткости, определяется как «мягкая», что является очевидным, по-

сколько река Тура протекает по заболоченной территории Тюменской области. Окисляемость воды Велижанского водозабора выше по сравнению с водой Метелёвского. Возможно, это обусловлено повышенным содержанием в подземной воде катионов Fe^{+2} , которые, окисляясь до Fe^{+3} , дают более высокие значения окисляемости. Повышенное содержание остаточного хлора в воде Метелевского водозабора связано с прехлорированием воды в период половодья. Показатели качества воды в реке Тура, Метелёвском и Велижанском водозаборах

и различных районах города Тюмени представлены в таблице 2.

Анализируем цветность воды в водоразборных колонках районов: Мыса, Лесобазы, улицы Воровского, Заречного – цветность воды сохранилась только в Букино, в остальных ухудшилась. Это объясняется тем, что в воду попадают катионы железа в результате коррозии труб, а также жизнедеятельности микроорганизмов, которыми обрастает внутренняя сторона труб; а также возможно попадание болотных вод (гумуса) во время ремонтных работ [10].

Таблица 1

Результаты исследования качества воды Велижанского и Метелёвского водозаборов

Показатели качества		Велижанский водозабор	Метелевский водозабор	
Физические	цветность (градусы)	5	25	
	запах (баллы)	3 – землистый	2 – запах хлора	
	вкус (баллы)	1 – горький	3 – кислый	
	прозрачность (см)	30	26	
	плотность (кг/м ³)	996	994	
Химические	жесткость	общая жесткость (моль/л)	2,00	2,27
		по Кубелю (мг·л ⁻¹)	1,60	1,26
	окисляемость	по Шульцу (мг·л ⁻¹)	2,15	1,66
		хлор остаточный (мг/л)	0,50	0,60

Таблица 2

Показатели качества воды в различных районах города Тюмени

Позиция	Цветность, град.	Запах, баллы	Вкус, баллы	Прозрачность, см	Плотность, кг/м ³	Жёсткость, ммоль/л	Окисляемость, мгО ₂ /л	Щёлочность, ммоль/л	Кислотность, ммоль/л	pH
Река Тура	>30	Болотный – 4	-	11	996	1,2	20,6	1,2	1,1	6,7
Букино	15	0	0	30	996	2,7	5,5	5,7	2,2	6,7
Мыс	25	0	0	30	995	2,7	5,9	6,4	1,0	7,3
Лесобазы	30	0	0	30	995	2,8	5,0	5,6	0,9	7,3
Улица Воровского	30	0	0	28	996	2,4	5,2	5,4	2,2	6,7
Дом Оборона	5	0	Металлич. – 3	30	994	2,3	4,9	2,8	1,0	6,8
Заречный	25	0	Приятный – 2	30	995	2,4	3,3	5,8	0,8	7,7
Велижанский водозабор	5	Землистый – 3	Горький – 1	30	996	2,0	2,15	5,0	1,0	7,1
Метелёвский водозабор	20	Запах хлора	Кислый – 3	26	994	2,27	1,6	5,2	1,0	6,9
ПДК	20	3	3	30	1000	7,0	5,0	0,5-6,5	1,0	6,5-9,5

Сравниваем вкус: в воде Велижанского водозабора в ходе исследований был обнаружен очень слабый горький привкус. Горький вкус, вероятно, придает воде сульфат-анионы SO_4^{2-} (подземный водозабор). В Заречном микрорайоне вода имеет приятный привкус, обусловленный, по-видимому, наличием в ней растворенных газов CO_2 и O_2 . На улице Ямской металлический привкус, возможно, объясняется новизной труб.

Жесткость воды: в Тюмени вода мягкая. Некоторые повышения жесткости в десятых единицах в Букино, Лесобазе, на Мысу и в Заречном. На Ямской и Метелевском водозаборе жесткость одинакова. Некоторое повышение жесткости объясняется увеличением рН у образцов: Заречного, Мыса и Лесобазы и, соответственно, их щелочности, поскольку при более высоких рН увеличивается содержание в воде карбонат-анионов, следовательно, жесткость может увеличиваться.

Кислотность: самая высокая кислотность – на Воровского и в Букино. Возможно обрастание труб микроорганизмами, в результате их жизнедеятельности – выделения катионов водорода H^+ из H_2 водородными бактериями.

Окисляемость: повышение окисляемости в частном секторе г. Тюмени можно объяснить появлением веществ, способных окисляться. Например, катионов Fe^{2+} – в результате коррозии трубопроводов, попадания дождевых вод в момент ремонтных работ, размножения микроорганизмов. Ухудшение качества воды, в частности ее окисляемости, можно предотвратить заменой металлических труб на пластмассовые, что и делается в городе Тюмени.

Заключение

Исследовали качество воды в реке Тура, на Велижанском и Метелевском водозаборах, а также в различных районах частного сектора города Тюмени. Сравнили качество воды из различных водозаборных колонок с характеристиками воды Велижанского и Метелевского водозаборов. Качество воды водозаборов Велижанского и Метелевского отвечает требованиям действующего СанПиНа [11].

Но, проходя многокилометровый путь от водозабора до потребителя, вода меняет свои исходные показатели в худшую сторону. Необходимо совершенствовать как сам процесс водоподготовки, так и качество трубопроводов.

Список литературы / Reference

1. Российская Академия наук Сибирское отделение Институт водных и экологических проблем СО РАН. Новосибирск: СО РАН, 2012. 236 с.

Russian Academy of Sciences Siberian Branch Institute of Water and Environmental Problems SB RAS. Novosibirsk: SO RAN, 2012. 236 p. (in Russian).

2. Артёменко С.В., Петухова Г.А. Биоэкологическое исследование воды урбанизированных участков реки Туры // Вестник Тюменского Государственного университета. 2013. № 12. С. 199-203.

Artyomenko S.V., Petukhova G.A. Bioecological study of the water of urbane-dependent sections of the Tura River // Vestnik Tyumenskogo Gosudarstvennogo universiteta. 2013. № 12. P. 199-203 (in Russian).

3. Качалова Г.С., Ткаченко А.П. Экологическая характеристика воды рек Тюменской области и прилегающих районов: материалы Международной научно-практической конференции. Тюмень: ТИУ. 2017. № 3. С. 74-78.

Kachalova G.S., Tkachenko A.P. Ecological characteristic of the water of the rivers of the Tyumen region and adjacent areas: materialy Mezhdunarodnoy nauchno – prakticheskoy konferentsii. Tyumen: TIU. 2017. № 3. P. 74-78 (in Russian).

4. О предприятии – ООО «Тюмень Водоканал». [Электронный ресурс]. URL: <https://www.vodokanal.info/about/> (дата обращения: 06.01.2022).

About the enterprise – Tyumen Vodokanal LLC. [Electronic Resource]. URL: <https://www.vodokanal.info/about/> (date of appeal: 06.01.2022) (in Russian).

5. История Метелевского водозабора и влияние на экологию. [Электронный ресурс]. URL: <https://studbooks.net/513868/bzhd/tyumenrosvodokanalkadrovayapolitika> (дата обращения: 06.01.2022).

History of Metelevsky water intake and environmental impact. [Electronic Resource]. URL: <https://studbooks.net/513868/bzhd/tyumenrosvodokanalkadrovayapolitika> (date of appeal: 06.01.2022). (in Russian).

6. Жулин А.Г., Ильин А.Д. К вопросу истории технологии очистки воды на станции обезжелезивания Велижанского водозабора // Строительный вестник. Тюмень: ТИУ, 2019. № 4 С. 40-44.

Zhulin A.G., Ilyin A.D. To the question of the history of water treatment technology at the depollation station of the Velizhansky water intake // Stroitel'nyy vestnik. Tyumen: TIU. 2019. № 4. P. 40-44 (in Russian).

7. ГОСТ 31862-2012. Вода питьевая. Отбор проб. Межгосударственный стандарт. М.: Стандартинформ. 2013.

8. Качалова Г.С., Казанцева Е.Ю. Химия воды: Учебное пособие. Тюмень: ТИУ, 2019. 140 с.

Kachalova G.S., Kazantseva E.Yu. Water chemistry: Textbook. Tyumen: TIU. 2019. 140 p. (in Russian).

9. ГОСТ Р 57164-2016. Вода питьевая. Методы определения запаха, вкуса и мутности. Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. М.: Стандартинформ, 2016.

10. Кульский Л.А., Левченко Т.М., Петрова М.В. Химия и микробиология воды. Практикум. Киев: Высшая школа, 1987. 172 с.

Kulsky L.A., Levchenko T.M., Petrova M.V. Chemistry and water microbiology. Workshop. Kiev: Vysshaya shkola, 1987. 172 p. (in Russian).

11. СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Госкомсанэпиднадзор России. М.: Издательство стандартов, 2001.

SanPiN 2.1.4.1074-01. Drinking water. Hygienic water quality requirements centralized drinking water supply systems. Quality control. Goskomsanepidnadzor of Russia. M.: Izdatel'stvo standartov, 2001 (in Russian).

УДК 552

МЕХАНИЗМ ОБРАТНОЙ НАМАГНИЧЕННОСТИ ГОРНЫХ ПОРОД КАРАЧАЕВО-ЧЕРКЕССИИ (СЕВЕРНЫЙ КАВКАЗ)

Урусова Б.И., Болатчиева М.С.-Х.

*ФГОУ ВО «Карачаево-Черкесский государственный университет имени У.Д. Алиева»,
Карачаевск, e-mail: urusova50@mail.ru*

В работе осуществлен комплексный подход для изучения механизма образования обратной намагниченности в горных породах габбро-базальт и базальт. На образцах горных пород габбро-базальт, базальт был проведен спектральный анализ и баллистическим методом измерена естественная остаточная намагниченность в широком интервале температур при небольших магнитных полях. Определены индуцированная намагниченность – J и коэффициент пропорциональности – α . Показано, что механизм процессов самообращения остаточной намагниченности в горных породах габбро-базальт и базальт соответствует по характеру взаимодействия между подрешетками – магнитостатическому; обратная намагниченность в горных породах габбро-базальт и базальт возникает за счет минералов, обладающих различными магнитными свойствами, и зависит от температуры, механического напряжения, химических превращений, переменного магнитного поля и времени. В горных породах габбро-базальт и базальт механизм самообращения происходит при намагничивании первой фазы в размагничивающем поле второй фазы. При этом расстояние между вкрапленными магнитными зёрнами не велико и соответствует размерам однодоменной частицы, которое возникает при усреднении значений в объеме горных пород габбро-базальт, базальт в магнитном поле. Получено, что при термообработке горных пород габбро-базальт и базальт (соответственно 760 °K и 680 °K) происходит самообращение намагниченности, и при этом наблюдается слабое взаимодействие между фазами. Показано, что необходимыми и достаточными условиями при изучении механизма обратной намагниченности в горных породах габбро-базальт и базальт являются: 1) первичность магнитных горных пород; 2) степень сохранности; 3) наличие структур распада и окисления; 4) наличие и время образования вторичных магнитных минералов.

Ключевые слова: горные породы, габбро-базальт, базальт, обратная и остаточная намагниченность, магнитное поле, температура, спектральный анализ, магнитостатический

THE MECHANISM OF REVERSE MAGNETIZATION OF ROCKS OF KARACHAY-CHERKESSIA (NORTH CAUCASUS)

Urusova B.I., Bolatchieva M.S.-X.

*Karachay-Cherkess State University named after U.D. Aliyev, Karachayevsk,
e-mail: urusova50@mail.ru*

A comprehensive approach has been implemented to study the mechanism of reverse magnetization formation in gabbro-basalt and basalt rocks. Spectral analysis was carried out on samples of gabbro-basalt and basalt rocks and the natural residual magnetization was measured using a ballistic method in a wide temperature range with small magnetic fields. The induced magnetization – J and the proportionality coefficient – α are determined; it is shown that the mechanism of the processes of self-rotation of residual magnetization in rocks gabbro-basalt and basalt corresponds in nature to the interaction between sublattices-magnetostatic; reverse magnetization in gabbro-basalt and basalt rocks occurs due to minerals having different magnetic properties and depend on temperature, mechanical stress, chemical transformations, alternating magnetic field and time. In gabbro-basalt and basalt rocks, the self-rotation mechanism occurs when the first phase is magnetized in the demagnetizing field of the second phase. At the same time, the distance between the interspersed magnetic grains is not large, and correspond to the size of a single domain, which occurs when averaging values in the volume of rocks gabbro-basalt, basalt in a magnetic field. It was found that during the heat treatment of gabbro-basalt and basalt rocks, respectively: 760K and 680K, self-rotation of magnetization occurs and at the same time, weak interaction between phases is observed. It is shown that a necessary and sufficient condition for studying the mechanism of reverse magnetization in gabbro-basalt and basalt rocks are: 1) the primacy of magnetic rocks; 2) the degree of preservation; 3) the presence of decay and oxidation structures; 4) the presence and time of formation of secondary magnetic minerals.

Keywords: rocks, gabbro-basalt, basalt, reverse and residual magnetization, magnetic field, temperature, spectral analysis, magnetostatic

Естественная остаточная намагниченность горных пород очень сложна по своему характеру, так как горные породы, которые входят в состав земной коры, имеют как прямую, так и обратную намагниченность. Изучение механизма образования обратной намагниченности горных пород является одной из основных задач магнетизма.

При помощи обратной намагниченности горных пород можно объяснить инверсию главного геомагнитного поля. А также эффект самообращения вектора естественной остаточной намагниченности за счет физико-химических процессов, протекающих в горных породах.

При помощи магнитной памяти зерен горных пород можно охарактеризовать вели-

чину и направление геомагнитного поля земли в геологическом прошлом. Также можно изучить внутреннее строение Земли, процессов, происходящих в ядре и мантии Земли.

Поэтому представляет интерес исследовать механизм образования обратной намагниченности в горных породах габбро-базальт и базальт Карачаево-Черкесии (Северный Кавказ).

Целью данной работы является комплексное изучение механизма образования обратной намагниченности в горных породах габбро-базальт и базальт в широком интервале температур при небольших магнитных полях.

Данная работа является продолжением ранее нами опубликованной работы [1].

Материал и методы исследования

Для достижения поставленной цели измеряли намагниченность баллистическим методом и проводили спектральный анализ в горных породах габбро-базальт и базальт в широком интервале температур при небольших магнитных полях [2].

При измерении намагниченности чувствительным элементом служила аксиальная двухслойная катушка с дифференциальной намоткой секции, а образец протравливался через катушку, что позволяло избежать погрешности, связанной с первоначальным его положением. Запись сигнала с катушек осуществлялась автоматически при помощи ЭВМ. Стабилизация тока через образец осуществлялась с помощью схемы стабилизации тока на базе промышленного стабилизатора напряжения У-1199.

Падение напряжения на магазине сопротивлений R сравнивалось с ЭДС нормаль-

ного элемента, и разность обрабатывалась стабилизатором. Изменение тока производилось путем изменения сопротивлений. Сползание тока через образец не превышало 10^{-5} А/час. Погрешность измерений не превышала 0,5% [1; 2].

Для проведения спектрального анализа использовали ДФ – 24. Образцы горных пород очищали от внешних загрязнений и просушивали. Затем брали небольшое количество горных пород, так чтобы проба отражала средний состав анализируемого образца (10-15 г). Пробу предварительно дробили сначала на стальной плите, а затем в агатовой ступке. После того как образцы размельчены, отбирали 3-5 г квантованием и окончательно доводили до порошка с размером частиц 0,01 мм, из которых брали пробу на анализ.

Рядом с исследуемой пробой фотографировали несколько эталонов, концентрации в которых изменялись в 3-5 раз. Спектры эталонов и исследуемых проб фотографировали при одинаковых условиях: силе тока, дуговом промежутке, освещении щели спектрографа (СТЭ-1), величине навески и т.д. Полученную спектрограмму рассматривали с помощью спектропроектора ПС-18, подбирали соответствующие линии элемента в исследуемой пробе и эталонах и сравнивали почернения.

Равенство почернений линий элемента в исследуемой пробе с почернением этой же линии в одном из эталонов позволяет судить о концентрации. Зная содержание элемента в эталоне, мы, таким образом, устанавливали содержание его и в анализируемой пробе. Полученные результаты приведены на рисунке 1 [1; 2].

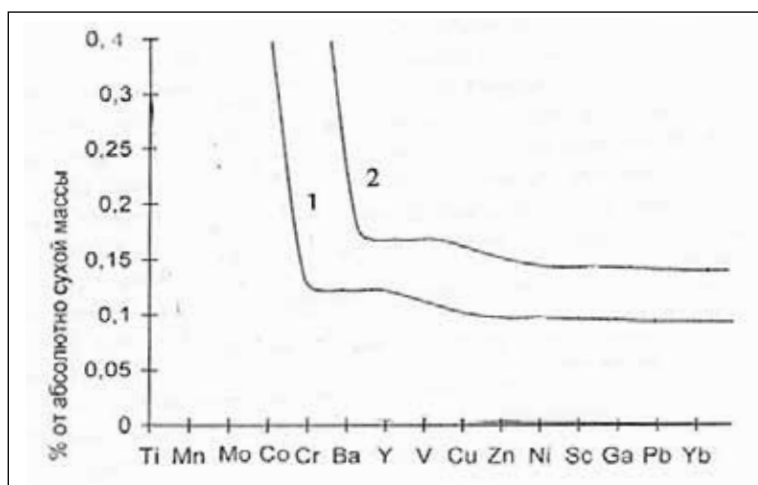


Рис. 1. Содержание химических элементов в образцах: 1 – габбро-базальт, 2 – базальт

Характеристика образцов горных пород габбро-базальт и базальт

№ п/п	Название породы	Название местности	Номер буровой скважины	Возраст
1	Габбро-базальт	КЧР, Зеленчукский район, правобережье р. Маруха	7/1051	$vPR - PZ_1$
2	Базальт	КЧР, Зеленчукский район, левобережье р. Маруха	17/1042	$PZ_1 - KR$

Образцы горных пород габбро-базальт и базальт были взяты совместно с геологами Карачаево-Черкесской Республики (Северный Кавказ) с известным соответствием номером буровой скважины и возрастом (таблица).

Результаты исследования и их обсуждение

Учитывая, что намагниченность J горных пород складывается из естественной остаточной – J_n и индуцированной J_j намагниченностей, определяли индуцированную намагниченность J_j как:

$$J_j = \alpha T, \quad (1)$$

где α – коэффициент пропорциональности; T – температура.

Исследования показали, что коэффициент пропорциональности α имеет тензорный характер при наличии в горных породах сильных магнитных минералов.

Из экспериментальных исследований следует, что механизм процессов самообращения остаточной намагниченности в горных породах габбро-базальт и базальт по характеру взаимодействия между подрешетками – магнитостатический [2-4].

В горных породах габбро-базальт и базальт наблюдается механизм самообращения при намагничивании первой фазы в размагничивающем поле второй фазы. При этом расстояние между вкрапленными магнитными зернами не велико и соответствует размерам однодоменной частицы [5].

Неодновременность намагничивания разных фаз в механизме самообращения остаточной намагниченности, по-видимому, связана с усреднением значений в объеме горных пород габбро-базальт и базальт, поэтому магнитное поле каждой частицы равно нулю. А это значит, что при изотропном распределении зерен обеих фаз магнитостатическое поле взаимодействия не может обеспечить самообращение намагниченности [6].

При комнатной температуре (20 °C) величина и направление естественной оста-

точной намагниченности оказались одинаковыми как в случае прямо намагниченных, так и обратно намагниченных горных пород. Это говорит о том, что горные породы имеют однородную намагниченность. Так как горная порода содержит мельчайшую вкрапленность магнетита (составляет ~7%) размером от 0,4 до 10 мкн. Из экспериментальных данных следует, что направление вектора естественной остаточной намагниченности прямо намагниченных образцов не меняется до 700 °C, а в полях до 800 °C совпадает с направлением внешнего поля. Далее при термообработке горных пород габбро-базальт и базальт соответственно при 760 °K и 680 °K наблюдается самообращение намагниченности, где наблюдается слабое взаимодействие между фазами.

Так как первоначальная намагниченность горных пород габбро-базальт и базальт может измениться под воздействием многих факторов, то для получения достоверной информации механизма обратной намагниченности горных пород габбро-базальт и базальт необходимыми и достаточными условиями являются: 1) первичность магнитных горных пород; 2) степень сохранности; 3) наличие структур распада и окисления; 4) наличие и время образования вторичных магнитных минералов.

Следует отметить, что в горных породах габбро-базальт и базальт содержатся вкрапленные минералы, обладающие различными магнитными свойствами, которые ответственны за образование обратной намагниченности.

На рисунках 2 и 3 приведены экспериментальные кривые образования обратной термоостаточной намагниченности при охлаждении горных пород габбро-базальт и базальт от 800 °K в различных магнитных полях: 1. $H=1,5$ Э; 2. $H=10,5$ Э; 3. $H=300$ Э; 4. $H=400$ Э.

Из рисунков 2 и 3 следует, что интенсивность обратной намагниченности габбро-базальта и базальта и их стабильность зависят от процентного соотношения магнитных и немагнитных зерен.

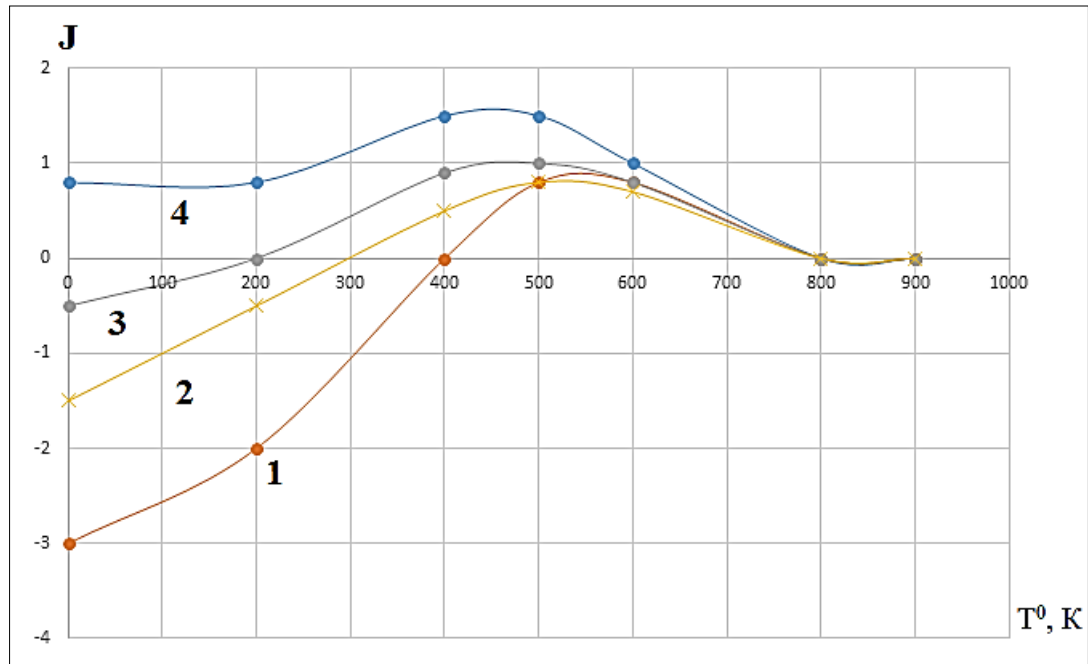


Рис. 2. Образование обратной намагниченности горной породы габбро-базальт при охлаждении от 800 °K в магнитных полях: 1. $H=1.5$ Э; 2. $H=10.5$ Э; 3. $H=300$ Э; 4. $H=400$ Э

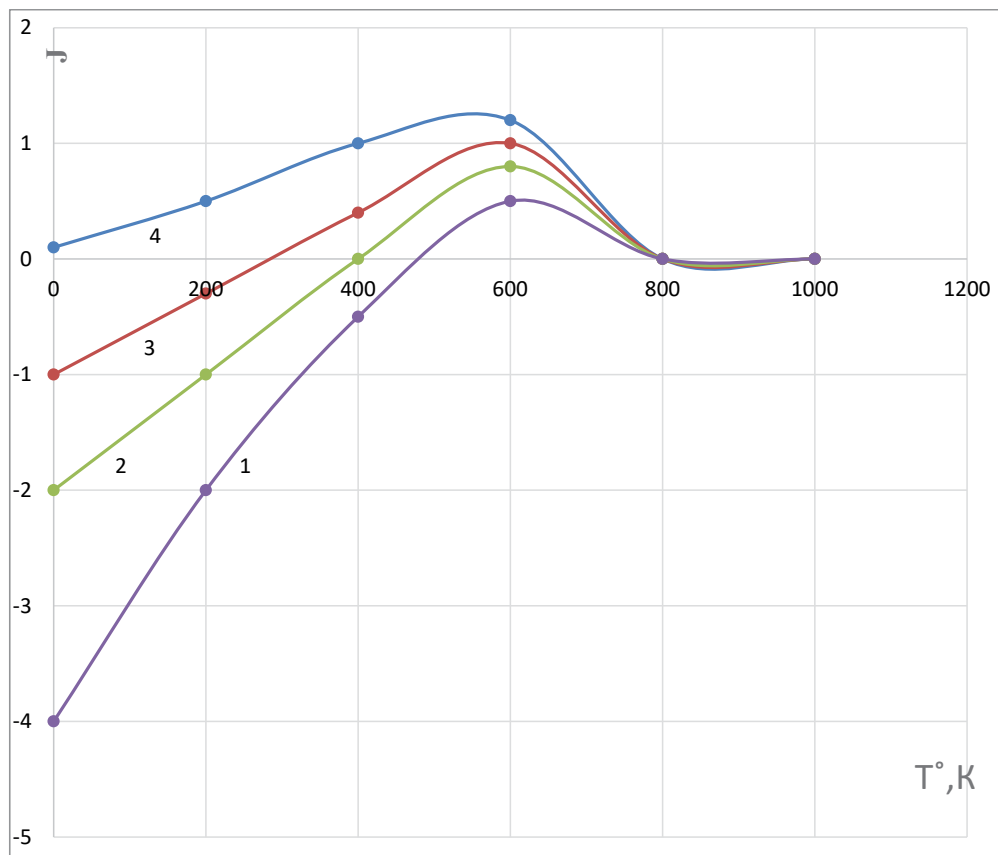


Рис. 3. Образование обратной термоостаточной намагниченности горной породы базальт при охлаждении от 800 °K в различных магнитных полях: 1. $H=1.5$ Э; 2. $H=10.5$ Э; 3. $H=300$ Э; 4. $H=600$ Э

Механизм обратной намагниченности горных пород габбро-базальт и базальт зависит от структуры и состава, которые определяются природными условиями или условиями лабораторной термообработки.

Существование обратной намагниченности в горных породах габбро-базальт и базальт, по-видимому, можно объяснить тем, что они содержат минералы, обладающие различными магнитными свойствами [7].

Таким образом, обратная намагниченность горных пород габбро-базальт и базальт зависит от температуры, механического напряжения, химических превращений, переменного магнитного поля и от времени.

При помощи обратной намагниченности горных пород можно объяснить инверсию главного геомагнитного поля. А также эффект самообращения вектора естественной остаточной намагниченности за счет физико-химических процессов, протекающих в горных породах габбро-базальт и базальт.

Выводы

1. Определены индуцированная намагниченность – J_i и коэффициент пропорциональности – α .

2. Механизм процессов самообращения остаточной намагниченности в горных породах габбро-базальт и базальт соответствует по характеру взаимодействия между подсетками магнитоэлектростатическому.

3. Обратная намагниченность в горных породах габбро-базальт и базальт возникает за счет минералов, обладающих различными магнитными свойствами, и зависит от температуры, механического напряжения, химических превращений, переменного магнитного поля и времени.

4. В горных породах габбро-базальт и базальт механизм самообращения происходит при намагничивании первой фазы в размагничивающем поле второй фазы. При этом расстояние между вкрапленными магнитными зернами не велико и соответствует размерам однодоменной частицы, которое возникает при усреднении значений в объеме горных пород габбро-базальт, базальт в магнитном поле.

5. Получено, что при термообработке горных пород габбро-базальт и базальт (соответственно 760 °К и 680 °К) происходит самообращение намагниченности, и при этом наблюдается слабое взаимодействие между фазами.

6. Необходимыми и достаточными условиями существования механизма обратной намагниченности в горных породах габбро-базальт и базальт являются: а) первичность магнитных горных пород; б) степень сохранности; в) наличие структур распада и окисления; г) наличие и время образования вторичных магнитных минералов.

7. При помощи обратной намагниченности горных пород габбро-базальт и базальт можно объяснить эффект самообращения вектора естественной остаточной намагниченности за счет физико-химических процессов, протекающих в горных породах габбро-базальт и базальт Карачаево-Черкесии (Северный Кавказ).

Список литературы / Reference

1. Урусова Б.И., Лайпанов М.З., Узденова Ф.А. Природа естественной остаточной намагниченности горных пород района реки Марухи (Северный Кавказ) // Успехи современного естествознания. 2020. №10. С. 139-143.
2. Urusova B.I., Laipanov M.Z., Uzdenova F.A. The nature of the natural residual magnetization of rocks of the Marukha River region (North Caucasus) // Uspekhi sovremennogo yestestvoznaniya. 2020. № 10. P. 139-143 (in Russian).
3. Urusova B.I., Laipanov U.M. Перемагничивание горных пород // Успехи современного естествознания. 2018. № 3. С. 128-132.
4. Urusova B.I., Laipanov U.M. Remagnetization of rocks // Uspekhi sovremennogo yestestvoznaniya. 2018. № 3. P. 128-132 (in Russian).
5. Belokon V.I., Dyachenko O.I. Long- and Short-Range Magnetic Order in Titanomagnetite. Phys. Solid Earth. 2020. Vol. 56 (6). P.888-891.
6. Ржевский В.В., Новик Г.Я. Основы физики горных пород. СПб., 2014. 368 с.
7. Rzhhevskii V.V. Osnovy fiziki gornykh porod. SPb., 2014. 368 p. (in Russian).
8. Гончаров С.А., Пашенков П.Н., Плотников А.В. Физика горных пород: физические явления и эффекты в практике горного производства. М., 2016. 27 с.
9. Goncharov S.A. Fizika gornykh porod: fizicheskie yavleniia and efekty praktike gornogo proizvodstva. M., 2016. 27 p. (in Russian).
10. Catherine G. Modelling the geomagnetic field from syntheses of paleomagnetic data. Physics of the Earth and Planetary Interiors. 2011. P. 109-117.
11. Carrasco J.P., Osete M.L., Torta J.M., Santis A.De. A geomagnetic field model for the Holocene based on archaeomagnetic and lava flow data. Earth and Planetary Science Letters. 2014. P. 98-109.

ИССЛЕДОВАНИЕ СНЕЖНОГО ПОКРОВА ПРАВОБЕРЕЖНОЙ ЧАСТИ Г. ДУБНА И ВОД РЕК ВОЛГА И ДУБНА

Федорук Н.А., Кирпичев И.А.

ГБОУ ВО МО «Университет «Дубна», Дубна,
e-mail: fedoruk_dubna@mail.ru, il.kirpi4iov@yandex.ru

Данная статья посвящена исследованию химического состава жидкой фазы свежевыпавшего снега в правобережной части наукограда Дубна, а также поверхностных вод рек Волга и Дубна с выявлением преобладающих загрязняющих компонентов. Для выявления загрязняющих веществ, содержащихся в снежном покрове, был проведен пробоотбор по требованиям ГОСТ 17.1.5.05-85, в девяти точках исследования, среди которых можно выделить характерные зоны: автомагистрали, территории вблизи промышленных предприятий, лесные массивы, а также жилые районы и одна фоновая точка вблизи района Ратмино. Отбор проб воды производился в 7 точках на Угличском водохранилище (р. Волга) в пределах г. Дубна, а также на р. Дубна в соответствии с ГОСТ 31861-2012. Химический анализ проведен в эколого-аналитической лаборатории анализа объектов окружающей среды кафедры экологии и наук о Земле государственного университета «Дубна». Анализ проб жидкой фазы снежного покрова и речной воды осуществлялся по следующим компонентам: взвешенные вещества, ион аммония, кадмий, кальций, магний, медь, никель, нитрит-ион, общая жесткость, pH, свинец, фосфат-ион, цинк. В ходе работ получены данные по загрязняющим компонентам жидкой фазы снега и вод рек, расположенных в черте г. Дубна. Исследование показало превышение ПДК(рх) по меди, свинцу, цинку и фосфатам в анализируемых средах. В ходе исследования получены данные, которые будут использованы для вынесения предложений и рекомендаций по улучшению качества окружающей среды г. Дубна, а также для продолжения ведения статистики.

Ключевые слова: снег, снежный покров, загрязнение, г. Дубна, Волга, водохранилище

STUDY OF THE SNOW COVER OF THE RIGHT BANK OF DUBNA AND THE WATERS VOLGA AND DUBNA RIVERS

Fedoruk N.A., Kirpichev I.A.

Dubna State University, Dubna, e-mail: fedoruk_dubna@mail.ru, il.kirpi4iov@yandex.ru

This article is devoted to the study of the chemical composition of the liquid phase of freshly fallen snow in the right-bank part of the Dubna science city, as well as the waters of the Volga and Dubna rivers with the identification of prevailing polluting components. To identify pollutants contained in the snow cover, sampling was carried out in accordance with the requirements of GOST 17.1.5.05-85, at nine points of the study, among which there are characteristic zones: highways, territories near industrial enterprises, forests, as well as residential areas and one background point on Ratmino. Water sampling was carried out at 7 points on the Uglich reservoir within the city of Dubna, as well as on the Dubna River in accordance with GOST 31861-2012. Chemical analysis of samples of the liquid phase of snow and water was carried out for the following components: suspended solids, ammonium ion, cadmium, calcium, magnesium, copper, nickel, nitrite ion, total hardness, pH, lead, phosphate ion and zinc. In the course of the work, data were obtained on the polluting components of the liquid phase of snow and river waters located within the city of Dubna. The study showed the excess of MPC for copper, lead, zinc and phosphates in the analyzed media. In the course of the work, data were obtained that will be used to make proposals and recommendations for improving the quality of the environment in Dubna, as well as for maintaining statistics.

Keywords: snow, snow cover, pollution, Dubna, Volga, reservoir

Снежный покров является эффективным накопителем аэрозольных загрязняющих веществ, выпадающих из атмосферного воздуха. При снеготаянии данные вещества поступают в природные среды, главным образом в воду и почвы [1; 2].

При образовании и выпадении снега в результате процессов сухого и влажного вымывания концентрация загрязняющих веществ в нем оказывается обычно на несколько порядков выше, чем в атмосферном воздухе [2; 3].

Работы по выявлению загрязняющих компонентов в снежном покрове урбанизированных территорий проводятся по-

всеместно на территории России и зарубежных стран в связи с простотой метода и высокой степенью надежности [2; 3].

Подобные исследования проводились в 2007 году в г. Дубна. В работах авторских коллективов [4] проанализировано 12 различных компонентов по каждой точке в черте города. Данное исследование опирается на опубликованные ранее данные и продолжает работу, начатую более 10 лет назад.

Целью исследования является определение концентраций загрязняющих веществ в жидкой фазе свежевыпавшего снега на территории правого берега г. Дубна, а также в водах рек Волга и Дубна.

Задачи исследования:

1) произвести отбор свежеснегавпавшего снега и проб воды из р. Волга в районе г. Дубна;

2) выполнить лабораторный анализ проб;

3) сделать выводы о состоянии снежного покрова г. Дубна в 2020 г. и рассмотреть возможность поступления загрязняющих компонентов с поверхностным стоком в Угличское водохранилище.

Город Дубна является активно развивающимся наукоградом. Для него характерно увеличение количества населения, а также различных промышленных предприятий. Основным градообразующим предприятием является Объединенный институт ядерных исследований (ОИЯИ), немаловажна роль Особой экономической зоны «Дубна». На территории города расположены 4 котельные, а также несколько предприятий, специализирующихся на производстве приборов и машиностроении. Растет роль выбросов от автомобильного транспорта, число которого коррелирует с численностью населения [5].

В работе использованы как теоретические, так и эмпирические методы. Лабораторный анализ проводился при помощи мобильных приборов, таких как рН-метр «рН-150МИ», и спектрофотометра «КФК-30М3» (ион аммония, нитрит-ион, фосфат-ион). Также использовался титриметрический метод для определения жесткости воды, содержания ионов кальция и магния, помимо этого, для определения концентрации тяжелых металлов применен атомно-абсорбционный метод с использованием спектрометра «КВАНТ-2А».

Наукоград Дубна находится на севере Московской области, в 125 км от Москвы, площадь города – 6336 га. С четырех сторон Дубна окружена водными объектами: р. Волгой (Иваньковское и Угличское водохранилища), рр. Дубной и Сестрой, а также каналом им. Москвы [6]. Средняя годовая температура территории Дубны, по данным многолетних метеонаблюдений, составляет +3,4 °С. Зима умеренно холодная. Средняя температура воздуха самого холодного месяца – января – составляет -10,7 °С. Лето теплое. Средняя температура воздуха самого теплого месяца (июль) равна +17,8 °С [6]. Обилие водных ресурсов оказывает влияние на температурный режим, снижая в летнее время температуру на 2-4 °С, в то время как в осеннее время воздействие водных масс оказывает обогревающее влияние, поднимая температуру на 3-6 °С [7]. Дубна расположена среди лесных массивов. В северном направлении от долины р. Волги распро-

странены сильно заболоченные бореальные леса, а югу от города начинаются смешанные широколиственно-хвойные леса.

По данным из последних отчетов [7], г. Дубна характеризуется благоприятной экологической обстановкой, хотя спектр производств довольно широк, превышений предельно допустимых концентраций (ПДК) вредных веществ в атмосферном воздухе не выявляется, но обратить внимание на данную проблему необходимо, так как за последние 20 лет в инфраструктуре города произошли существенные изменения. Интенсивная застройка правобережья определенно внесла вклад в загрязнение территории данного населенного пункта. Кроме того, сегодня наиболее существенной проблемой всех городов Подмосковья, в том числе и Дубны, является рост количества личного легкового автотранспорта, который привносит загрязняющие вещества в атмосферный воздух, ухудшая качество жизни населения. Среди стационарных источников загрязнения основными являются котельные.

Материалы и методы исследования

Отбор проб из снежного покрова проводился в соответствии со следующими нормативными документами [8-10] в период его максимального накопления, незадолго до периода снеготаяния. В связи с малоснежной зимой 2020 года (что не характерно для Дубны) отбор проб осуществлен 10.02.2020 года, при температуре воздуха +2 °С, когда снег только начал таять. Пробы отбирались вблизи источников антропогенного воздействия (автомагистрали, промышленные предприятия), а также в лесных массивах и жилых районах. Таким образом, обозначено 9 точек исследования (рис. 1). Пластиковый пробоотборник погружался на всю глубину снежного массива, до границы с почвенным покровом. Было исключено попадание частиц почвы в пробу. Далее снег складировался в чистую пластиковую тару объемом 5 литров, что при таянии соответствовало 2-2,5 литрам талой воды. После отбора по намеченным точкам пробы транспортировались в лабораторию.

Отбор проб воды производился в соответствии с методикой ГОСТ 31861-2012 [11] при помощи телескопического пробоотборника длиной 3 метра с берега. Для вод р. Волга в районе г. Дубна характерно отсутствие льда во время зимнего периода, что связано с высокой скоростью течения воды и её аэрацией в результате прохождения через плотину Иваньковской ГЭС. Отбор производился в точках, обозначенных на рисунке 2.



Рис. 1. Карта расположения точек отбора снега на территории правого берега г. Дубна:
 1 – Дмитровское шоссе; 2 – территория у предприятия АО «Энергия-Тензор»;
 3 – Дубненский мост; 4 – перекресток на Новом шоссе; 5 – лесной массив у пика Тяпкина;
 6 – котельная на ул. Молодежная; 7 – жилой двор в Институтской части;
 8 – Завод железобетонных изделий (ЗЖБИ); 9 – Ратмино



Рис. 2. Карта створов отбора проб воды на р. Волга в районе г. Дубна:
 1 – плотина ГЭС; 2 – Южная канава; 3 – пляж; 4 – Северная канава; 5 – д. Крева;
 6 – р. Дубна (Александровка); 7 – р. Дубна (Ратмино)

После отбора пробы снега были растоплены в лаборатории при комнатной температуре без использования подогревающих средств.

Для определения взвешенных веществ, присутствующих в снежном покрове в виде частиц пыли, песка и т.д., пробы фильтровались через фильтр синяя лента, после чего высушивались при температуре 100 °С до стабильного значения.

В пробах снеговой талой воды и поверхностных вод были определены: величина рН, общая жесткость, кальций, магний, взвешенные вещества, аммоний-ион (NH_4^+), нитрит-ион (NO_2^-), фосфат-ионы, тяжелые металлы (медь (Cu), цинк (Zn), свинец (Pb), кадмий (Cd), никель (Ni)).

Кислотность измерялась с помощью рН-метра «рН-150МИ» с использованием стеклянного комбинированного электрода, который погружался в анализируемую пробу. После установки стабильных значений показания фиксировались.

Общая жесткость и кальций определялась титриметрическим методом с применением соответствующих реактивов, после чего из полученных данных выводились концентрации магния.

Аммоний-ион, нитрит-ион, фосфат-ион определены с помощью фотометрического метода на спектрофотометре «КФК-30МЗ».

Концентрации тяжелых металлов (Cu, Zn, Cd, Ni, Pb) – методом атомно-абсорбционной спектроскопии на приборе ААС «Квант 2А».

Любой результат анализа имеет погрешность определения. Поэтому на следующей стадии исследования проводилась статистическая обработка результатов. Было выявлено случайная погрешность при измерении свинца (методом атомной абсорбции) на приборе «Квант 2А», которую устранили увеличением количества измерений до прекращения расхождения значений.

При построении картосхем пространственного распределения тяжелых металлов в снеготалой воде использовался программный комплекс Surfer.

При оценке загрязненности снеговых и поверхностных вод использованы нормативы для воды водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение. Использование ПДК(рх) обусловлено тем, что Угличское водохранилище является водоемом рыбохозяйственного значения, в котором обитают ценные виды рыб (жерех, судак, щука, сом пресноводный, сазан, налим, голавль, лещ и др.), популяция которых

постоянно контролируется. Кроме того, выбор осуществлен в связи с необходимостью оценки максимальной потенциальной опасности смыва талых снеговых вод в реки Волга и Дубна.

Несмотря на то что Угличское водохранилище питается преимущественно грунтовыми водами, нельзя исключать воздействие талых снеговых вод. Вместе с ними в водоём могут поступать различные химические компоненты природного и антропогенного генезиса.

Результаты исследования и их обсуждение

Результаты обработки результатов химического анализа снеговых и поверхностных вод (максимальные, минимальные и средние значения) представлены в таблице 1.

По результатам проведенного химического анализа на загрязняющие компоненты жидкой фазы снега мы рассмотрели полученные значения более подробно и сделали следующие выводы.

По водородному показателю все пробы снеготалой воды показали близкие друг к другу значения, которые колебались от 6,4 до 7,5 ед. рН.

По результатам анализа проб снега на общую жесткость талая вода не превышала 2,0 мг-экв/л, что говорит о мягкости воды. Наиболее высокие показатели выявлены у Дубненского моста, а также у Завода железобетонных изделий (ЗЖБИ) и составили 1,5 и 1,22 мг-экв/л соответственно.

Концентрации кальция и магния изменялись соответственно в пределах от 0,8 до 21,2. Так, максимальное значение по кальцию составляет 21,2 мг/дм³, по магнию – 5,4 мг/дм³ в точке у Дубненского моста.

Наивысшие значения взвешенных веществ обнаружены в трех точках, а именно у Дмитровского шоссе (8,6 мг/дм³), Дубненского моста (3,9 мг/дм³) и ЗЖБИ (21,8 мг/дм³). Дмитровское шоссе в точке исследования отличается непрерывным потоком транспорта в связи с расположением поблизости двух автозаправочных станций. Соответственно, наблюдается постоянный приток мелкой пыли. Аналогичная ситуация в точке около Дубненского моста. Точка у ЗЖБИ, помимо потока автотранспорта (в том числе грузового), характеризуется привнесением пылеватых частиц из промышленной зоны, окружающей точку исследования.

Среди растворенных ионных комплексов снежного покрова были рассмотрены аммоний-ион (NH_4^+), нитрит-ион (NO_2^-) и

фосфат-ион (PO_4^{3-}). Значения аммоний-иона представлены в диапазоне от 0,09 до 0,41 мг/дм³, нитрит-иона – от 0,017 до 0,082 мг/дм³, фосфат-иона – от 0,005 до 0,4 мг/дм³.

Наибольшие значения концентрации ионов аммония наблюдаются в точке у Дмитровского шоссе, где показатели составляют 0,41 мг/дм³. Анализ нитрит-ионов не показал превышений ПДК(рх). Фосфат-ионы превышают ПДК(рх) в точке у Дмитровского шоссе и показали максимальное значение 0,4 мг/дм³. Вероятно, это связано с обилием органических отходов, чему способствуют оживленная автомагистраль и железнодорожная станция Большая Волга, а также расположенная неподалеку автомойка.

Наибольший интерес в ходе исследования вызвали концентрации тяжелых металлов (Cu, Zn, Cd, Ni, Pb). Присутствие в депонирующей среде тяжелых металлов на исследуемой территории связано в основном с антропогенной деятельностью.

Концентрации, превышающие ПДК(рх), обнаружены по меди у Завода железобетонных изделий, по свинцу – в жилом дворе

Институтской части, а также по цинку практически во всех точках, за исключением фоновой на ул. Ратмино и у Дубненского моста.

По результатам анализа тяжелых металлов в программном комплексе Surfer построены картосхемы распределения исследуемых элементов, превышающих ПДК(рх) (рис. 3).

Таким образом, рассмотренный перечень загрязняющих компонентов позволяет создать определенную картину экологического состояния территории и выявить нагрузку на подземные воды и водоемы в период снеготаяния. Ниже представлена сводная таблица по результатам анализа снежного покрова и вод р. Волга.

В отличие от снежного покрова, воды р. Волга в районе г. Дубна отличаются более высокой минерализацией, на что указывают значения общей жесткости. Для вод р. Волга характерны практически те же контаминанты, что и для снежного покрова города, что дает основания говорить о влиянии снежного покрова на качество вод. Снежный покров города содержит большое количество пылевых и взвешенных веществ, что было обнаружено при анализе.

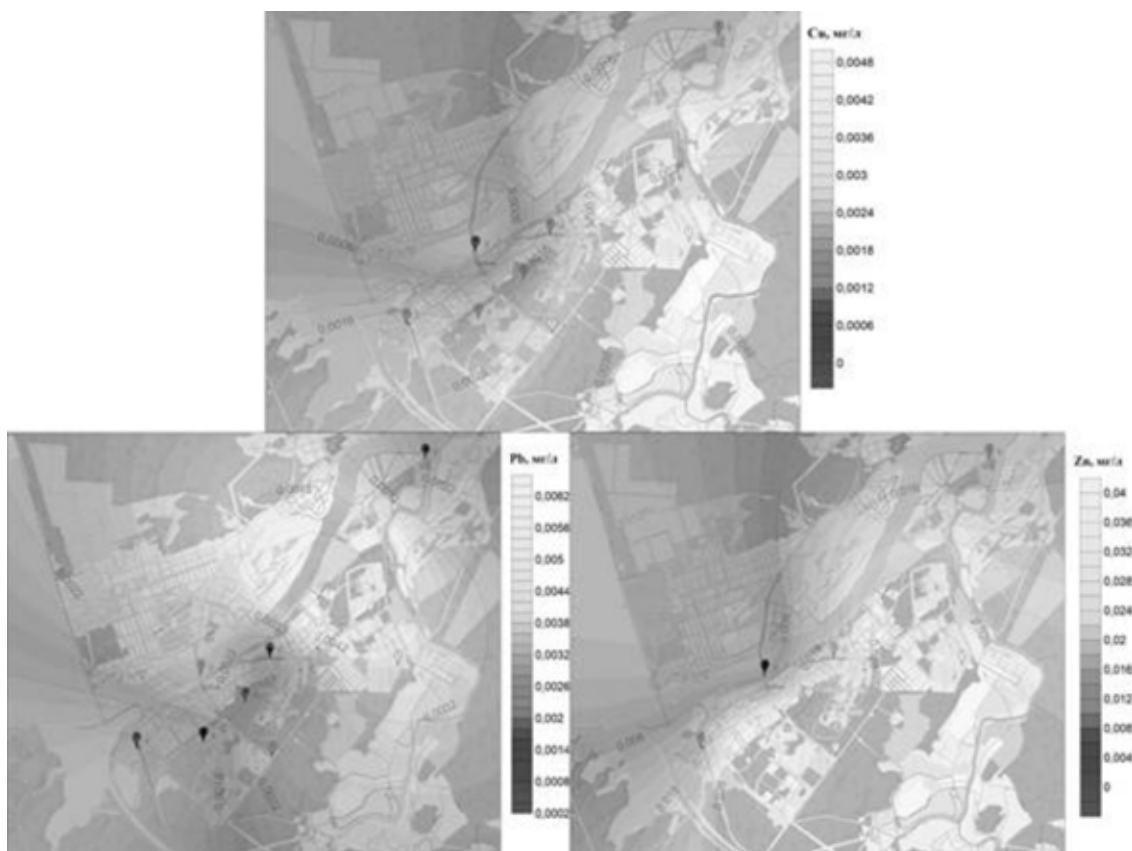


Рис. 3. Картосхемы концентраций меди, свинца, цинка в жидкой фазе снежного покрова на территории правого берега г. Дубна

Таблица 1

Сравнение качества снежного покрова и поверхностных вод р. Волга

Показатель	Снежный покров (2020 г.)				р. Волга (2020 г.)				ПДК _{рх}
	Среднее	Мин.	Макс.	Ср. отклонение	Среднее	Мин.	Макс.	Ср. отклонение	
Взвешенные вещества	4,26	0,30	21,80	4,86	6,0	1,0	10,4	2,4	1,5
Ион аммония	0,26	0,09	0,41	0,08	0,3	0,2	0,5	0,1	0,5
Кадмий	0,0002	0,0001	0,0003	0,00	0,0002	0,0001	0,0002	0,0001	0,001
Кальций	6,86	0,80	21,24	5,85	40,2	33,7	76,6	9,1	180
Магний	8,59	2,43	23,57	6,32	47,4	39,7	90,4	10,7	40
Медь	0,002	0	0,005	0,00	0,003	0,002	0,008	0,001	0,001
Никель	0,001	0,0004	0,001	0,02	0,001	0,001	0,003	0,000	0,1
Нитрит-ион	0,043	0,017	0,082	0,016	0,028	0,005	0,115	0,024	3
Общая жесткость	0,52	0,16	1,5	0,41	3,0	2,5	5,6	0,7	10
рН	6,78	6,4	7,5	0,33	8,2	8,1	8,6	0,2	6,5-8,5
Свинец	0,002	0,0004	0,006	0,00	0,002	0,000	0,005	0,001	0,002
Фосфат-ион	0,12	0,005	0,4	0,07	0,1	0,0	0,2	0,1	0,2
Цинк	0,023	0,0053	0,038	0,01	0,026	0,016	0,04	0,007	0,01

Очевидно, что содержание взвешенных веществ в снежном покрове меньше, чем в воде р. Волга, однако снежный покров дает большой вклад в их поступление с поверхностным стоком. Зимой, особенно во время гололедицы, на дороги города вносятся масса песка и глины, чтобы предотвратить скольжение. Во время снеготаяния все эти компоненты поступают в поверхностные воды.

Высокие концентрации цинка, часто превышающие ПДК, характерны как для снежного покрова, так и для вод р. Волга. Чаще всего этот загрязнитель характерен для оживленной городской территории, на которой происходит строительство.

Неоднозначная ситуация складывается в отношении меди и свинца. Медь – это компонент, характерный для изучаемой территории. Его высокие концентрации наблюдаются в воде р. Волга в течение всех периодов года. Вероятно, это природный фактор, связанный с питанием рек болотными водами. Свинец имеет антропогенное происхождение. В данном исследовании, в отличие от цинка, он мало характерен для городской территории. Это связано с переходом автомобилей на другой вид топлива, в котором отсутствуют антидетонационные присадки.

Повышенные концентрации свинца в снежном покрове обнаружены в обла-

сти промышленной зоны правой части города. В целом, если касаться вод р. Волга, то в разных створах концентрация свинца является низкой. Вероятно, из снежного покрова данный компонент переходит в почвы и остается в ней.

Фоновой выделена точка 9, расположенная на ул. Ратмино. Данная местность находится в удалении от существенного антропогенного воздействия, которое оказывает г. Дубна на окружающую среду. Концентрации загрязняющих веществ в точке 9 представлены в таблице 2. Как видно из полученных значений, наблюдается превышение ПДК(рх) по меди, что связано с особенностями территории. Также стоит обратить внимание на содержание в снежном покрове других тяжелых металлов: свинца и цинка, которые фактически показывают значения на уровне ПДК(рх), но не превышают их. Остальные значения не выходят за границы предельно допустимых концентраций, как ожидалось, зафиксированы низкие показатели. Кроме того, концентрации большинства загрязняющих веществ фона ниже, чем в остальных точках исследуемой части г. Дубна.

Проведенные ранее исследования снежного покрова г. Дубна основаны на химическом анализе снега на всей территории города [6]. Автор определял величину рН, содержание взвешенных веществ, сульфат-

тов, нитратов, хлоридов, гидрокарбонатов, ионов аммония, кальция и магния, натрия и тяжелых металлов (Cu, Pb, Zn, Cd, Ni, Cr) [6]. Тяжелые металлы определялись в твердой фазе, в отличие от исследования 2020 года, где все компоненты определены в ходе анализа жидкой фазы снега. Были построены картосхемы с помощью программ MapInfo и Surfer [6].

Таблица 2

Сравнение значений
фоновой точки и ПДК(рх)

Точка 9. Рагмино (Фон)		
Компонент	Значение (мг/дм ³)	ПДК(рх) (мг/дм ³)
Взвешенные вещества	0,3	1,5
Ион аммония	0,32	0,50
Кадмий	0,0003	0,0010
Кальций	0,8	180
Магний	4,3	40
Медь	0,002	0,001
Никель	0,0004	0,1000
Нитрит-ион	0,02	3
Общая жесткость	0,2	10
рН	6,6	6,5-8,5
Свинец	0,0019	0,0020
Фосфат-ион	0,07	0,20
Цинк	0,01	0,01

По результатам исследования выявлено подщелачивание снежного покрова, а в 2020 году отмечается нейтральное значение рН твердых осадков. Некоторые анализируемые компоненты не были рассмотрены в исследовании 2020 года, однако по полученным данным можно сравнить аммоний-ион и нитрит-ион. Ситуация по аммоний-иону схожа, концентрации в районах города изменились незначительно, в отличие от концентраций нитрит-ионов, которые существенно снизились в 2020 году. Одна из возможных причин – разница в сроках пробоотбора, так как анализируемый снег в 2020 году был свежеснеженным. Автор исследования [6] характеризует ситуацию в отношении загрязнения твердых атмосферных осадков как благополучную.

Заключение

По результатам анализа жидкой составляющей снега выявлено превышение ПДК(рх) по следующим компонентам:

взвешенные вещества, медь, свинец, фосфаты и цинк. Несмотря на кратковременное пребывание свежего снега на территории города, в некоторых точках исследования наблюдается существенное антропогенное воздействие. Это связано с принесением загрязнителей не только из атмосферного воздуха, но и других источников, таких как, например, автотранспорт в непосредственной близости от автодорог, а также строительные работы. Стоит отметить, что в г. Дубна небольшое количество стационарных источников воздействия, способных за короткое время оказать существенное влияние.

Вероятное поступление загрязняющих веществ в воды р. Волга и Дубна касается следующих компонентов: медь, свинец, цинк и фосфаты. Так как повышенные концентрации меди обусловлены особенностями строения исследуемой территории (г. Дубна окружен болотами), наблюдается их эмиссия в снежный покров и далее в поверхностные воды. Свинец в данном случае является антропогенным компонентом, и его превышение в снежном покрове и водах исследуемой территории, несомненно, регулируется человеческой деятельностью. В частности, источниками поступления являются химические предприятия, расположенные на территории города, а также бытовые отходы. Согласно проведенным исследованиям, повышенные концентрации цинка в снежном покрове и водах наблюдаются вблизи строительных площадок, где присутствуют растворы цемента и мелкая пыль, и вдоль автодорог. Фосфаты, обнаруженные в снежном покрове в небольшом удалении от автомоек и прилегающих дорог, содержатся и в водах Угличского водохранилища. В частности, возможными источниками поступления в поверхностные воды города являются смывы с сельскохозяйственных угодий и диффузный сток с СНТ.

Таким образом, ситуация по загрязнению окружающей среды г. Дубна является стабильно благополучной, что показывает сравнение с полученными ранее данными. Этому способствует отсутствие крупных промышленных предприятий, тем не менее необходим регулярный контроль и мониторинг для выявления залповых выбросов в окружающую среду.

Список литературы

1. Козин В.В., Кузнецова Э.А. Физико-географические факторы пространственно-временной изменчивости снежного покрова нефтегазопромыслового региона: монография. Нижневартовск: Изд-во Нижневарт. гос. ун-та, 2015. 151 с.

- Kozin V.V., Kuznetsova E.A. Physico-geographical factors of spatial and temporal variability of the snow cover of the oil and gas field region: monograph. Nizhnevartovsk: Nizhnevart Publishing House. state un-ta, 2015. 151 p. (in Russian).
2. Соловьева Н.Е., Олькова Е.А., Алябьева А.А., Краева О.В. Исследование талой воды (снега) как показатель загрязнения атмосферы урбанизированной среды // Молодой ученый. 2015. № 14 (94). С. 668-672.
- Solovieva N.E., Olkova E.A., Alyabyeva A.A., Kraeva O.V. Russ. The study of melt water (snow) as an indicator of atmospheric pollution in an urbanized environment. Young scientist. 2015. No. 14 (94). P. 668-672 (in Russian).
3. Воронцова А.В., Нестеров Е.М. Геохимия снегового покрова в условиях городской среды // Известия РГПУ им. А.И. Герцена. 2012. № 147. С. 125-132.
- Vorontsova A.V., Nesterov E.M. Geochemistry of snow cover in an urban environment // Izvestiya RGPU im. A.I. Herzen. 2012. № 147. P. 125-132 (in Russian).
4. Каманина И.З., Каплина С.П., Макаров О.А., Кликодуева Н.А. Комплексная оценка экологического состояния наукограда Дубна: монография. Дубна: ОИЯИ, 2019. 168 с.
- Kamanina I.Z., Kaplina S.P., Makarov O.A., Klikodueva N.A. Comprehensive assessment of the ecological state of the science city Dubna: monograph. Dubna: JINR, 2019. 168 p. (in Russian).
5. Информационный выпуск «О состоянии природных ресурсов и окружающей среды Московской области в 2018 году» // Министерство экологии и природопользования Московской области. [Электронный ресурс]. URL: <https://mep.mosreg.ru/download/document/5089114> (дата обращения: 14.12.2021).
- Information issue «On the state of natural resources and the environment of the Moscow region in 2018» // Ministerstvo ekologii i prirodopol'zovaniya Moskovskoy oblasti. [Electronic resource] URL: <https://mep.mosreg.ru/download/document/5089114> (date of access: 14.12.2021). (in Russian).
6. Каплина С.П. Оценка экологического состояния компонентов окружающей среды малых и средних городов севера Московской области: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Москва, 2013. 21 с.
- Kaplina S.P. Assessment of the ecological state of the environmental components of small and medium-sized cities in the north of the Moscow region: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk. Moskva, 2013. 21 p. (date of access: 14.12.2021). (in Russian).
7. Схема водоснабжения и водоотведения городского округа Дубна Московской области на период до 2015 г. ОАО «ПТО ГХ», 2015.
- Scheme of water supply and sanitation of the urban district of Dubna, Moscow region for the period up to 2015 – JSC “PTO GH”, 2015. (in Russian).
8. ГОСТ 17.1.5.05-85: Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб поверхностных и морских вод, льда и атмосферных осадков. М.: Стандартинформ, 1986. 12 с.
9. Методические рекомендации по оценке степени загрязнения атмосферного воздуха населенных пунктов металлами по их содержанию в снежном покрове и почве (утв. Главным государственным санитарным врачом СССР 15 мая 1990 Г. N 5174-90).
10. Руководство по контролю загрязнения атмосферы. РД 52.04.186–89 (действует с 01.07.1991). М.: Госкомгидромет, 1991.
11. ГОСТ 31861-2012 Вода. Общие требования к отбору проб. М.: Стандартинформ. 45 с.

УДК 502.05:564.1:374.32

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЕКТЫ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ НА ПРИМЕРЕ ИЗУЧЕНИЯ МОЛЛЮСКОВ АЗОВСКОГО И ЧЕРНОГО МОРЕЙ

Фурсина А.Б.¹, Пинчук Т.Н.², Фурсина Т.А.³

¹*Краснодарское высшее военное авиационное училище летчиков, Краснодар,
e-mail: fursina74@mail.ru;*

²*Институт географии, геологии, туризма и сервиса Кубанского государственного университета,
Краснодар, e-mail: pinchukt@mail.ru;*

³*Московский государственный университет, геологический факультет, Москва,
e-mail: fursinka02@mail.ru*

При изучении естественно-научных дисциплин необходимо большое внимание уделять исследовательской работе школьников. В геологии и экологии исследовательская работа – это не только работа с литературой, но и полевые выезды, экскурсии, в ходе которых расширяется научный и культурный кругозор, прививаются основы техники безопасности и главные навыки полевой работы геологов и экологов. Для проведения экологического исследования команда юных геологов «Кавказит», в период летних каникул выезжала на побережье Азовского и Черного морей с целью ознакомиться с береговыми процессами и собрать коллекцию моллюсков для определения экологических событий. Цель экологического проекта: сопоставить раковины моллюсков Азовского и Черного морей, для выяснения условий обитания, в зависимости от экологических факторов. Полевые работы проходили вдоль побережья Азовского и Черного морей. Было проведено описание геологических разрезов четвертичных (голоценовых) отложений и собраны коллекция двусторчатых моллюсков, как голоценовых, так и современных, для выяснения условий обитания в зависимости от изменений экологических факторов. Выбор исследования объясняется тем, что двусторчатые моллюски – наиболее распространенные обитатели морей, окружающих наш край, они являются фильтраторами и резко откликаются на изменение и загрязнение окружающей среды. Актуальность темы основана на том, что наблюдение за сменой комплексов моллюсков может дать ответ на причины экологических изменений. В результате работы были описаны комплексы моллюсков по трем маршрутам; выявлены отличительные черты комплексов моллюсков Азовского и Черного морей по размерам раковин и количественному составу; выяснены зависимости появления и изменения моллюсков от внешних условий обитания.

Ключевые слова: экология, геология, моллюски, раковины, фауна, изменения

GEOECOLOGICAL PROJECTS OF ADDITIONAL EDUCATION OF THE KRASNODAR TERRITORY ON THE EXAMPLE OF THE STUDY OF MOLLUSKS OF THE AZOV AND BLACK SEAS

Fursina A.B.¹, Pinchuk T.N.², Fursina T.A.³

¹*Krasnodar Air Force Institute for Pilots, Krasnodar, e-mail: fursina74@mail.ru;*

²*Institute of geography, Geology, tourism and service of Kuban state University, Krasnodar,
e-mail: pinchukt@mail.ru;*

³*Moscow State University, Faculty of Geology, Moscow, e-mail: fursinka02@mail.ru*

When studying natural sciences, it is necessary to pay great attention to the research work of schoolchildren. In geology and ecology, research work is not only work with literature, but also field trips, excursions, during which the scientific and cultural horizons are expanded, the basics of safety techniques and the main skills of field work of geologists and ecologists are instilled. To conduct an ecological study, a team of young geologists from Kavkazit traveled to the coast of the Azov and Black Seas during the summer holidays in order to get acquainted with coastal processes and collect a collection of mollusks to determine environmental events. The purpose of the ecological project: to compare the shells of mollusks of the Azov and Black Seas, to clarify the habitat conditions, depending on environmental factors. Field work took place along the coast of the Azov and Black Seas. Geological sections of Quaternary (Holocene) sediments were described, and a collection of bivalves, both Holocene and modern, was collected to clarify habitat conditions, depending on changes in environmental factors. The choice of the study is explained by the fact that bivalves are the most common inhabitants of the seas surrounding our region, they are filters, and respond sharply to changes and pollution of the environment. The relevance of the topic is based on the fact that observing the change of mollusk complexes can provide an answer to the causes of environmental changes. As a result of the work, mollusk complexes were described along three routes; distinctive features of mollusk complexes of the Azov and Black Seas were revealed, in terms of shell size and quantitative composition; the appearance and changes of mollusks from external habitat conditions were clarified.

Keywords: ecology, geology, mollusks, shells, fauna, changes

Школа «Юных геологов» Краснодарского края при Муниципальном бюджетном образовательном учреждении дополнительного образования детей Центр «Парус» г. Краснодара и общественной туристско-геолого-экологической организации «Тэ-тис» продолжает вести научно-исследовательскую работу по изучению геологии, биологии, экологии родного края. Исследовательская работа – это не только работа с литературой, но и полевые выезды, экскурсии, в ходе которых расширяется научный и культурный кругозор, прививаются основы техники безопасности и главные навыки полевой работы геологов [1-3].

Полевые работы проходили вдоль побережья Азовского и Черного морей. Первый маршрут проходил от Бейсугского лимана, Ясенской косы, у хутора Морозовского и города Приморско-Ахтарска. Второй маршрут проходил на севере Таманского полуострова у горы Тиздар, на южном берегу Азовского моря. Третий маршрут проходил на западе Таманского полуострова, на побережье Керченского пролива у косы Тузла. По всем этим маршрутам были собраны коллекции раковин моллюсков различной формы.

Было проведено описание геологических разрезов четвертичных (голоценовых) отложений и собрана коллекция двустворчатых моллюсков, как голоценовых, так и современных, для выяснения условий обитания в зависимости от изменений экологических факторов.

Двустворчатые моллюски наиболее распространенные обитатели морей, окружающих наш край, они являются фильтраторами и резко откликаются на изменение и загрязнение окружающей среды. Актуальность темы основана на том, что наблюдение за сменой комплексов моллюсков может дать ответ на причины экологических изменений.

Цель работы: сопоставить раковины моллюсков Азовского и Черного морей, для выяснения условий обитания, в зависимости от экологических факторов. Для выполнения этой цели были поставлены задачи:

1. Изучить двустворчатые моллюски по литературе.
2. Определить моллюски, сфотографировать и описать комплексы моллюсков по каждому маршруту.
3. Найти отличительные черты комплексов моллюсков Азовского и Черного морей.
4. Выяснить зависимость появления и изменения моллюсков от внешних условий обитания.

5. Определить экологические факторы, влияющие на изменение раковин моллюсков.

Материал и методы исследования

Азовское и Черное моря омывают западные границы Краснодарского края, они являются остаточными бассейнами древнего океана Тетиса, который на протяжении палеозоя и мезозоя покрывал нашу территорию. В кайнозой, а именно в конце верхнего мела, границы океана Тетис начали сокращаться и появился Кавказский остров, который разделил бассейн на нашей территории на две части. На юге от Кавказского острова остался глубоководный бассейн, который превратился в Черное море. На севере от Кавказских поднятий сохранился мелководный бассейн Предкавказья, расположенный на южной окраине Скифской плиты, который с олигоценного времени сокращался в размерах и превратился в Азовское море. В настоящее время Азовское и Черное моря соединяются между собой через Керченский пролив. Берега морей покрыты современными и четвертичными осадками, только на Таманском полуострове в береговых обрывах выходят более древние породы неогена. Глубина Азовского моря небольшая, только на юге акватории достигает 11 метров. Глубина Черного моря достигает 2 км в центральной части акватории. Берега Азовского моря сложены глинистыми и песчаными породами с прослоями ракушечников [4-6].

Берега Черного моря большей частью размывают древние отложения Кавказских поднятий, только на Таманском полуострове сохранились осадки четвертичных пород, представленных глинами, суглинками с прослоями раковин моллюсков.

Камеральные работы проходили в несколько этапов. Для выполнения первой задачи на помощь пришла литература [4-6]. Оказалось, что двустворчатые моллюски относятся к классу *Bivalvia* (лат. *Bi* – два, *дважды*; *valva* – створка) [4, с. 67], они являются обитателями водоемов, имеют раковину, состоящую из двух равных или неравных створок. По способу дыхания жабрами, обычно свисающими в виде пластин, их называют пластинчатожаберными. Существуют названия моллюсков по передвижению: так как у них нога клиновидной или топорovidной формы, их именуют иногда топороногими. Нервная система располагается в ноге, и головы у них нет, их называют безголовыми. Двустворки являются фильтра-

торами: рот расположен на переднем конце мягкого тела, куда вместе с током воды поступает пища. Двустворки могут питаться лишь органическим детритом и различными микроорганизмами, перетирая их. Все внутренние органы заключены внутри двух лопастей мантии мягкого тела. Лопастни мантии могут полностью или частично срастаться на заднем конце, образуя вытянутые трубчатые сифоны: нижний – вводной и верхний – выводной. Через вводной сифон, жаберный, или дыхательный, вода поступает к жабрам и далее ко рту. Недалеко от выводного сифона находится анальное отверстие. Мантия выделяет раковину, состоящую из трех слоев: наружного органического и двух внутренних известковых: призматического и пластинчатого. Форма створок может изменяться от округлой, овальной до прямоугольной, конической. У большинства двустворчатых моллюсков раковина равностворчатая, т.е. правая и левая створки равны между собой, у меньшинства раковина неравностворчатая, т.е. одна из створок больше или меньше другой. Раковина может быть гладкой, и в этом случае на ней имеются только линии нарастания. Обычно наружная поверхность несет разнообразную скульптуру. К элементам скульптуры относятся различно ориентированные ребра, складки, бугорки; иногда присутствует киль или перегиб. У зарывающихся форм скульптура отсутствует.

Двустворки обитают на дне (бентосные организмы) в бассейнах с различной соленостью вод и различной температурой, предпочитая прибрежно-мелководные участки. Они чутко реагируют на изменение среды: солености, температуры, глубины, характера грунта, по отношению к которым выделяются различные экологические типы. Двустворки, живущие на поверхности грунта, медленно передвигаются по нему или могут с помощью ноги совершать прыжки [4, с. 272].

Многие представители перешли к неподвижному образу жизни. Они свободно лежат на дне, устрицы цементируются, а мидии прикрепляются ко дну. Неподвижные формы могут образовывать поселения, получившие название «банки». Некоторые двустворки за счет ритмичного открывания и закрывания створок приспособились к перемещению в придонной толще воды. Другие двустворки зарываются в рыхлые и илистые грунты либо приспособились к сверлению прочных пород или дерева: камнеточцы и древоточцы [6].

Решение второй задачи – определение раковин моллюсков до вида – было выполнено с помощью Пинчук Т.Н., палеонтолога, к.г.-м.н., доцента геологического факультета Кубанского государственного университета.

В результате определения собранной коллекции были составлены списки раковин трех комплексов моллюсков:

1. На берегу Азовского моря у хутора Морозовского у Ясенской косы встречены раковины моллюсков: *Cardium (Cerastoderma) edule lamarcki* Reeve, *Solen vagina pontica* Mil., *Cerastoderma lamarcki lamarcki* (ориг.), *Paruicardium exiguum* (ориг.), *Modiolus adriaticus*, *Chione (Clausinella) gallina corrugata* (Siem), *Gastrana fragilis*, *Corbula (Lentidium) mediterranea maotica*, *Pholas (Pholas) dactylus* L., *Thracia papyracea* (Poli), содержащий 11 видов.

2. На берегу Бейсугского лимана распространены моллюски: *Solen vagina pontica* Mil., *Mytilaster lineatus*, *Pholas (Pholas) dactylus* L., *Thracia papyracea* (Poli) с большим зубом, *Corbula (Lentidium) mediterranea maotica*, *Cardium (Cerastoderma) edule lamarcki* Reeve, *Cardium (Paruicardium) exiguum*, *Hypanis plicatys relictus* (Mil.), комплекс имеет 8 видов.

3. На берегу Черного моря у косы Тузла встречены моллюски: *Mytilus galloprovincialis*, *Mytilaster lineatus*, *Ostrea edulis*, *Chlamys (Flexopecten)*, *Glabra pontica*, *Arcopsis (arcopsis) lastea*, *Paphia (Polititapes) discrapans discrapans*, *Abra milashuichi* Nivessk, *Solen vagina pontica*, *Pholas (Pholas) dactylus*, *Cardium (Paruicardium) exiguum*, из 10 видов [7-9].

Коллекции видов сфотографированы и сопоставлены по маршрутам, чтобы яснее видеть изменения в строении раковин, их размерах, толщине раковин, цвете и других признаках. Например, вид *Pholas dactylus* из Азовского и Черного морей отличается размерами и различной свертываемостью раковин. Черноморские раковины этого вида на 3 см больше в длину, чем азовские (рис. 1).

Во всех трех комплексах встречаются раковины моллюсков одних видов, но есть и отличия. Наибольшее количество видов имеет комплекс Азовского моря на косе Ясенской, где соленость моря около 7‰. Бейсугский лиман имеет несколько пониженную соленость, около 5‰, и здесь встречено только 8 видов, появился *Mytilaster lineatus*, не встреченный в первом комплексе. В черноморском комплексе 5 видов не обитают в Азовском море, что связано тоже с повышенной соленостью у мыса Тузла (до 12‰).



Рис. 1. Виды раковин *Pholas dactylus*, *Solen vagina pontica* Азовского и Черного морей:
 а) *Pholas dactylus* (Азовское море); б) *Pholas dactylus* (Черное море);
 в) *Solen vagina pontica* (Азовское море); г) *Solen vagina pontica* (Черное море)

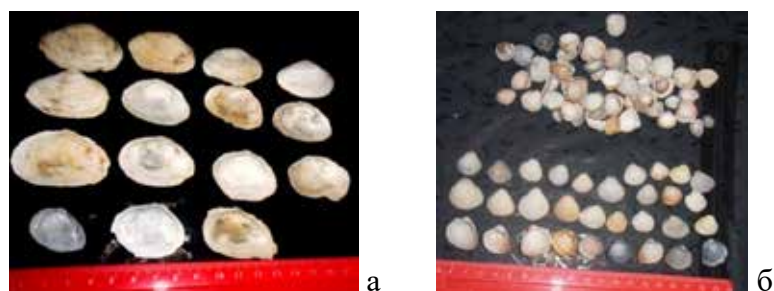


Рис. 2. Раковины Азовского моря:
 а) *Corbula (Lentidium) mediterranes*; б) *Cerastoderma lamarckii*

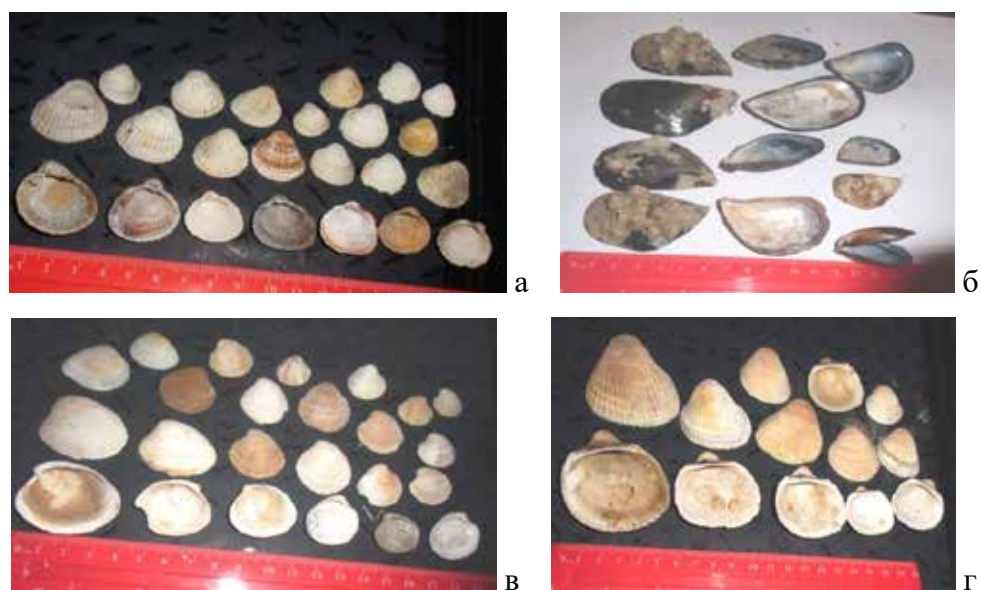


Рис. 3. Раковины Черного моря: а) *Cardium (Paruicardium) exiguum*; б) *Mytilus galloprovincialis*;
 в) *Parhia (Politiitapes) discrapans discrapans*; г) *Arcopsis (arcopsis) lastea*

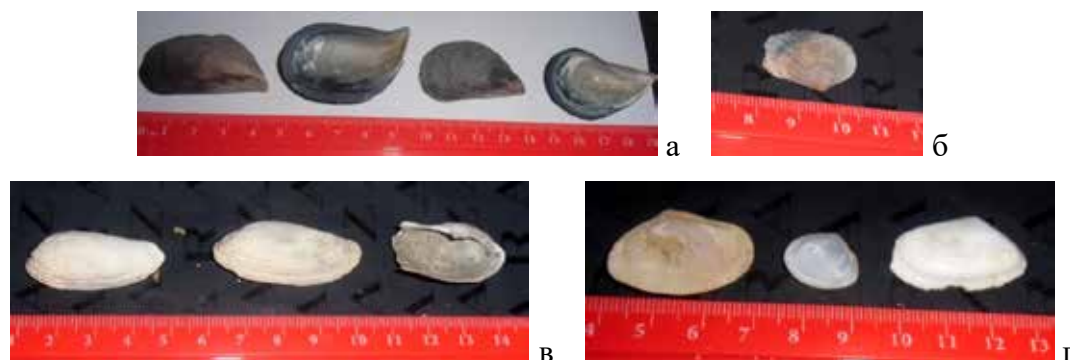


Рис. 4. Редкие раковины: а) *Mytilaster lineatus* (Азовское море); б) *Thracia parvuracea* (Азовское море); в) *Pholas dactylus* (Черное море); з) *Abra milachichi* (Азовское море)

Стенки раковин черноморских видов толще, чем азовских, размеры раковин некоторых видов в Азовском море больше, чем в Черном; вероятно, это связано с химическим составом придонных осадков, так как моллюски – фильтраты и строят свою раковину из химических элементов, полученных в илах. Где выше концентрация известкового состава в илах, тем толще и крепче раковины.

Выявлены 4 вида, распространенные во всех комплексах, что указывает на их приспособляемость к разной солености при разных условиях жизни [10; 11].

В количественном отношении в Азовском море преобладают раковины видов *Cerastoderma lamarckii* и *Corbula (Lentidium) mediterranea* (рис. 2).

Большинство изученных двустворок ведут прикрепленный и зарывающийся образ жизни, к временно плавающим относятся представители рода *Cardium*, к свободно лежащим – рода *Cerastoderma* [8; 9; 12].

В Черном море наиболее многочисленны виды: *Cardium (Parvicardium) exiguum*, *Mytilus galloprovincialis*, *Paphia (Politapes) discrapans discrapans*, *Arcopsis (arcopsis) lastea* (рис. 3).

В Азовском море редко встречены раковины представителей родов *Mytilaster lineatus* и *Thracia parvuracea* (рис. 4 а, б).

В Черном море редко встречены раковины видов: *Pholas dactylus* и *Abra milachichi* (рис. 4 в, г).

Результаты исследования и их обсуждение

Появление азово-черноморской фауны двустворчатых моллюсков имеет широкую историю, большинство видов связано с миграцией моллюсков из Средиземного моря

и постепенным приспособлением к пониженной солености Черного моря, это такие роды, как *Ostrea*. В то же время много представителей из Каспийского бассейна, которые обитают в Азовском море и лиманах, с пониженной соленостью. Изменения раковин моллюсков от влияния внешних условий обитания проявляются в размерах, окраске, скульптуре раковин. В то же время они как фильтраты резко погибают при наличии неорганических загрязнений, что указывает на экологические изменения в районе обитания. Моллюски, как и бактерии, хорошо перерабатывают илистые и загрязненные смеси органического состава (например, нефти), что способствует очищению воды и дна и установлению безвредной экологической обстановки [13].

В настоящее время Черное море соединяется со Средиземным через Эгейское и Мраморное моря. Азовское море соединяется с Черным через Керченский пролив, а с Каспийским морем не имеет связи. Но так было не всегда. В разные периоды четвертичного времени моря превращались в озера. В другие времена соединялись между собой [14].

По стратиграфической шкале четвертичных отложений внутренних морей России видны этапы трансгрессий и регрессий. Моллюски, обитающие сейчас в азово-черноморском бассейне, имеют связи с древними мигрантами из Каспийского и Средиземного морей.

В карангатское время была обширная трансгрессия с подъемом уровня воды, все моря соединялись, моллюски мигрировали из Средиземного моря в Черное, из Черного в Азовское и из Азовского моря в Каспийское (рис. 5а) [15].

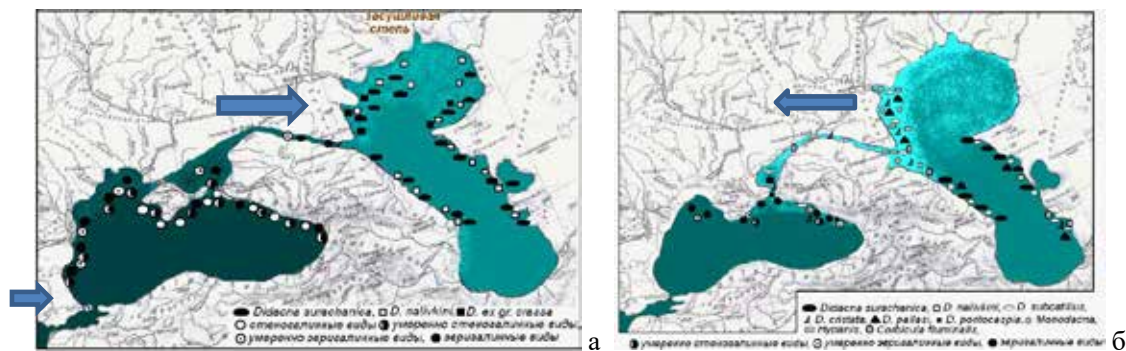


Рис. 5. Трансгрессия и регрессия Азовского, Черного, Каспийского морей [15]: а) трансгрессия; б) регрессия

Диапазон солености найденных видов в Азовском и Черном морях (по Л.А. Невесской, 1965 г.)

Виды моллюсков	Азовское море	Бейсугский лиман	Черное море	Диапазон солености, ‰
Cardium (Cerastoderma) edule lamarcki Reeve		+		2,5-13
Solen vagina pontica Mil,		+	+	5-25
Cerastoderma lamarcki lamarcki (ориг.),	+			5-25
Modiolus adriaticus,	+		+	12-17
Chione (Clausinella)	+			10-15
gallina corrugatula (Siem),	+			12-35
Gastrana fragilis,	+		+	14-30
Corbula (Lentidium) mediterranes maeotica	+		+	17-18
Pholas (Pholas) dactyus L.,				5-17
Thracia papyracea (Poli),	+		+	7-35
Mytilaster lineatus,		+		7-14
Cardium (Paruicardium) exiguum,	+		+	5-18
Hypanis plicatys relictys (Mil).	+	+		5-35
Mytilus galloprovincialis,			+	9-14
Ostrea edulis,	+	+	+	17-18
Chlamys (Flexopesten), Glabra pontica,		+	+	17-18
Arcopsis (arcopsis) lastea,	+	+	+	17-18
Paphia (Polititapes) disrapans disrapans,			+	12-14
Abra milashuichi Nivessk			+	12-28

В послекарангатское время была регрессия, в результате которой Азовское и Черное моря сократили свои территории, а Каспийское море, наоборот, расширило свои границы за счет приноса речных вод и резко опреснилось. В этот период происходила миграция каспийской фауны в Черное море через проливы Маныч и Азов (рис. 5б) [15].

В голоценовое время связь с Каспийским морем прервалась, но моллюски, пришедшие из него, живут до настоящего времени в устье рек Дон, Бейсуг в опресненных лиманах. В то же время моллюски из Средиземного моря приспособились к черноморским условиям и стали их постоянными жителями. В таблице представлены встреченные виды по диапазону солености их обитания.

Выводы

В результате проделанной работы были выполнены задачи по изучению двустворчатых моллюсков по литературе. Определены моллюски до вида. Сфотографированы наиболее распространенные и редкие виды Азовского и Черного морей. Описаны комплексы моллюсков по трем маршрутам. Выявлены отличительные черты комплексов моллюсков Азовского и Черного морей по размерам раковин и количественному составу. Выяснены появления и изменения моллюсков в зависимости от внешних условий обитания. В целом поставлена цель по сопоставлению раковин моллюсков Азовского и Черного морей, для выяснения условий обитания, в зависимости от экологических факторов, к которым в главном от-

носятся *абиотические факторы*: температура, соленость, газовый режим, динамика вод, характер грунта, глубина, и *биотические факторы*: обеспеченность пищей, конкуренция за места обитания, хищники. Комплексы моллюсков Черного и Азовского морей резко изменяются из-за внешних абиотических факторов и показывают нам изменение экологической обстановки в бассейне. Изменение экологии бассейнов Черного и Азовского морей имеет большое значение в прикладных исследованиях по изучению не только двустворчатых моллюсков, но и других морских организмов. Необходимо проводить мониторинг состава, численности, продуктивности и других параметров, влияющих на развитие жизни бассейнов в целом.

Список литературы / Reference

1. Урекешова Л. Предпосылки формирования экологического самосознания в подростковом возрасте // Образовательные технологии. 2019. № 2. С. 84-88.
1. Urekeshova L. Prerequisites for the formation of ecological self-awareness in // *Obrazovatel'nyye tekhnologii*. 2019. No. 2. P. 84-88 (in Russian).
2. Фурсина А.Б., Пинчук Т.Н., Петшаковская М.Ю. Геологические памятники как культурный, научный и исторический объект в научно-исследовательской работе школьников по геологии в Краснодарском крае // Современные наукоемкие технологии. 2020. № 2. С. 122-126. DOI: 10.17513/snt.37927.
2. Fursina A.B., Pinchuk T.N., Petshakovskaya M.Y. Geological monuments as a cultural, scientific and historical object in the research work of schoolchildren in geology in the Krasnodar Territory // *Sovremennyye naukoemykiye tekhnologii*. 2020. No. 2. P. 122-126. DOI: 10.17513/snt.37927 (in Russian).
3. Шевченко И.А., Красильникова Н.А. Методические особенности разработки геоэкологических экскурсий в условиях дополнительного образования // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 6. [Электронный ресурс]. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=16431> (дата обращения: 25.01.2022).
3. Shevchenko I.A., Krasilnikova N.A. Methodological features of the development of geoeological excursions in the conditions of additional education // *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya*. 2014. No. 6. [Electronic resource]. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=16431> (date of access: 01/25/2022) (in Russian).
4. Бондаренко О.Б., Михайлова И.А. Методическое пособие по изучению ископаемых беспозвоночных. М.: Недра, 1986. С. 67-84.
4. Bondarenko O.B., Mikhailova I.A. Methodological guide for the study of fossil invertebrates. M.: Nedra, 1986. P. 67-84 (in Russian).
5. Бондаренко Л.Г., Михайлова И.А. Практическое руководство по палеонтологии в сравнительных таблицах. Владивосток: Дальнаука, 2013. С. 47-52.
5. Bondarenko L.G., Mikhailova I.A. Practical guide to paleontology in comparative tables. Vladivostok: «Dalnauka», 2013. P. 47-52 (in Russian).
6. Невеская Л.А. Позднечетвертичные двустворчатые моллюски Черного моря, их систематика и экология. М.: Наука, 1965. С. 350-357.
6. Nevesskaya L.A. Late quaternary bivalves of the Black Sea, their systematics and ecology. M.: Nauka, 1965. P. 350-357 (in Russian).
7. Янина Т.А. Стратиграфический и палеогеографический анализ малакофауны Черного моря // Система Черного моря. М.: Научный мир, 2018. С. 426-470. DOI: 10.29006/978-5-91522-473-4.2018.426.
7. Yanina T.A. Stratigraphic and paleogeographic analysis of the malacofauna of the Black Sea // *The Sistema Chernogo morya*. M.: Nauchnyy mir, 2018. P. 426-470. DOI: 10.29006/978-5-91522-473-4.2018.426 (in Russian).
8. Невеская Л.А., Попов С.В., Гончарова И.А., Гужов А.В., Янин Б.Т., Полуботко И.В., Бяков А.С., Гаврилова В.А. Двустворчатые моллюски России и сопредельных стран в фанерозое. М.: Научный мир, 2013. 467 с.
8. Nevesskaya L.A., Popov S.V., Goncharova I.A., Guzhov A.V., Yanin B.T., Polubotko I.V., Byakov A.S., Gavrilova V.A. Bivalve mollusks of Russia and neighboring countries in the Phanerozoic. M.: Nauchnyy mir, 2013. 467 p. (in Russian).
9. Определитель фауны Черного и Азовского морей. т.3. Свободноживущие беспозвоночные / Под ред. Ф.Д. Мордухай-Болтовского. Киев: Наукова думка, 1972. С. 242-267.
9. The determinant of the fauna of the Black and Azov Seas. vol. 3. Free-living invertebrates // *Pod red. F.D. Mordukhay-Boltovskogo*. Kiyev: Naukova dumka, 1972. P. 242-267 (in Russian).
10. Ревков Н.К., Щербань С.А. Особенности биологии двустворчатого моллюска *Anadara kagoshimensis* в Черном море // Экосистемы. 2017. № 9 (39). С. 47-56.
10. Revkov N.K., Shcherban S.A. Features of biology of the bivalve mollusk *Anadara kagoshimensis* in the Black Sea // *Ekosistemy*. 2017. № 9(39). P. 47-56 (in Russian).
11. Андреев Н.И., Андреева С.И. Морфологические преобразования моллюсков рода *Cerastoderma* (*Bivalvia*) при изменении режима водоемов и ценогического контроля // Экология и эволюция: новые горизонты: материалы Международного симпозиума, посвященного 100-летию академика С.С. Шварца, Екатеринбург, 01–05 апреля 2019 года. Институт экологии растений и животных УрО РАН. Екатеринбург: «Гуманитарный университет», 2019. С. 140-142.
11. Andreev N.I., Andreeva S.I. Morphological transformations of mollusks of the genus *Cerastoderma* (*Bivalvia*) when changing the regime of reservoirs and cenotic control // *Ekologiya i evolyutsiya: novyye gorizonty: materialy Mezhdunarodnogo simpoziuma, posvyashchennogo 100-letiyu akademika S.S. Shvartsa, Yekaterinburg, 01–05 aprelya 2019 goda. Institut ekologii rasteniy i zhivotnykh UrO RAN. Yekaterinburg: Avtonomnaya nekommercheskaya organizatsiya vysshego obrazovaniya "Gumanitarnyy universitet"*, 2019. P. 140-142 (in Russian).
12. Фроленко Л.Н., Мальцева О.С. О сообществе *Anadara* в Азовском море // Современные рыбохозяйственные и экологические проблемы Азово-Черноморского региона: материалы IX Международной научно-практической конференции, Керчь, Крым, 06 октября 2017 года. Керчь, Крым: Керченский филиал («ЮгНИРО») федерального государственного бюджетного научного учреждения «Азовский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства», 2017. С. 99-103.
12. Frolenko L.N., Maltseva O.S. About the *Anadara* community in the Sea of Azov // *Sovremennyye rybkhozyaystvennyye i ekologicheskiye problemy Azovo-Chernomorskogo regiona: materialy IX Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, Kerch', Krym, 06 oktyabrya 2017 goda. Kerch', Krym: Kerchenskiy filial («YugNIRO») federal'nogo gosudarstvennogo byudzhethnogo nauchnogo uchrezhdeniya «Azovskiy nauchno-issledovatel'skiy institut rybnogo khozyaystva»*, 2017. P. 99-103 (in Russian).
13. Переладов М.В. Структура биотопа и современное состояние поселений устриц (*Ostrea edulis*) в озере Донузлав п-ов Крым, Чёрное море. Труды ВНИРО. 2016. Т. 163. С. 36-47.
13. Pereladov M.V. Structure of the biotope and the current state of the settlements of oysters (*Ostrea edulis*) in the lake Donuzlav Peninsula of Crimea, Black sea // *Trudy VNIRO*. 2016. Vol. 163. P. 36-47 (in Russian).
14. Хлопкова М.В., Гусейнов М.К., Гусейнов К.М., Гасанова А.Ш. К фауне двустворчатых моллюсков дагестанского побережья Каспийского моря // Юг России: экология, развитие. 2018. Т. 13. № 2. С. 9-21. DOI: 10.18470/1992-1098-2018-2-9-21.
14. Khlopokova M.V., Guseinov M.K., Guseinov K.M., Gasanova A.Sh. To the fauna of bivalve mollusks of the Dagestan coast of the Caspian Sea // *Yug Rossii: ekologiya, razvitiye*. 2018. T. 13. No. 2. S. 9-21. DOI: 10.18470/1992-1098-2018-2-9-21 (in Russian).
15. Свиточ А.А. Морской плейстоцен побережий России. М.: ГЕОС, 2003. 362 с.
15. Svitoch A.A. Marine Pleistocene of the coasts of Russia. M.: GEOS, 2003. 362 p. (in Russian).

УДК 551.578:504.53:332.368

**ВЗВЕСЬ И НЕФТЯНЫЕ УГЛЕВОДОРОДЫ В СНЕЖНОМ ПОКРОВЕ
АРКТИЧЕСКОГО НЕФТЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ****Яковенко А.А.¹, Котова Е.И.^{1,2}, Калашников А.В.¹**¹*ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова»,
Архангельск, e-mail: yakovenko.a.a@edu.narfu.ru;*²*ФГБНУ «Институт океанологии им. П.П. Ширшова» РАН, Москва, e-mail: ecopp@yandex.ru*

В условиях сурового арктического климата большую часть времени года территории покрыты снежным покровом. Это обуславливает выбор снежного покрова в качестве объекта исследования техногенного воздействия на окружающую среду. Несмотря на хрупкость арктических экосистем, здесь расположены крупные антропогенные источники загрязнения – объекты нефтегазодобывающей отрасли. В данной статье приведена оценка оказываемого негативного влияния эксплуатируемого нефтяного месторождения на загрязнение снежного покрова, путем проведения замеров концентраций веществ загрязнителей, накопленных за зимний период с последующим анализом полученных в ходе лабораторных испытаний данных о содержащихся веществах. Основным загрязнителем прилегающих к нефтяному месторождению территорий является факельная установка, используемая для сжигания попутного нефтяного газа, получаемого при проведении добычи нефти. В качестве оцениваемых веществ загрязнителей были выбраны нефтяные углеводороды и взвешенные вещества. Установлено, что среднегодовое содержание нефтяных углеводородов в снежной толще изменяется незначительно и не превышает 0,037 мг/л. В отличие от нефтяных углеводородов, содержание взвешенных веществ в снежном покрове распределяется достаточно неравномерно как во времени, так и в пространстве в диапазоне 0,9–8,3 мг/л в среднем за год. В начале зимы концентрации нефтяных углеводородов выше, чем в конце периода снегозалегаания. Значительный разброс в средних межгодовых концентрациях взвешенных веществ может быть обусловлен тем, что химический состав выбросов в окружающую среду достаточно неоднороден и зависит от состава добываемой нефти и получаемых вместе с ней примесей.

Ключевые слова: сжигание попутного нефтяного газа, загрязнение окружающей среды факельными установками, загрязнение снежного покрова, экологический мониторинг, нефтяные углеводороды, взвешенные вещества

**SUSPENSION AND PETROLEUM HYDROCARBONS
IN THE SNOW COVER OF THE ARCTIC OIL FIELD****Yakovenko A.A.¹, Kotova E.I.^{1,2}, Kalashnikov A.V.¹**¹*Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Arkhangelsk, e-mail:
yakovenko.a.a@edu.narfu.ru;*²*Institute of Oceanology RAS named after P.P. Shirshov, Moscow, e-mail: ecopp@yandex.ru*

Territories in the harsh arctic climate are covered with snow most of the year. This determines the choice of snow cover as an object of environmental impact study. Despite the fragility of the Arctic ecosystems, there are large anthropogenic sources of pollution. They are the objects of the oil and gas industry. This article provides an assessment of the impact of an exploited oil field on the snow cover. This was done by measuring the concentrations of pollutant substances that were accumulated during the winter period. Further, the analysis of the data obtained during laboratory tests was carried out. The main pollutant of the territories adjacent to the field is a flare plant used to burn associated petroleum gas obtained during oil production. Petroleum hydrocarbons and suspended solids were selected as pollutant substances to be assessed. It has been established that the average annual content of petroleum hydrocarbons in the snow mass varies insignificantly and does not exceed 0,037 mg/l. Unlike petroleum hydrocarbons, the content of suspended solids in the snow cover is distributed rather unevenly both in time and space in the range of 0,9–8,3 mg/l on average per year. Petroleum hydrocarbon concentrations are higher at the beginning of winter. It is assumed that a significant scatter in the average interannual concentrations of suspended solids is due to the fact that the composition of emissions into the environment is quite heterogeneous and depends on the composition of the produced oil and the impurities obtained along with it.

Keywords: snow cover, associated gas, flare installation, snow, monitoring, petroleum hydrocarbons, suspended solids

Огромная роль в мировой экономике отведена нефтяной отрасли, являющейся одной из базовых в России. Однако добыча углеводородного сырья сопровождается большим количеством загрязняющих факторов, оказывающих значительное воздействие на окружающую среду. Загрязняющие вещества особенно сильно влияют на природу арктических регионов след-

ствие малых интенсивностей продукционно-биоэнергетических процессов, низких восстановительных и самоочистительных возможностей их экосистем [1]. Одной из самых актуальных проблем в настоящее время для хрупкой арктической природы и проживающего здесь коренного населения является постоянно растущее загрязнение экосистем [2].

Для оценки влияния нефтяной промышленности на окружающую среду необходимо проводить комплексный экологический мониторинг, включающий в себя отбор различных компонентов природных комплексов и их последующий анализ. Проведение комплексной оценки загрязнения почв в результате функционирования предприятий нефтегазодобывающей отрасли возможно только в период отсутствия снегового покрова. В условиях арктического климата данный период является достаточно коротким, что обуславливает необходимость изучения и оценки загрязнения снегового покрова.

Основным постоянно действующим источником загрязнения окружающей среды на месторождении является установка по сжиганию попутного нефтяного газа. В непосредственной близости от факельной установки концентрация нефтяных углеводородов в почвах максимальна [3]. Попутный газ состоит из смеси метана, этана, пропана, бутана, изобутана и других углеводородов, а также содержит Ar, H₂, He, N₂, H₂S, CO, CO₂, различные серосодержащие соединения, инертные газы, а также водяные пары, твердые частицы и тяжелые металлы [4]. При сгорании попутного газа в атмосферу поступают углекислый газ, нерастворимые примеси (взвешенные вещества), ряд газовых примесей (оксиды азота и серы, метан и другие углеводороды), Hg, As, Cr [5]. Взвешенные вещества состоят в основном из накопленной пыли, золы и сажи, выбрасываемых в атмосферу во время работы факельной установки, а также из различных органических и неорганических примесей, приносимых с атмосферными осадками.

Снежный покров, который, подобно почвенному покрову, обладает способностью активно накапливать химические элементы и их соединения, является хорошим индикатором для выявления процессов загрязнения территорий в течение зимнего периода [6]. Химический состав снега формируется в результате поступления с осадками различных химических элементов, поглощения снежным покровом газов, водорастворимых аэрозолей и взаимодействия со снежным покровом твердых частиц, оседающих из атмосферы [7].

Изучение состава снежного покрова позволит оценить уровень техногенного воздействия в зимний период на прилегающие к месторождению площади. За время продолжительной зимы газоаэрозольные выбросы осаждаются и накапливаются в снежной толще. В весенний период все

накопленные вещества залпово поступают в почвы и водные объекты.

Целью исследования является оценка загрязнения снежного покрова вблизи от эксплуатируемого арктического нефтяного месторождения.

Основные задачи исследования:

– Изучение межгодовых изменений содержания накапливаемых нефтяных углеводородов и взвешенных веществ в снегу.

– Сравнение концентраций нефтяных углеводородов и взвешенных веществ в снегу в начальный период становления снежного покрова и перед снеготаянием.

Материалы и методы исследования

Работы проводились вблизи нефтяного месторождения, расположенного в арктической зоне, в 60 км к северо-западу от поселка Хорей-Вер. Отбор проб снега проводился в 14 точках, показанных на рис. 1.

Пробы отбирались в период с 2006 г. по 2016 г. Отбор проб снега производился из шурфов, на всю толщину снежного покрова, за исключением самого нижнего пятисантиметрового слоя. Площади стенок шурфа были измерены инструментально. Пробы упаковывались в водонепроницаемые полиэтиленовые мешки, пронумерованные этикетками. Пробы доставлялись в лабораторию, где происходила пробоподготовка, включающая растапливание и фильтрацию, и анализ проб.

Определение содержания нефтяных углеводородов в талой фазе снежного покрова проводилось по ГОСТ 31953-2012 «Определение нефтепродуктов методом газовой хроматографии». Метод основан на экстракционном извлечении нефтепродуктов из пробы растопленного снега экстрагентом, очистке экстракта от полярных соединений сорбентом, анализе полученного элюата на газовом хроматографе, суммировании площадей хроматографических пиков углеводородов в диапазоне времен удерживания равным и (или) более *n*-октана и расчете содержания нефтепродуктов в воде по установленной градуировочной зависимости.

Содержание взвешенных веществ определялось гравиметрическим методом согласно методике РД 52.24.468-2019 «Массовая концентрация взвешенных веществ и сухого остатка в водах. Методика измерений гравиметрическим методом».

Последующая статистическая обработка полученных результатов проводилась в программном комплексе Microsoft Office Excel 2016.

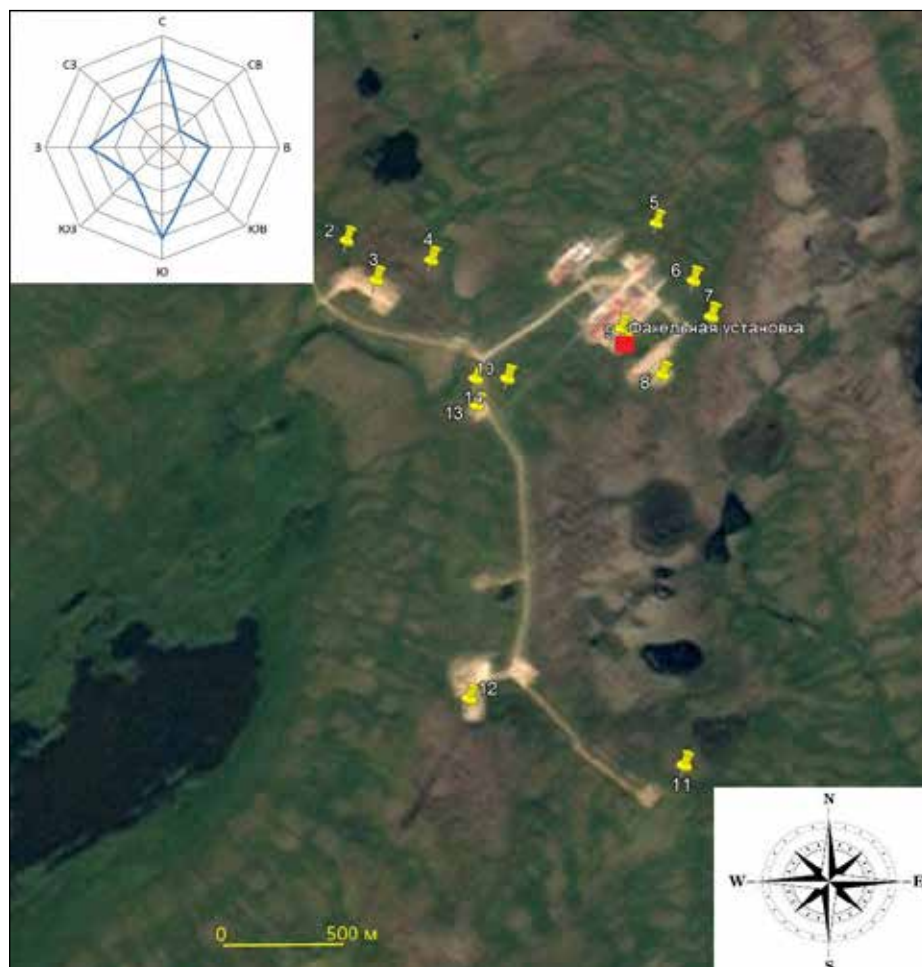


Рис. 1. Точки отбора проб снега

Результаты исследования и их обсуждение

Оценка ежегодных концентраций нефтяных углеводородов и взвешенных веществ в снегу

Пробы снега для оценки межгодовой динамики состава отбирались в период максимального влагозапаса в марте.

Анализ межгодовой изменчивости показал отсутствие значимых межгодовых изменений содержания нефтяных углеводородов в снежной толще. Среднее по территории содержание нефтяных углеводородов в снежном покрове изменяется из года в год незначительно и составляет 0,022–0,037 мг/л (рис. 2).

В то же время значения стандартного отклонения, показывающего разброс значений, в отдельные годы различны. Например, в 2013 г. на всей территории содержания нефтепродуктов в снегу было примерно

одинаковым: значение стандартного отклонения равнялось 0,004 мг/л, а амплитуда колебаний значений составила 0,014 мг/л. В 2008 г. значение стандартного отклонения составило 0,043 мг/л. В этот год максимальное содержание нефтяных углеводородов на уровне 0,17 мг/л было определено в точке, расположенной в 1300 м от факельной установки. Данное увеличение содержания нефтяных углеводородов, скорее всего, связано с неким разовым локальным загрязнением, так как в другие годы концентрации здесь невелики.

Анализ межгодовой изменчивости содержания в снегу взвешенных веществ показал наличие достаточно значимых скачков концентрации в снежной толще. В среднем содержание взвешенных веществ составляло 0,9–8,3 мг/л. Наибольшая концентрация наблюдалась в 2008 г., а наименьшая была в 2010 (рис. 3).

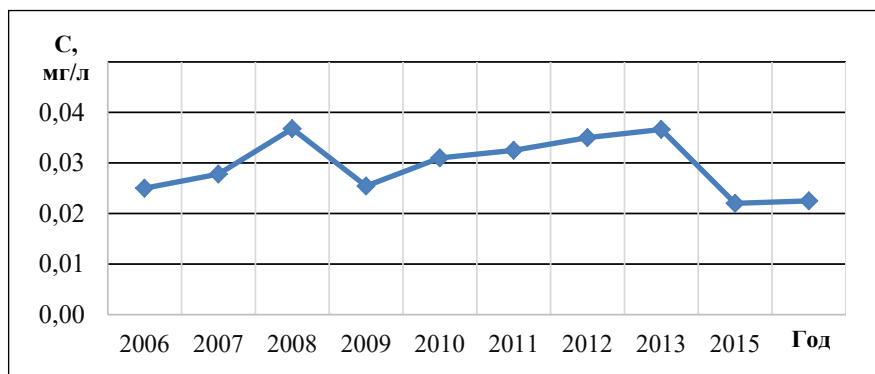


Рис. 2. Среднее значение содержания нефтяных углеводородов в снегу (С), мг/л

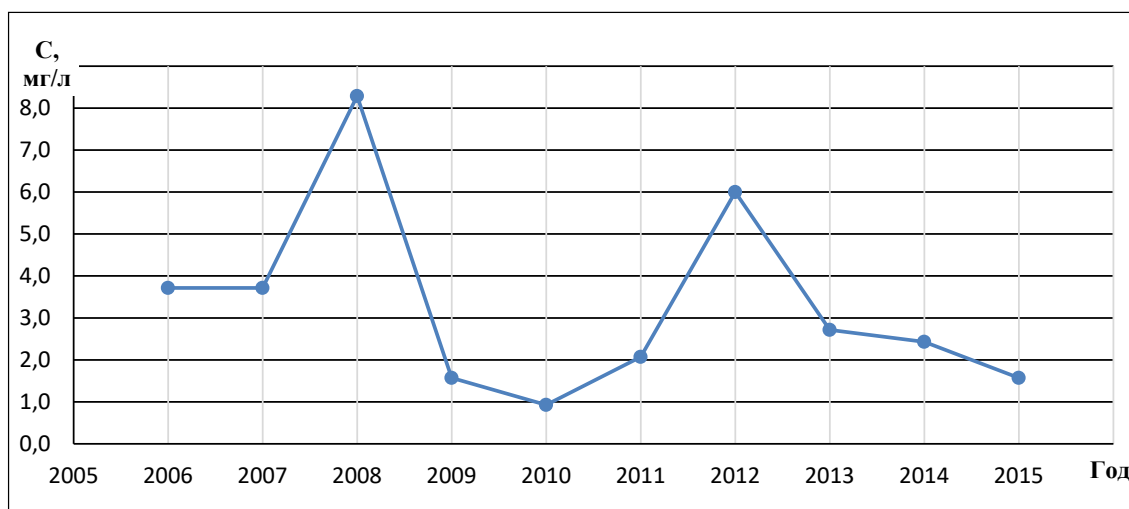


Рис. 3. Среднее значение содержания взвешенных веществ в снегу (С), мг/л

Для взвешенных веществ значения стандартного отклонения, показывающего разброс значений, свидетельствуют о достаточно серьезной неравномерности в распределении загрязнителя между точками. Так, в 2008 г. значение стандартного отклонения составило максимальные 4,43 мг/л, а амплитуда колебаний значений – 12,0 мг/л. В этом же году было достигнуто максимальное значение содержания взвешенных веществ – 16,0 мг/л в точке, находящейся в непосредственной близости от факельной установки.

Наиболее равномерным по распределению взвешенных веществ в снежном покрове можно считать 2010 г. Значение стандартного отклонения составило 1,14 мг/л, а амплитуда колебаний значений составила 4,0 мг/л. В этом же году отмечено наименьшее среднее значение концентраций взвешенных веществ в снегу. Исходя из полученных результатов можно отметить, что

чем выше среднее значение концентрации взвешенных веществ в снегу, тем больше неоднородность в их распространении, т.е. загрязнение снежного покрова взвешенными веществами имеет не постоянный, а залповый характер. Для оценки пространственной характеристики зоны загрязнения ниже приведена таблица с данными по средним концентрациям за весь временной промежуток наблюдений в разрезе пунктов наблюдения, относительно расстояния от основного источника – факельной установки.

Сезонная динамика

Для того, чтобы оценить изменение загрязнения снега за весь зимний период, было проведено сравнение концентраций нефтяных углеводородов и взвешенных веществ в начальный период становления снежного покрова (ноябрь – декабрь) и перед тем, как снежный покров начинает таять (март). Результаты представлены в табл. 1, 2.

Таблица 1

Среднее содержание нефтяных углеводородов и взвешенных веществ, мг/л, в разрезе пунктов наблюдения

№ точки наблюдения	Расстояние до факельной установки, м	Средняя концентрация НУ, мг/л	Средняя концентрация ВВ, мг/л
9	47	0,026	3,00
8	274	0,028	4,09
6	383	0,028	4,82
7	394	0,032	2,64
5	514	0,026	2,82
10	560	0,030	2,27
14	672	0,022	2,36
13	715	0,021	3,00
4	910	0,034	2,09
3	1122	0,024	3,91
2	1300	0,041	2,91
12	1722	0,025	2,36
11	1932	0,023	4,00
1	6868	0,028	3,27

Таблица 2

Среднее содержание нефтяных углеводородов, мг/л

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2015	2016
Ноябрь – декабрь	0,035	0,035	0,035	0,030	0,048	0,032	0,037	0,036	0,029	0,036
Март – апрель	0,017	0,032	0,026	0,024	0,023	0,029	0,035	0,033	0,015	0,026

Таблица 3

Среднее содержание взвешенных веществ, мг/л

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Ноябрь – декабрь	5,0	3,5	3,5	2,0	2,5	4,0	1,5	5,0	1,8	2,8	1,8
Март – апрель	5,0	4,5	7,5	2,0	2,0	2,5	5,8	4,8	2,5	2,0	1,2

Анализ полученных данных показал, что в начале зимы концентрации нефтяных углеводородов выше, чем в конце периода снегозалегаания, причем в некоторые годы в 2–3 раза. Данный результат может быть обусловлен тем, что январь – февраль – это месяцы наиболее снежные, когда происходит основное формирование снежной толщи во время снегопадов и метелей. В результате концентрации углеводородов усредняются по высоте, а среднее содержание нефтепродуктов в снежном покрове уменьшается. Обратная ситуация – в начале формирования снежного покрова, когда снега не так много, интенсивность его

выпадения ниже. В этот период происходит вымывание и накопление загрязнения в снежной толще, а количества осадков недостаточно для «разбавления» и снижения концентрации.

Для подтверждения зависимости концентрации нефтяных углеводородов от мощности снегового покрова были построены сравнительные графики (рис. 4).

Графики демонстрируют, что чем больше высота снежного покрова, тем концентрация нефтепродуктов в мг/л меньше. Однако при подсчете коэффициентов корреляции данное утверждение подтвердилось не во всех случаях.

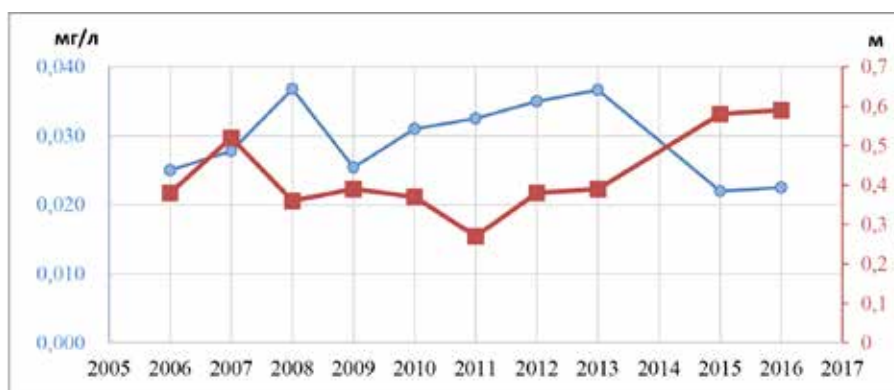


Рис. 4. Среднегодовые значения концентрации нефтяных углеводородов (мг/л) и мощности снежного покрова (м)

Рассматривая концентрации взвешенных веществ, выявить какую-либо закономерность, привязанную как ко времени, так и к мощности снежного покрова, не удалось. Так, в 2008 г. средняя концентрация составила в ноябре – декабре 3,5 мг/л, а в марте – апреле 7,5 мг/л. Обратная ситуация наблюдалась в 2011 г., когда средняя концентрация в ноябре – декабре составляла 4,0 мг/л, а в марте – апреле 2,5 мг/л.

Заключение

Исходя из полученных результатов, можно сделать вывод, что среднегодовая концентрация нефтяных углеводородов в снегу при стабильной работе факельной установки закрытого типа не превышает 0,047 мг/л и в среднем к периоду снеготаяния равна 0,037 мг/л. Распределение содержания нефтепродуктов в большинстве случаев зависит от мощности снегового покрова. К моменту снеготаяния наблюдается снижение содержания нефтепродуктов в среднем на всю толщу снежного покрова.

Взвешенные вещества в снежном покрове распределяются достаточно неравномерно как во времени, так и в пространстве. Содержание их изменяется в диапазоне от предела обнаружения до 16 мг/л. Значительный разброс в средних межгодовых концентрациях взвешенных веществ может быть обусловлен тем, что состав выбросов в окружающую среду достаточно неоднороден и зависит от состава добываемой нефти и получаемых вместе с ней примесей.

Список литературы / Reference

1. Шахова Т.С. Влияние нефтеперерабатывающих заводов на эколого-геохимическую обстановку прилегающих территорий по данным изучения снегового покрова (на примере г. Омск, Ачинск, Павлодар): автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. Томск, 2018. 22 с.

Shakhova T.S. The influence of oil refineries on the ecological and geochemical situation of adjacent territories according to the study of snow cover (on the example of Omsk, Achinsk, Pavlodar): avtoref. dis. ... kand. geol.-min. nauk. Tomsk, 2018. 22 p. (in Russian).

2. Катыгинская О.И. Влияние снежного покрова на накопление загрязняющих веществ в почве: магистерская диссертация РГГМУ. СПб., 2016. 117 с.

Katyginskaya O.I. The influence of snow cover on the accumulation of pollutants in the soil: Master's dis. of RSHMU. SPb., 2016. 117 p. (in Russian).

3. Яковенко А.А., Котова Е.И. Влияние сжигания попутного газа на загрязнение почв в условиях арктического нефтяного месторождения // Успехи современного естествознания. 2021. № 5. С. 117-122. DOI: 10.17513/use.37632.

Yakovenko A.A., Kotova E.I. Effect of associated gas combustion on soil pollution in the arctic oil field // Uspekhi sovremennogo yestestvoznaniya. 2021. № 5. P. 117-122 (in Russian). DOI: 10.17513/use.37632.

4. Ботнева Т.А., Панкина Р.Г., Соколов В.А. Геохимия нефтяных попутных газов (по материалам Волго-Уральской обл., Кавказа и Южно-Укр. обл.) М.: Недра, 1966. 202 с.

Botneva T.A., pankina R.G., Sokolov V.A. Geochemistry of petroleum associated gases (based on the materials of the Volga-Ural region, the Caucasus and the South Ukrainian region) M.: Nedra, 1966. 202 p. (in Russian).

5. Шевченко В.П. Загрязнение окружающей среды Арктики и Субарктики в результате сжигания попутного газа // Нетрадиционные источники углеводородов: междисциплинарные исследования. Материалы Международной научно-практической конференции (станция Голубицкая, Краснодарский край, 07-10 июля 2019 г). Станция Голубицкая, Краснодарский край: Изд-во Перо, 2019. С. 32-34.

Shevchenko V. P. Environmental pollution of the Arctic and Subarctic as a result of associated gas combustion // Netraditsionnyye istochniki uglevodorodov: mezhdistsiplinarnyye issledovaniya. Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii (stanitsa Golubitskaya, Krasnodarskiy kray, 07-10 iyulya 2019 g). Stanitsa Golubitskaya, Krasnodarskiy kray: Izd-vo Pero, 2019. P. 32-34 (in Russian).

6. Смирнова С.М., Долин В.В. Тяжелые металлы в снежном покрове г. Николаева // Збірник наукових праць Інституту геохімії навколишнього середовища. 2011. № 19. С. 115-124.

Smirnova S.M., Dolin V.V. Heavy metals in snow cover of Mykolayiv city // Sbornik nauchnykh trudov Institutu geokhimiї okruzhayushchey sredy. 2011. № 5. P. 61-65 (in Russian).

7. Meshcheryakov P.V., Prokopovich E.V., Korkina I.N. Transformation of ecological conditions of soil and humus substance formation in the urban environment. Russian Journal of Ecology. 2005. No 36 (1). P. 8-15. DOI: 10.1007/s11184-005-0002-5.