УСПЕХИ СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

№ 4 2019

ISSN 1681-7494

Двухлетний импакт-фактор РИНЦ – 0,653

Пятилетний импакт-фактор РИНЦ – 0,322

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 каталогу «Роспечать» – 70878

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

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

ЗАМ. ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

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

Чернева Ирина Николаевна, к.с.-х.н.

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.с.-х.н., проф. Алабушев А.В. (Зерноград); 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.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. Егорина 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 Кузяков 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 бесплатен.

Двухлетний импакт-фактор РИНЦ – 0,653

Пятилетний импакт-фактор РИНЦ – 0,322.

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

Журнал включен в Реферативный журнал и Базы данных ВИНИТИ.

Учредитель, издательство и редакция:
ИД «Академия Естествознания»

Почтовый адрес: 105037, г. Москва, а/я 47
Адрес редакции: 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 – 31.03.2019
Дата выхода номера – 30.04.2019

Формат 60x90 1/8
Типография
ООО «Научно-издательский центр
Академия Естествознания»,
г. Саратов, ул. Мамонтовой, 5

Техническая редакция и верстка
Байгузова Л.М.
Корректор
Галенкина Е.С.

Способ печати – оперативный.
Распространение по свободной цене.
Усл. п.л. 11,5
Тираж – 1000 экз. Заказ. УСЕ/4-2019
Подписной индекс 70878

© ИД «Академия Естествознания»

СОДЕРЖАНИЕ

Сельскохозяйственные науки (06.01.00, 06.03.00)

ВЛИЯНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА АНАТОМО-МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ХВОИ

Галдина Т.Е., Хазова Е.П. 7

МОНИТОРИНГ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ АГРОФОНОВ СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЫ ПО СОВОКУПНОСТИ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ И БИОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Зинченко М.К., Зинченко С.И. 14

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ПОДСОЛНЕЧНИКА В ЧЕРНОЗЕМНОЙ СТЕПИ САРАТОВСКОГО ПРАВОБЕРЕЖЬЯ

Лекарев А.В., Графов В.П., Нарушев В.Б. 20

ГИБЕЛЬ ЛЕСОВ КУРГАНСКОЙ ОБЛАСТИ ОТ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ПЕРЕУВЛАЖНЕНИЯ И СПОСОБЫ ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИЯ

Перепечина Ю.И., Дзубан В.И. 26

Науки о Земле (25.00.00)

ТОКСИЧНОСТЬ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ МАЛЫХ РЕК БАССЕЙНА РЕКИ ТУЗЛОВ ПО НАБОРУ БИОТЕСТОВ

Бакаева Е.Н., Тарадайко М.Н. 31

ТВЕРДЫЕ КОММУНАЛЬНЫЕ ОТХОДЫ В ЛЕВОБЕРЕЖНОЙ ЧАСТИ ТЕРРИТОРИИ НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ: РАЗМЕЩЕНИЕ И ПРОБЛЕМЫ РЕКУЛЬТИВАЦИИ

Волкова А.В., Мизгирева М.С., Петрова Е.Н. 37

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ АСПЕКТЫ МИГРАЦИИ НАСЕЛЕНИЯ В ПРИГРАНИЧНЫХ РАЙОНАХ МОНГОЛЬСКОГО ПЛАТО (НА ПРИМЕРЕ БУРЯТИИ И МОНГОЛИИ)

Гончиков Ц.Д., Урбанова Ч.Б., Дымчикова Б.Ц., Эрдэнэсух С. 43

ЭКОЛОГО-БИОГЕОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОЧВ ГОРНО-ЛЕСНОГО ПОЯСА БАССЕЙНА ТЕЛЕЦКОГО ОЗЕРА

Ельчининова О.А., Кузнецова О.В., Рождественская Т.А., Кайзер М.И., Вышникова Т.В. 51

СПОСОБЫ ПОСТРОЕНИЯ ФУНКЦИЙ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ НЕЧЕТКИХ ВЕЛИЧИН И НЕЧЕТКИХ ОТНОШЕНИЙ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИХ, ПРОМЫСЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ

Кобрунов А.И., Мотрюк Е.Н. 57

ОРГАНИЗАЦИЯ ШКОЛЬНОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА НА ТЕРРИТОРИИ ООПТ ГОРОДА МОСКВЫ

Луговской А.М., Солодов С.В., Межова Л.А. 63

ЛИШАЙНИКОВЫЙ ПОКРОВ ПРИХАНКАЙСКОЙ РАВНИНЫ КАК КАЧЕСТВЕННЫЙ ПОКАЗАТЕЛЬ СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ (ЮГ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА РОССИИ)

Скирина И.Ф., Родникова И.М., Скирин Ф.В. 68

КОНТРОЛЬ В СФЕРЕ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЭКСПЕРТИЗА КАК СПОСОБ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ НЕГАТИВНЫХ ПОСЛЕДСТВИЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОБЪЕКТОВ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

Степанова Н.Е. 75

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ ПЕСКОВ ХВОСТОХРАНИЛИЩ ДЖИДИНСКОГО ВОЛЬФРАМО-МОЛИБДЕНОВОГО КОМБИНАТА НА СОДЕРЖАНИЕ МЕЛКОДИСПЕРСНОЙ И СУБМИКРОННОЙ ФРАКЦИИ АЭРОЗОЛЯ В АТМОСФЕРЕ ГОРОДА ЗАКАМЕНСКА

Цыдыпов В.В., Жамсуева Г.С., Заяханов А.С., Стариков А.В., Дементьева А.Л., Нагуслаев С.А., Бальжанов Т.С., Сунграпова И.П. 81

КУПАНИЕ КАК ВИД РЕКРЕАЦИОННОГО ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДОЕМОВ ЦФО РОССИИ

Чекмарева Е.А. 87

CONTENTS

Agricultural sciences (06.01.00, 06.03.00)

INFLUENCE OF GENETIC AND ENVIRONMENTAL FACTORS
ON ANATOMIC AND MORPHOLOGICAL PARAMETERS OF NEEDLE

Galdina T.E., Khazova E.P. 7

MONITORING OF ECOLOGICAL CONDITION OF SOIL FERTILITY
OF GRAY FOREST SOIL BASED ON THE COMBINATION
OF MICROBIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL PARAMETERS

Zinchenko M.K., Zinchenko S.I. 14

IMPROVEMENT OF CULTIVATION TECHNOLOGY OF SUNFLOWER
IN BLACK SOIL STEPPE OF THE SARATOV RIGHT BANK

Lekarev A.V., Grafov V.P., Narushev V.B. 20

DEATH OF THE FORESTS OF THE KURGAN REGION FROM PERIODIC
WATERLOGGING AND METHODS OF FOREST RESTORATION

Perepechina Yu.I., Dzuban V.I. 26

Earth sciences (25.00.00)

BOTTOM SEDIMENTS TOXICITY OF TUZLOV RIVER BASIN SMALL RIVERS
BY BIOASSAY BATTERY

Bakaeva E.N., Taradayko M.N. 31

SOLID COMMUNAL WASTE IN THE LEFT-BANK PART OF THE TERRITORY
OF THE NIZHNY NOVGOROD REGION: ACCOMMODATION
AND RECULTIVATION PROBLEMS

Volkova A.V., Mizgireva M.S., Petrova E.N. 37

SPATIAL-TIME ASPECTS OF MIGRATION OF THE POPULATION
IN THE FRONTIER AREAS OF THE MONGOLIAN PLATO
(ON THE EXAMPLE OF BURYATIA AND MONGOLIA)

Gonchikov Ts.D., Urbanova Ch.B., Dymchikova B.Ts., Erdenesukh S. 43

ECOLOGICAL AND BIOGEOCHEMICAL ASSESSMENT OF SOILS OF THE MOUNTAIN
FOREST BELT OF THE TELETSKOE LAKE BASIN

Elchininova O.A., Kuznetsova O.V., Rozhdestvenskaya T.A., Kayzer M.I., Vyshnikova T.V. 51

WAYS OF CONSTRUCTING MEMBERSHIP FUNCTIONS OF FUZZY VALUES
AND FUZZY RELATIONS OF GEOLOGICAL, GEOPHYSICAL, FIELD PARAMETERS

Kobrunov A.I., Motryuk E.N. 57

SCHOOL ECOLOGICAL MONITORING IN PROTECTED AREAS OF MOSCOW

Lugovskoy A.M., Solodov S.V., Mezhova L.A. 63

LICHEN COVER OF PRIKHANKAYSKAYA VALLEY AS INDICATOR
OF ENVIRONMENT QUALITY (SOUTH OF THE RUSSIAN FAR EAST)

Skirina I.F., Rodnikova I.M., Skirin F.V. 68

CONTROL IN THE FIELD OF ENVIRONMENTAL PROTECTION AND ENVIRONMENTAL
IMPACT ASSESSMENT AS A WAY TO PREVENT THE NEGATIVE EFFECTS
OF THE ACTIVITIES OF THE OIL AND GAS INDUSTRY OBJECTS

Stepanova N.E. 75

THE IMPACT OF TECHNOGENIC SANDS OF TAILING OF THE DZHIDIN TUNGSTEN-MOLYBDENUM COMBINE ON THE CONTENT OF FINE AND SUBMICRON FRACTION OF AEROSOL IN THE ATMOSPHERE OF ZAKAMENSK

Tsydypov V.V., Zhamsueva G.S., Zayakhanov A.S., Starikov A.V., Dementeva A.L., Naguslaev S.A., Balzhanov T.S., Sungrapova I.P. 81

BATHING AS A KIND RECREATIONAL WATER USE OF RESERVOIRS OF THE CENTRAL FEDERAL DISTRICT OF RUSSIA

Chekmareva E.A. 87

УДК 630*232:630*174.753:630*168

ВЛИЯНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА АНАТОМО-МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ХВОИ

Галдина Т.Е., Хазова Е.П.

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, e-mail: invitro11@bk

Сравнительно-анатомические исследования, проведенные в географических культурах и естественных борах сосны обыкновенной с целью изучения анатомии хвои и выявления анатомической изменчивости, помогли получить данные об особенностях формирования органов вегетативного побега, об изменчивости и стойкости структурных признаков, путях приспособительной эволюции. Результаты работы показали, что строение ассимиляционной ткани, темпы роста и развития пластинки листа отражают влияние прошлых и современных условий существования. На момент исследований отмечено, что хвоя сосны обыкновенной, произрастающая в разных лесорастительных зонах (зона широколиственных лесов, южная лесостепь, сухая степь), характеризуется разными структурно-анатомическими показателями и признаками. В широколиственных лесах хвоя более длинная и широкая, более жесткая и упругая, плотная на ощупь, в зоне сухой степи – тоньше, короче и уже. Изучение анатомической структуры хвои показало, что толщина ассимиляционных и проводящих тканей в сухой степи меньше по сравнению с зоной широколиственных лесов. Такие показатели, как толщина складчатого мезофилла, диаметр проводящих пучков, диаметр смоляных ходов, имеют самые крупные значения в зоне широколиственных лесов. В сухой степи данные параметры постепенно уменьшаются. Количество смоляных ходов также становится меньше в неблагоприятных условиях. Но самый важный аспект – увеличение толщины покровных тканей листа в аридных условиях. Исследование географических культур сосны обыкновенной происхождений из зоны широколиственных лесов, южной лесостепи и сухой степи позволило отметить, что морфолого-анатомическая структуре хвои перестраиваются и становятся схожа с местными экотипами, то есть происходит структурная адаптация ассимиляционного аппарата к новым условиям произрастания.

Ключевые слова: хвоя, морфолого-анатомическое строение, эпидерма, гиподерма, складчатый мезофил, адаптация

INFLUENCE OF GENETIC AND ENVIRONMENTAL FACTORS ON ANATOMIC AND MORPHOLOGICAL PARAMETERS OF NEEDLE

Galdina T.E., Khazova E.P.

Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, e-mail: invitro11@bk

Comparative anatomical studies conducted in pine provenance trial plantation and natural pine forests, to study the anatomy of needles and identify anatomical variability, helped to obtain data on the peculiarities of vegetative shoot organs formation, on the variability and persistence of structural features, ways of adaptive evolution. The results of the work have showed that the structure of assimilation tissue, growth rate and development of the leaf plate reflect the influence of past and modern conditions of existence. At the time of the research, it was noted that pine needles, growing in different forest vegetation zones (zone of deciduous forests, southern forest-steppe, and dry steppe) are characterized by different structural and anatomical indicators and signs. The needle is longer and wider, more rigid and resilient, dense by feel in deciduous forests, and it is thinner, shorter and narrower in the dry steppe zone. The study of the anatomical structure of needle has showed that the thickness of assimilation and conductive tissues in the dry steppe is less compared to the zone of deciduous forests. Indicators such as thickness of folded mesophyll, diameter of conducting bundle, the diameter of resin channels have the largest values in the zone of deciduous forests. These parameters gradually decrease in dry steppe. The number of resin channels also becomes less under adverse conditions. But the most important aspect is an increase in the thickness of the surface tissues of the leaf in arid conditions. Studies of the geographical cultures of Scots pine from the zone of deciduous forests, southern forest-steppe and dry steppe, have noted that morphological and anatomical structure of needle is rearranged and it becomes similar to the local ecotypes, that is, there is a structural adaptation of the assimilation apparatus to the new growing conditions.

Keywords: needle, morphological and anatomical structure, epidermis, hypodermis, folded mesophilic, adaptation

Pinus sylvestris L. – очень пластичный вид, имеющий широкую экологическую амплитуду почвенно-климатических условий произрастания. Сосна обыкновенная широко распространена в Сибири и Европе. На севере сосновые леса доходят до Лапландии, а на юге встречаются в Китае и Монголии. Широко этот вид распространен в Евразии, сосна обыкновенная встречается в Испании и Великобритании, на востоке ареал достигает р. Ардан и р. Амур в Сибири. Сосна обыкновенная образует популяции на песчаных, супесчаных, а также торфяных почвах, редко, но встречается на глинистых [1–2].

Изучая ареал сосны обыкновенной, следует отметить высокую степень приспособляемости данного вида. Объяснить такую физиологическую особенность возможно,

более подробно изучая анатомо-морфологическую структуру хвои, её особенности на уровне клеточного строения. Полагаясь на результаты многолетних исследований разных авторов, следует отметить, что хвоя сосны обыкновенной характеризуется высокой степенью чувствительности, благодаря которой с легкостью перестраивается структура клеток хвои каждого уровня, изменяются показатели и признаки в зависимости от условий местопроизрастания и других физиологических особенностей вида. Отмечено, что анатомо-морфологическое особенности строения хвои определяют в целом продуктивность и устойчивость древостоев, продолжительность и интенсивность роста всех органов растения. Такая физиологическая закономерность очень чувствительно проявляется при произрастании сосны обыкновенной в географических культурах. Авторы, изучающие географические культуры, отмечали, что размеры хвои (ширина, длина) являются константными признаками, при переброске экотипов из естественных боров в новые условия, сохраняют индивидуальную приспособленность, обусловленную эволюционной адаптацией. Так северные экотипы характеризуются наибольшими размерами хвои, экотипы их южных широт – наименьшими размерами хвои [3–5].

Цель исследования: изучить анатомо-морфологические особенности структуры хвои *Pinus sylvestris* L., произрастающей в различных условиях местопроизрастания, а также в одинаковых условиях, но разного происхождения, с целью установления влияния генетических и экологических факторов на адаптационные способности вида.

Материалы и методы исследования

Объектом исследования явилась сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.), произрастающая в Брянской области (Карачевский л-з), Воронежской (Хреновское л-во), Волгоградской (Арчединский л-з) и географических культурах в Воронежском лесхозе (Брянское происхождение, Воронежское, Волгоградское) возраст 45–60 лет. Условия произрастания объектов исследования характеризуются различными природно-климатическими показателями (табл. 1).

Материал для исследования был собран в летний период 2008 и 2014 гг. Закладывали пробные площади (естественное произрастание) размером 0,25 га, на которых отбирались модельные деревья по 10 экземпляров. С каждого модельного дерева брали хвою второго года в количестве по 350 шт. Хвоинки разрезали и среднюю часть поперечного разреза помещали в глицерин. Для изучения влияния генетических и экологических факторов на анатомо-морфологическую структуру хвои измеряли следующие показатели: длину, ширину, толщину хвои, размеры эпидермы, гиподермы, складчатого мезофилла, количество смоляных ходов, диаметры клеток. Исследования клеточного строения различных уровней хвои проводили микроскопом «Биолам» при увеличении 20×8. Все полученные измерения обрабатывались с помощью программы «Stadia».

Результаты исследования и их обсуждение

Особенности строения покровных тканей хвои, структура и размеры мезофилла, смоляных каналов являются одними из важных признаков адаптивной способности, характеризующих степень приспособленности, устойчивости и роста к новым условиям местопроизрастания.

В табл. 2 представлены показатели и размеры анатомической структуры хвои сосны обыкновенной, произрастающей в разных лесорастительных условиях, а также в одних условиях, но разного географического происхождения.

Таблица 1

Характеристика природно-климатических условий произрастания объектов исследований

№ п/п	Наименования показателя	Брянская обл. (Карачевский л-з)	Воронежская обл. (Хреновское л-во)	Волгоградская обл. (Арчединский л-з)
1	Природно-климатическая зона	Зона широколиственных лесов	Зона южной лесостепи	Зона сухой степи
2	Среднегодовая температура, °С	+4,5	+6,9	+6,9
3	Количество осадков в год, мм	750	486	200
4	Гидротермический коэффициент (ГТК)	1,6 (избыточное увлажнение)	0,9 (недостаточное увлажнение)	0,5 (слабое)
5	Вегетационный период, дней	185	200	206

Таблица 2

Показатели морфолого-анатомической структуры хвои *Pinus sylvestris* L.
в различных условиях произрастания, мкм

Размеры тканей листа	Естественный бор (2008 г.)			Географические культуры (южная лесостепь) (2014 г.)		
	Брянская обл. (Карачевский л-з)	Воронежская обл. (Хреновское л-во) А2	Волгоградская обл. (Арчединский л-з), А1	Брянское происхождение (Карачевский л-з)	Воронежское происхождение (Хреновское л-во)	Волгоградское происхождение (Арчединский л-з)
1	2	3	4	5	6	7
Толщина хвои V%	647,8 ± 6,5 6,0	537,7 ± 5,6 6,2	520,0 ± 8,7 10,1	526,5 ± 5,6 7,2	421,5 ± 5,6 5,9	432,5 ± 5,6 7,1
Ширина хвои V%	1380,0 ± 10,6 4,6	1173,0 ± 15,75 8,1	1112,0 ± 16,6 8,9	1285,0 ± 15,6 8,1	1210,0 ± 9,2 5,6	1175,0 ± 8,6 7,6
Толщина эпидермы V%	18,6 ± 0,34 11,1	19,1 ± 0,33 10,3	21,6 ± 0,37 10,2	16,3 ± 0,28 12,1	17,6 ± 0,18 10,1	18,1 ± 0,41 11,8
Толщина гиподермы V%	7,7 ± 0,37 28,7	7,8 ± 0,36 27,7	8,6 ± 0,27 18,8	7,1 ± 0,31 21,7	7,3 ± 0,25 18,7	7,8 ± 0,35 22,7
Толщина складчатого мезофилла V%	169,4 ± 3,74 13,2	152,2 ± 3,14 12,4	144,7 ± 1,52 6,3	160,4 ± 4,1 8,2	155,4 ± 3,2 9,5	151,1 ± 3,74 11,8
Диаметр проводящих пучков V%	117,5 ± 3,07 15,7	129,7 ± 3,37 15,6	142,5 ± 4,13 17,4	102,5 ± 3,1 16,6	118,8 ± 2,3 12,7	116,8 ± 5,3 19,2
Количество смоляных ходов V%	12,4 ± 0,38 18,2	9,6 ± 0,23 14,4	8,6 ± 0,26 18,4	10,2 ± 0,22 15,5	7,2 ± 0,13 9,4	8,8 ± 0,25 12,4
Диаметр смоляных ходов V%	108,1 ± 2,35 13,1	105,6 ± 1,41 8,0	90,8 ± 2,23 14,7	98,1 ± 2,4 9,1	96,5 ± 3,2 10,1	85,1 ± 2,8 15,2

Примечание. t_{st} = {2,0 – 2,6 – 3,4}.

Из табл. 2 видно, что анатомо-морфологическое строение хвои сосны обыкновенной, произрастающая в Брянской области (зона широколиственных лесов) характеризуется высокими показателями в сравнении с воронежскими и волгоградскими представителями. Можно с твердостью утверждать, что достаточное увлажнение и относительно теплый климат способствуют развитию хвои более крупных размеров: толщина и ширина в зоне широколиственных лесов Брянской области превышает на 20 % от более южных представителей (табл. 2).

Толщина эпидермы, выполняющая важную защитную функцию, в зоне широколиственных лесов на 11 % меньше в сравнении с южными экземплярами.

Таким образом, можно с уверенностью утверждать, что повышенная влажность и длинный относительно (185 дней) вегетационный период способствуют развитию более крупной хвои.

Благоприятные условия произрастания сказываются и на особенности формирования смоляных каналов. Смоляные каналы в хвое из Брянской области округлой формы, расположены равномерно по всему периметру в мезофильной части хвои, одной стороной прикасаясь к гиподерме (рис. 1).

Количество смоляных каналов в хвое в Брянской области на 30–45 % формируется больше, чем в Воронежской и Волгоградской областях. Средний диаметр смоляных ходов относительно Воронежского экземпляра различий практически не имеет. Что касается сухой степи, то видно, что диаметр смоляных ходов Волгоградской области на 19 % меньше, чем более северные представители.

Смоляные каналы в хвое из Воронежской области представлены не крупной формы (табл. 2), расположенные близко к гиподерме (рис. 2). Количество смоляных каналов в условиях южной лесостепи колеблется от 6 до 12 штук.

Смоляные каналы в хвое из Волгоградской области некрупные, имеют овальную форму, немного приплюснуты со стороны покровных тканей, расположенные очень близко к гиподерме (рис. 3). Количество смоляных каналов в условиях сухой степи колеблется от 6 до 12 штук, часто встречается 8 и 10 штук.

Таким образом, размеры и анатомо-морфологическая структура хвои существенно изменяется в зависимости от природно-климатических условий произрастания, т.е. прослеживается сильное влияние экологических факторов. При интродукции сосны обыкновенной из благоприятных условий в экстремальные (сухую степь, ГТК 0,6), происходит уменьшение размеры хвои и увеличении размеров тканей, выполняющих защитные функции. Остро реагируют на изменения среды произрастания и размеры ассимиляционных тканей, в более благоприятных условиях она максимальная, при интродукции в сухую степь она уменьшается на 17 %.

Совершенно иная картина прослеживается в анатомической структуре хвои сосны обыкновенной, произрастающей в условиях Воронежского лесхоза (A_2), но различного происхождения (Брянский экотип, Воронежский экотип и Волгоградский экотип). Резкое различие в морфолого-анатомической структуре хвои, наблюдаемое в естественных борах различных условий произрастания, сглаживается. Структура хвои по своим признакам и показателям приближается к местным представителям (табл. 2). Однако, анализируя данные таблицы, можно отметить, что на размеры и показатели структуры хвои оказывают влияние и генетические факторы, обусловленные происхождением вида. Наблюдается закономерность уменьшения размеров хвои в той же последовательности, что и в естественных борах. Хвоя Брянского происхождения характеризуется наибольшими размерами. Хвоя Волгоградского происхождения характеризуется наименьшими размерами.

Рис. 1–3 отражают микроструктуру хвои сосны обыкновенной, произрастающей в различных условиях.

Данные, представленные в табл. 3, свидетельствуют о влиянии экологических факторов на размеры клеток покровных тканей, трансфузионной ткани, трахеид проводящих пучков, смоляных каналов.

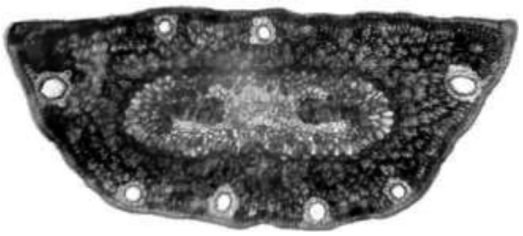
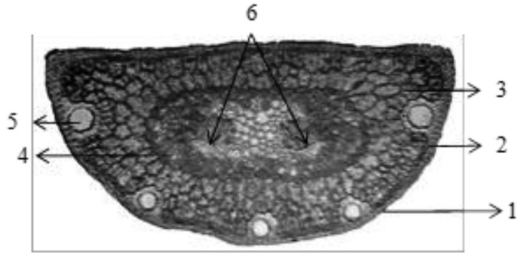


Рис. 1. Поперечный срез хвои Pinus sylvestris L. в условиях широколиственных лесов



1 – эпидерма,
2 – гиподерма,
3 – складчатый мезофилл,
4 – эндодерма,
5 – смоляной канал,
6 – проводящие пучки

Рис. 2. Поперечный срез хвои Pinus sylvestris L. в условиях южной лесостепи

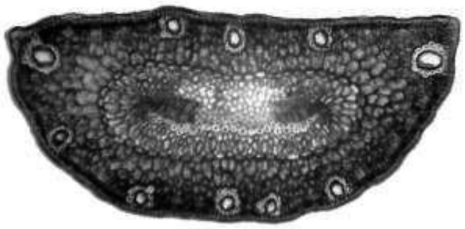


Рис. 3. Поперечный срез хвои Pinus sylvestris L. в условиях сухой степи

Так, в более благоприятных условиях произрастания (зона широколиственных лесов) клетки мезофилла более крупные (218,3 мкм). В условиях, где отмечено недостаточное увлажнение (Воронежская область ГТК 0,9, Волгоградская область ГТК 0,6) средний диаметр клеток мезофилла уменьшается незначительно в южной лесостепи (на 3 %) и на 57 % в сухой степи.

Такая же закономерность – уменьшение размеров клеток тканей ассимиляционного аппарата по мере ухудшения условий произрастания – прослеживается и в покровных тканях, проводящих пучках, волокнах, окружающие смоляные ходы (табл. 3)

При рассмотрении структуры хвои сосны обыкновенной, произрастающей в условиях сухой степи, следует отметить, что смоляные каналы окружены эпителиальными клетками округлой формы, плотно прижатыми друг к другу.

Структура мезофильной ткани, как правило, представлена большой поверхностью клеток, обращённой к межклетникам. В зависимости от условий произрастания структура мезофильной ткани в хвое сосны обыкновенной перестраивается. Так, складчатая ткань мезофилла хвои в ксерофитных условиях более рыхлая и располагается с обеих сторон. При переходе в условия недостаточного увлажнения (сухая степь) наблюдается уменьшение размеров клеток в пределах 35 %. и формирование мелкоклеточной структуры мезофилла.

Данные диаметра клеток тканей хвои сосны обыкновенной в географических культурах также свидетельствуют об анатомо-структурном перестроении до показателей местных представителей. Однако прослеживается некоторое незначительное различие, обусловленное закономерностью географического происхождения. Из таблицы видно, что та закономерность в диаметре клеток различных тканей, прослеживающаяся между экземплярами из различных условий произрастания, отмечена в географических культурах происхождений из тех же условий местопроизрастания. Такая закономерность свидетельствует о генетическом влиянии на морфолого-анатомическое строение хвои.

Выводы

Полученные результаты исследований позволили сделать следующие выводы: толщина покровных тканей выполняет главную роль при адаптации вида к новым условиям произрастания. Размеры покровных тканей хвои увеличиваются при интродукции сосны обыкновенной в более экстремальные условия среды (зона сухой степи). Существенную роль в адаптации вида к новым условиям произрастания играет и размеры ассимиляционных тканей, которые изменяются в зависимости от условий среды произрастания, в более благоприятных условиях она максимальная (169,4 мкм), при интродукции в сухую степь она уменьшается (144,7 мкм). Отмечено также, что для обеспечения устойчивости и хорошего роста сосны обыкновенной в сухой степи изменяются размеры и других тканей: диаметр проводящих пучков увеличивается при интродукции в сухую степь (Брянская область – 117,5, Воронежская область – 129,7, Волгоградская область – 142,5). Отмечено уменьшение диаметра клеток на всех уровнях при передвижении сосны обыкновенной с запада на восток (в более неблагоприятных условиях формируются мелкоклеточные ткани).

Таблица 3

Диаметры клеток разных тканей хвои *Pinus sylvestris* L., произрастающих в различных условиях, мкм

Показатели тканей хвои	Естественный бор			Географические культуры (южная лесостепь)		
	Брянская обл. (Карачевский л-з)	Воронежская обл. (Хреновское л-во) А2	Волгоградская обл. (Арчединский л-з), А1	Брянское происхождение (Карачевский л-з)	Воронежское происхождение (Хреновское л-во)	Волгоградское происхождение (Арчединский л-з)
1	2	3	4	5	6	7
Диаметр клеток складчатого мезофилла V%	218,3 ± 5,62 15,4	212,2 ± 5,71 16,1	139,1 ± 2,30 9,9	208,1 ± 5,16 9,8	203,8 ± 5,33 8,6	202,5 ± 6,63 12,4
Диаметр клеток эндодермы V%	33,1 ± 0,37 6,7	29,6 ± 0,65 13,2	28,9 ± 0,61 12,6	29,8 ± 0,47 7,7	29,2 ± 0,55 11,7	28,8 ± 0,47 10,8
Диаметр клеток трансфузионной ткани (живые) V%	27,3 ± 0,73 13,8	26,6 ± 0,41 7,7	25,2 ± 0,54 10,7	27,1 ± 0,66 13,8	26,1 ± 0,56 13,8	25,9 ± 0,61 13,8
Диаметр клеток трансфузионной ткани (мертвые) V%	26,9 ± 0,62 11,5	25,6 ± 0,39 7,6	24,8 ± 0,50 10,1	25,2 ± 0,42 12,5	25,3 ± 0,52 9,1	24,9 ± 0,71 8,5
Диаметр клеток трахеид проводящих пучков V%	8,7 ± 0,23 16,0	7,1 ± 0,25 21,1	8,7 ± 0,36 24,9	8,2 ± 0,33 11,0	8,1 ± 0,36 18,1	8,0 ± 0,27 26,1
Диаметр клеток волокон, окружающих смоляной ход V%	27,7 ± 0,23 5,0	25,8 ± 0,27 6,2	24,3 ± 0,25 6,1	26,1 ± 0,31 4,9	25,7 ± 0,27 6,7	25,7 ± 0,18 3,2

Примечание. $t_{st} = \{2{,}0 - 2{,}6 - 3{,}4\}$.

Исследования сосны обыкновенной из Брянска, Воронежа, Волгограда, произрастающих в Воронежской области, позволили отметить, что морфолого-анатомическая структура хвои перестраивается и становится схожа с местными экотипами. Однако наблюдаются и несущественные различия, обусловленные происхождением экотипов. В размерах покровных тканей, ассимиляционных тканей, диаметрах клеток разных уровней наблюдается та закономерность различий, что и представителей из естественных боров различных условий произрастания. Такая картина свидетельствует о влиянии генетических факторов на морфолого-анатомическую структуру хвои, отвечающую за адаптационную способность к новым условиям произрастания.

Список литературы / References

1. Милютин Л.И., Новикова Т.Н., Тараканов В.В., Тихонова И.В. Сосна степных и лесостепных боров Сибири. Новосибирск: Гео, 2013. 127 с.

Milyutin L.I., Novikova T.N., Tarakanov V.V., Tikhonova I.V. Pine of steppe and forest-steppe pine forests of Siberia. Novosibirsk: Geo, 2013. 127 p. (in Russian).

2. Войцековская С.А., Юмагулова Э.Р., Сурнина Е.Н., Астафурова Т.П. Исследование физиолого-биохимических показателей хвои сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) болотных и лесных популяций // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2013. № 3 (23). С. 111–119.

Voytsekovskaya S.A., Umagulova E.R., Surnina E.N., Astafurova T.P. Study of physiological and biochemical indicators of pine needles of scots pine (*Pinus sylvestris* L.) bog and forest populations // Vestnik Tomskogo Gosudarstvennogo Universiteta. Biologiya. 2013. № 3 (23). P. 111–119 (in Russian).

3. Галдина Т.Е., Романова М.М. Исследование особенности роста географических культур сосны обыкновенной в условиях Центральной лесостепи // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2017. № 127. [Электронный ресурс]. URL: http://ej.kubagro.ru/2017/03/pdf/60.pdf. (дата обращения: 02.03.2019). DOI: 10.21515/1990-4665-127-060.

Galdina T.E., Romanova M.M. Studying the Growth Characteristics of Pine Geographical Cultures in the Central Forest-Steppe // Polytematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University. 2017. № 127. [Electronic resource]. URL: http://ej.kubagro.ru/2017/03/pdf/60.pdf. (date of access: 02.03.2019) (in Russian).

4. Зверева Г.К. Структурная организация мезофилла хвои у видов рода *Pinus* (*Pinaceae*) // Ботанический журнал. 2014. Т. 99. № 10. С. 1101–1109.

Zvereva G.K. Structural Organization of Mesophyll in the Needles of the Genus *Pinus* (*Pinaceae*) Species // Botanicheskii Zhurnal. 2014. T. 99. № 10. P. 1101–1109 (in Russian).

5. Неверова О.А., Легощина О.М., Зокиров Р.С. Изменение анатомических показателей хвои *Pinus eldarica* Ten., произрастающей в примагистральных посадках г. Худжанда // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 4. [Электронный ресурс]. URL: https://science-education.ru/ru/article/view?id=6676 (дата обращения: 22.03.2019).

Neverova O.A., Legoshchina O.M., Zokirov R.S. Change anatomical parameters of needles Pinus eldarica Ten., growing in main plantations of the city of Khujand // Modern problems of science and education. 2012. № 4. [Electronic resource]. URL: https://science-education.ru/ru/article/view?id=6676 (date of access: 05.03.2019) (in Russian).

УДК 631.46:631.445.25(470.314)

МОНИТОРИНГ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ АГРОФОНОВ СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЫ ПО СОВОКУПНОСТИ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ И БИОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Зинченко М.К., Зинченко С.И.

ФГБНУ «Верхневолжский федеральный аграрный научный центр», Суздаль, e-mail: popel62@yandex.ru

Исследования проводили в 2011–2018 гг. в полевом стационарном опыте на базе Владимирского научно-исследовательском института сельского хозяйства (сейчас Верхневолжский ФАНЦ). Почвенные образцы отбирали в мае, июле и сентябре из слоя почвы 0–20 см на различных фонах интенсификации применения удобрений (нулевом, интенсивном, интенсивном минеральном, высокоинтенсивном минеральном, интенсивном органоминеральном, высокоинтенсивном органоминеральном). В качестве диагностических показателей экологического состояния серой лесной почвы использовали: общую численность микрофлоры, соотношение численности основных эколого-трофических групп микроорганизмов и активность почвенных ферментов. Общая численность пула микроорганизмов рассчитывалась из суммы жизнеспособных клеток аммонификаторов, иммобилизаторов минерального азота, олигонитрофилов, микромицетов, актиномицетов и целлюлозоразлагающих микроорганизмов. Существенное снижение общей численности микрофлоры наблюдается на высокоинтенсивном минеральном фоне – 9,7 млн КОЕ/1г почвы. Микробиологические коэффициенты (Кмин. = 1,40; Кт. = 5,12; Кгн. = 0,65) свидетельствуют, что в почве этого варианта превалируют процессы минерализации органического вещества над их синтезом. На высокоинтенсивном минеральном фоне наблюдалось снижение активности группы окислительно-восстановительных ферментов, особенно полифенолоксидазы, на 37% по сравнению с залежью. Это свидетельствует о замедлении процессов синтеза гумусовой фракции органического вещества относительно природных аналогов и других агрофонов. Уменьшение общей численности микрофлоры, изменения таксономической структуры микробных ассоциаций, их биохимической и функциональной деятельности, при длительном использовании минеральной системы удобрений, позволяет прогнозировать снижение экологической устойчивости на высокоинтенсивном минеральном фоне. На органоминеральных фонах средний пул микрофлоры составил 13,6 млн и относительно высокие значения Кт. и Кгн., что показывает характер микробиологических и биохимических процессов, направленный на синтез почвенного органического вещества.

Ключевые слова: серая лесная почва, микроорганизмы, микробный пул, ферментативная активность, экологическая устойчивость, фоны интенсификации

MONITORING OF ECOLOGICAL CONDITION OF SOIL FERTILITY OF GRAY FOREST SOIL BASED ON THE COMBINATION OF MICROBIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL PARAMETERS

Zinchenko M.K., Zinchenko S.I.

Federal State Budget Scientific Institution «Upper Volga Federal Agrarian Research Center», Suzdal, e-mail: popel62@yandex.ru

Research was conducted in 2011-2018 in the stationary field experiment of the Vladimir Research Institute of Agriculture (today known as the Upper Volga Federal Agrarian Research Center). Soil samples were taken in May, July, and September from a soil layer of 0-20 cm with different intensification backgrounds of fertilizer application (zero, intensive, intensive mineral, high-intensity mineral, intensive organic and mineral, high-intensity organic, and mineral). The following indicators of ecological condition of gray forest soil we used as diagnostic ones: the total bacterial population, the ratio of the population of main ecological and trophic microorganism groups and the activity of soil enzymes. The total population of microorganisms pool was calculated based on the sum of viable cells of ammonifiers, immobilizers of mineral nitrogen, oligonitrophils, micromycetes, actinomycetes and cellulose-decomposing microorganisms. A significant decrease in the total number of microflora population is observed with high intensity mineral fertilization background of 9.7 million. CFU/gm soil. Microbiological coefficients of mineralization_ transformation, and soil humification (Kmin. = 1.40; Kt. = 5.12; Ksm. = 0.65) indicate that this soil sample features processes of organic matter mineralization prevailing over their synthesis. High intensity fertilization showed lower activity of redox enzyme group, especially that of polyphenol oxidase, being 37% lower than in case of lealand. This indicates a reduction in synthesis of humic fraction of organic matter relative to natural analogues and other agricultural background. The decrease in the total number of microflora population, changes in the taxonomic structure of microbial associations, their biochemical and functional activities, with long-term use of mineral fertilizers, let us predict a decrease in environmental sustainability on a high-intensity mineral background. The average population of microflora pool on organic and mineral backgrounds was 13.6 million along with relatively high values of Kt. and Ksh., which shows the nature of microbiological and biochemical processes aimed at the synthesis of soil organic matter.

Keywords: gray forest soil, microorganisms, microbial pool, enzymatic activity, ecological sustainability, intensification backgrounds

Плодородие – это многопараметрический показатель, количественные и качественные характеристики которого отражают особенности функционирования конкретной почвы, ее внутреннюю структуру и внешние связи. Именно поэтому совокупность корректирующих друг друга микробиологических и биохимических по-

казателей позволяет полнее и объективнее оценить эффективность применяемых систем удобрений и обработки, экологическое состояние изучаемых агрофонов [1]. В условиях антропогенного воздействия в почвах происходит существенная перестройка не только таксономической структуры микробных ассоциаций, но и их биохимической или функциональной деятельности.

Для обеспечения рационального использования земельных ресурсов, оценки его качества необходимо создание системы микробиологического мониторинга. Особенно это важно при экологизации земледелия, связанного с переводом его на адаптивно-ландшафтную основу и формированием экологически сбалансированных ландшафтов [2, 3]. Проектирование экологически сбалансированных агроландшафтов должно проводиться с учетом нормирования антропогенных нагрузок. Следует отметить, что эта проблема актуальна, давно назрела, теоретически и практически значима, имеются определенные научные предпосылки для ее решения.

Выработать микробиологические критерии, определяющие экологическое состояние почв, очень трудно из-за гетерогенности объекта исследования, высокой динамичности биохимических процессов, неустойчивости структуры микробного сообщества, различий гидротермического режима почв. Поэтому только по совокупности микробиологических показателей, в комплексе с другими параметрами плодородия, можно диагностировать уровень окультуренности и экологическое состояние почвы [4, 5].

Для оценки биологического состояния серой лесной почвы агроландшафтов в лаборатории микробиологии Верхневолжского ФАНЦ проводятся исследования по широкому спектру показателей [6, 7].

Цель исследования. Провести мониторинг агроэкологического состояния серой лесной почвы агроландшафтов на основе микробиологических и биохимических показателей.

В качестве диагностических показателей экологического состояния серой лесной почвы мы использовали: общую численность микрофлоры, соотношение численности основных эколого-трофических групп микроорганизмов и активность почвенных ферментов.

Материалы и методы исследования

Исследования проводили в многолетнем полевом стационарном опыте на базе Владимирского научно-исследовательского института сельского хозяйства. Опыт по изучению и усовершенствованию адаптивно- ландшафтных систем земледелия заложен в 1996 г. Тип агроландшафта полевой, расположенный на плакоре со слабой (около 1^0) западной экспозицией склона. Микробиологические исследования проводили на фонах, представленных в табл. 1.

Органические удобрения (подстилочный навоз) вносили один раз в ротацию севооборота полной дозой в черный и занятый пар перед посевом озимой пшеницы.

Дозы удобрений на фонах интенсификации рассчитывались балансовым методом с учетом естественного плодородия на четыре уровня продуктивности сельскохозяйственных культур: низкий – 1,8–2,0 т/га з.е.; средний – 2,0–2,2 т/га з.е.; интенсивный – 2,7–4,1 т/га з.е.; высокоинтенсивный – 3,7–4,5 т/га з.е. В качестве основной обработки применялась ежегодная отвальная вспашка (ОВ) на глубину 20–22 см. Мониторинг микробиологических и биохимических показателей проводили в период с 2011 по 2018 г.

Таблица 1

Изучаемые варианты опыта

Система удобрений	Фон интенсификации					
Количество удобрений, поступивших в почву за ротацию 6-польного севооборота, кг д.в./га	*Н	И	ИМ	ВИМ	ИОМ	ВИОМ
	Навоз 40 т/га	Навоз 40 т/га + + $N_{100}P_{80}K_{160}$	$N_{350}P_{220}K_{390}$	$N_{480}P_{280}K_{575}$	Навоз 60 т/га + + $N_{310}P_{150}K_{310}$	Навоз 80 т/га + + $N_{430}P_{160}K_{360}$

Примечание.*Н – нулевой фон; И – интенсивный; ИМ – интенсивный минеральный; ВИМ – высокоинтенсивный минеральный; ИОМ – интенсивный органоминеральный; ВИОМ – высокоинтенсивный органоминеральный.

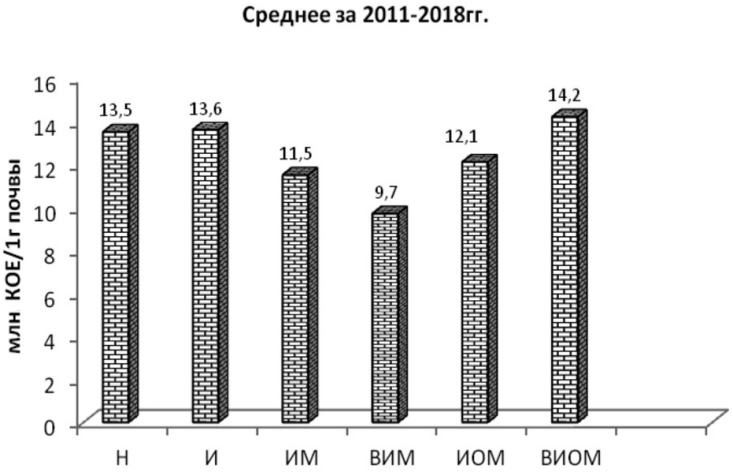


Рис. 1. Общая численность микрофлоры в зависимости от фонов интенсификации

Почвенный покров опытного участка представлен серой лесной слабооподзоленной среднесуглинистой почвой. Содержание гумуса в пахотном слое (0–20 см) варьирует от 3,9 до 4,2% (по Тюрину), обеспеченность подвижным фосфором (по Кирсанову) – 100–150 мг/кг почвы, обменным калием (по Масловой) – 100–120 мг/кг почвы, pH_{kcl} – от 5,9 до 6,3. Почвенные образцы отбирали в мае, июле и сентябре из слоя почвы 0–20 см.

В течение вегетационного периода лет исследования наблюдались существенные колебания погодных условий, особенно по равномерности выпадения осадков.

Количество выпавших осадков за вегетационный период лет исследования изменялось в 1,5 раза и было в диапазоне от 285 до 431 мм. Средняя величина ГТК = 1,42 и была на уровне среднемноголетней, соответствуя достаточному показателю увлажнения, что является типичным для зоны Владимирского ополья. Высоким увлажнением со значениями ГТК выше 1,7 характеризовались 2013 и 2017 гг. То есть отдельные периоды исследований характеризовались избыточным количеством осадков или их недостатком, что отражалось на влажности почвы и влияло на численность микробного пула и его биологическую активность.

Микробиологические исследования проводили согласно общепринятым в микробиологии и биохимии методикам [8, 9].

Результаты исследования и их обсуждение

Микробоценозы являются не только самой активной структурной единицей экосистемы, но и наиболее динамичной. Общая численность пула агрономически значимых эколого-трофических групп микроорганизмов в серой лесной почве рассчитывалась из суммы жизнеспособных клеток аммонификаторов, иммобилизаторов минерального азота, олигонитрофилов, микромицетов и актиномицетов, целлюлозоразлагающих микроорганизмов. На величину пула активной микрофлоры оказывали влияние меняющиеся абиотические условия лет исследования и агротехнические факторы. Однако в величине микробного пула отмечен определенный тренд. Средний пул активной микрофлоры за период наблюдений на органоминеральных фонах составил 13,6 млн КОЕ/1г почвы, а на минеральных 10,6 млн (при $НСР_{05}$ = 1,1). Действие навоза в дозах 40, 60, и 80 т/га положительно влияет на развитие микробного комплекса серой лесной почвы.

В то же время существенное снижение общей численности микрофлоры наблюдается на высокоинтенсивном минеральном фоне по отвальной вспашке – 9,7 млн КОЕ/1 г почвы (рис. 1).

Уменьшение общей численности микрофлоры при длительном использовании минеральной системы удобрений позволяет прогнозировать снижение экологической устойчивости на высокоинтенсивном минеральном фоне с использованием отвальной вспашки в качестве основной обработки.

Об этом свидетельствуют и рассчитанные микробиологические и биохимические индексы, основанные на численности аминогетеротрофной и аминоавтотрофной микрофлоры (табл. 2). На высокоинтенсивном

минеральном фоне, при самом высоком коэффициенте минерализации (Кмин. = 1,40), установлены минимальные значения коэффициентов гумусонакопления (Кгн. = 0,65) и трансформации органических остатков в органическое вещество почвы (Кт. = 5,12). В почве этого варианта превалируют процессы минерализации органического вещества, что способствует снижению плодородия и экологической устойчивости агрофона.

На интенсивном фоне и высокоинтенсивном органоминеральном фоне определены коэффициенты минерализации на уровне 1, что характеризует сбалансированность процессов микробиологической минерализации и синтеза органического вещества почвы. Вместе с тем на этих фонах относительно высокие значения Кт. и Кгн., что показывает характер микробиологических и биохимических процессов, направленный на синтез почвенного органического вещества.

Исходя из вышесказанного, можно заключить, что использование микробиологических индексов дает возможность оценить характер и интенсивность процессов трансформации и превращения органических веществ в почве агроландшафтов и выявить наиболее выраженные зоны риска в экологическом состоянии и плодородии серой лесной почвы.

В качестве диагностического показателя мы использовали ферментативную активность почвы. Исследовали активность окислительно-восстановительных (каталазы, полифенолоксидазы, пероксидазы) и гидролитических (инвертазы, уреазы, фосфатазы) ферментов. Активность изученных ферментов выражена в разных единицах и представлена количеством превращенного субстрата за единицу времени.

Для анализа и сравнения подобных экспериментальных данных мы использовали метод Дж. Ацци [10], который позволяет выразить изучаемые характеристики в относительных единицах (%) по отношению к контролю (почве залежи).

Установлено, что средний показатель ферментативной активности изучаемых агрофонов превышает или находится на уровне почвы природных аналогов (рис. 2). То есть агрогенная нагрузка, в рамках проводимых исследований, не оказала отрицательного воздействия на общий уровень ферментативной системы серой лесной почвы.

Однако на высокоинтенсивном минеральном фоне наблюдалось снижение активности группы окислительно-восстановительных ферментов, особенно полифенолоксидазы, на 37% по сравнению с залежью. Это свидетельствует о замедлении процессов синтеза гумусовой фракции органического вещества на этом фоне относительно природных аналогов и других агрофонов. Противоположная закономерность выявлена на интенсивном фоне и высокоинтенсивном органоминеральном фоне, где процент активности полифенолоксидазы на 42% выше, чем в почве залежи. Возрастание активности этого фермента характеризует усиление процессов микробиологического синтеза гумусовых соединений в почве этих вариантов.

Таблица 2

Эколого-трофические индексы трансформации органического вещества на фонах интенсификации

Фон интенсификации	*К мин.: $\frac{\text{КАА}}{\text{МПА}}$	**К т.: $\frac{(\text{МПА} + \text{КАА}) \times \text{МПА}}{\text{КАА}}$	**Кгн.: $\frac{\text{активность полифенолоксидазы}}{\text{активность пероксидазы}}$
	2011–2018 гг.	2011–2018 гг.	2016–2018 гг.
Нулевой	1,18	10,21	0,60
Интенсивный	0,99	10,70	1,07
Интенсивный минеральный	1,21	7,19	0,74
Высокоинтенсивный минеральный	1,40	5,12	0,65
Интенсивный органоминеральный	1,02	11,19	0,82
Высокоинтенсивный органоминеральный	0,94	13,31	0,78

Примечание. К мин. – коэффициент минерализации; Кт. – коэффициент трансформации органических остатков; К гн. – коэффициент гумусонакопления; МПА – мясопептонный агар; КАА – крахмало-аммиачный агар.

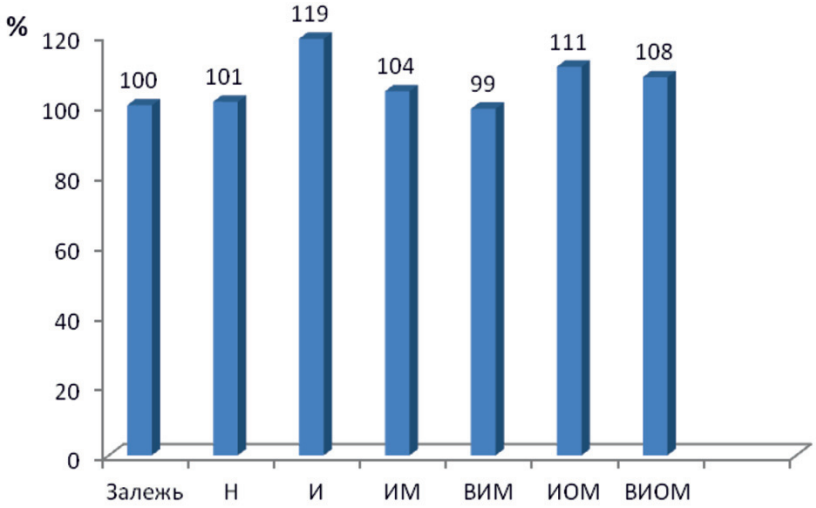


Рис. 2. Ферментативная активность (%) серой лесной среднесуглинистой почвы в зависимости от фона интенсификации

Сравнительный анализ показал, что самые высокие показатели ферментативной активности (119%) сформировались в почве интенсивного фона при использовании раз за ротацию севооборота навоза в дозе 40 т/га на фоне ежегодного внесения средних доз минеральных удобрений $(NPK)_{45\text{-}60}$.

На этом варианте активность изучаемых ферментов выше или находится на одном уровне с природными экосистемами. Близкие значения ферментативной активности получены на интенсивном органоминеральном и высокоинтенсивном органоминеральном фоне – 111 и 108% соответственно.

Следовательно, внесение навоза в дозе 40, 60 и 80 т/га на фоне ежегодного применения минеральных удобрений позволяет повысить общий ферментативный потенциал серой лесной почвы относительно природных аналогов и других фонов интенсификации.

Заключение

Таким образом, анализ данных микробиологического и биохимического мониторинга экологического состояния серых лесных почв агроландшафтов показывает, что наиболее обоснованной является органоминеральная система удобрений. Ответные реакции микроорганизмов на длительное применение высоких доз минеральных удобрений позволили выявить наиболее нарушенную экологическую зону, которая складывается на высокоинтенсивном минеральном фоне. Уменьшение общей численности микрофлоры, изменения в таксономической структуре микробных ассоциаций, их биохимической и функциональной деятельности, при длительном использовании минеральной системы удобрений, позволяет прогнозировать снижение экологической устойчивости на минеральных фонах интенсификации по сравнению с органоминеральными фонами.

Список литературы / References

1. Добровольская Т.Г., Головченко А.В., Панкратов Т.А., Лысак Л.В., Звягинцев Д.Г. Оценка разнообразия почв: эволюция подходов и методов // Почвоведение. 2009. № 10. С. 1222–1232.

Dobrovolskaya T.G., Golovchenko A.V., Pankratov T.A., Lysak L.V., Zvyagintsev D.G. Assessment of the bacterial diversity in soils: Evolution of approaches and methods // Eurasian Soil Science. 2009. T. 42. № 10. P. 1138–1147. DOI: 10.1134/S106422930910008.

2. Пинчук И.П., Полянская Л.М., Кириллова Н.П., Степанов А.Л. Особенности формирования микробного сообщества дерново-подзолистой почвы в процессе вегетации ячменя (*Hordeum vulgare* L.) // Почвоведение. 2018. № 12. С. 1498–1505. DOI: 10.1134/S0032180X18120092.

Pinchuk I.P., Polyanskaya L.M., Kirillova N.P., Stepanov A.L. Features of formation of microbic community of the cespitose podsolic soil in the course of vegetation of barley (*Hordeum vulgare* L.) // Pochvovedenie. 2018. № 12. P. 1498–1505 (in Russian).

3. Полянская Л.М., Ломакин Д.Г., Чернов И.Ю. Численность и биомасса микроорганизмов в древних погребенных и современных черноземах разного землепользования // Почвоведение. 2016. № 10. С. 1191–1204. DOI: 10.7868/S0032180X16100117.

Polyanskaya L.M., Lomakin D.G., Chernov I.Yu. The number and biomass of microorganisms in ancient buried and recent chernozems under different land uses // Eurasian Soil Science. 2016. T. 49. № 10. P. 1122–1135. DOI: 10.1134/S1064229316100100.

4. Судницын И.И., Степанов А.Л. Почва – вода – растения – микроорганизмы. Palmarium Academic Rublishing, 2014. 229 с.

Sudnitsyn I.I., Stepanov A. L. The soil – water – plants – microorganisms. Palmarium Academic Rublishing, 2014. 229 p. (in Russian).

5. Рабинович Г.Ю. Применение метода биоиндикации для оценки состояния мелиорированных земель // Тенденция развития агрофизики в условиях изменяющегося климата: материалы Международной конференции к 80-летию АФИ. СПб., 2012. С. 367–371.

Rabinovich G.Yu. Application of a method of bioindication for assessment of a condition of the reclaimed lands//the Trend of development of agrophysics in the conditions of the changing climate: materials of the international conference for the 80 anniversary of AFI. SPb., 2012. P. 367–371 (in Russian).

6. Зинченко М.К., Зинченко С.И. Ферментативный потенциал агроландшафтов серой лесной почвы Владимирского ополья // Успехи современного естествознания. 2015. № 1–8. С. 1319–1323.

Zinchenko M.K., Zinchenko S.I. Fermentativny Activity of Grey Lesney Soils of Agrolandscapes of the Vladimir Opolya // Advances in current natural sciences. 2015. № 1–8. P. 1319–1323 (in Russian).

7. Зинченко М.К., Шаркевич В.В., Федулова И.Д. Микробиологические аспекты адаптивно-ландшафтного земледелия в зоне Владимирского ополья // Владимирский земледелец. 2018. № 1. С. 14–19.

Zinchenko M.K., Sharkevich V.V., Fedulova I.D. Microbiological Aspects of Adaptive-Landscape Farming in the Zone of the Vladimir Opolie // Vladimirskij zemledelec. 2018. № 1. P. 14–19 (in Russian).

8. Теппер Е.З., Шильникова В.К., Переверзева Г.И. Практикум по микробиологии. М.: Дрофа. 2004. 255 с.

Tepper E.Z., Shilnikova V.K., Pereverzeva G.I. Workshop on microbiology. M.: Drofa, 2004. 255 p. (in Russian).

9. Хазиев Ф.Х. Методы почвенной энзимологии. М.: Наука, 2005. 252 с.

Khaziev F.Kh. Methods of soil enzymology. M.: Nauka, 2005. 252 p. (in Russian).

10. Ацци Д. Сельскохозяйственная экология. М., 1959. 479 с.

Azzi D. Agricultural Ecology. M., 1959. 479 p. (in Russian).

УДК 633.854.78 (470.44)

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ПОДСОЛНЕЧНИКА В ЧЕРНОЗЕМНОЙ СТЕПИ САРАТОВСКОГО ПРАВОБЕРЕЖЬЯ

[1]Лекарев А.В., [1]Графов В.П., [2]Нарушев В.Б.

[1]ФГБНУ «НИИСХ Юго-Востока», Саратов, e-mail: Agro5550@mail.ru;
[2]ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова», Саратов, e-mail: narushevaea@yandex.ru

В статье приведены результаты исследований по совершенствованию технологии возделывания подсолнечника в степной зоне Саратовского Правобережья. Схема полевого опыта, проведенного в 2015–2017 гг. в условиях ФГУП «Аркадакская СХОС» Саратовской области, включала по фактору А три варианта широкорядного способа посева: первый – с междурядьями 70 см, второй – с междурядьями 60 см; третий – с междурядьями 45 см; по фактору В – пять норм высева – 50; 55; 60; 65; 70 тыс. всх. семян на 1 га. Анализ результатов по формированию элементов структуры урожая у гибрида подсолнечника ЮВС 3 при различных вариантах широкорядного способа посева и нормах высева показал, что низкая индивидуальная продуктивность одного растения в густых посевах не компенсируется большим количеством сохранившихся растений на единице площади к уборке и тем самым общая биологическая урожайность посевов в опыте повышалась до определенного уровня. Так, при всех изучаемых вариантах широкорядного способа посева рост урожайности маслосемян у гибрида подсолнечника ЮВС 3 отмечался до нормы высева 60 тыс. всх. семян на 1 га – до 2,83 т/га на делянках посева с шириной междурядий 70 см; до 2,88 т/га на делянках посева с междурядьями 60 см; до 3,01 т/га на делянках посева с шириной междурядий 45 см. В целях совершенствования технологии возделывания гибрида подсолнечника ЮВС 3 в зоне черноземной степи Саратовского Правобережья рекомендуется внедрение посева с шириной междурядий 45 см и нормой высева 60 тыс. всх. семян на 1 га. При сочетании этих технологических приемов посева создаются наилучшие условия для роста и развития растений в агроценозах, что позволяет им максимально использовать имеющиеся агроэкологические ресурсы в процессе формирования продуктивности.

Ключевые слова: подсолнечник, гибрид, ширина междурядий, норма высева, урожайность, черноземная степь, Саратовское Правобережье

IMPROVEMENT OF CULTIVATION TECHNOLOGY OF SUNFLOWER IN BLACK SOIL STEPPE OF THE SARATOV RIGHT BANK

[1]Lekarev A.V., [1]Grafov V.P., [2]Narushev V.B.

[1]Federal State Budgetary Scientific Institution «Agricultural Research Institute for South-East Region», Saratov, e-mail: Agro5550@mail.ru;
[2]The Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov, Saratov, e-mail: narushevaea@yandex.ru

The article presents the results of research to improve the technology of sunflower cultivation in the steppe zone of the Saratov right bank. The scheme of field experiments, conducted in 2015-2017 under conditions of Arkadak State Agricultural Experiment Station of the Saratov region, included by A factor three variants of wide-row method of sowing: the first – with row spacing of 70 cm, the second – with row spacing of 60 cm; the third – with row spacing of 45 cm; factor B – five seeding rates– 50; 55; 60; 65; 70 thousand germinating seeds per 1 hectare. Result analysis of the formation of crop structure elements in sunflower hybrid UVS 3 with different variants of a wide-row method of sowing and seeding rates showed that the low individual productivity of 1 plant in dense crops is not compensated by a large number of preserved plants per unit area for harvesting and thus the total biological yield of crops in the experiment increased to a certain level. Thus, with all the studied variants of the wide-row method of sowing, the increase in the yield of oil seeds in sunflower hybrid UVS 3 was noted to the seeding rate of 60 thousand germinating seeds per 1 hectare – up to 2.83 t/ha on plots with a width of 70 cm row spacing; up to 2.88 t/ha on plots with 60 cm row spacing; up to 3.01 t/ha on plots with a width of 45 cm row spacing. In order to improve the cultivation technology of sunflower hybrid UVS 3 in the black-earth steppe zone of the Saratov right bank it was recommended to introduce the sowing with a width of 45 cm row spacing and seeding rate of 60 thousand germinating seeds per 1 hectare. The combination of these technological methods of sowing creates the best conditions for the growth and development of plants in agrocenoses, which allows them to maximize the use of available agroeco-logical resources in the process of forming productivity.

Keywords: sunflower, hybrid, row spacing, seeding rate, yield, black-soil steppe, Saratov Right Bank

Подсолнечник является важнейшей сельскохозяйственной культурой Российской Федерации. В последние годы из-за высоких цен на маслосемена он являлся одной из наиболее доходных культур. У современных сортов и гибридов в семенах содержится 48–52 % жира и 23–26 % белка. Вырабатываемое подсолнечное растительное масло является ценным продуктом питания, содержащим кроме жира большой набор витаминов (A, D, E), микроэлементов и других полезных веществ. Также, при переработке маслосемян подсолнечника производят высококачественные продукты

питания – маргарин, майонез, кондитерские изделия, а также краски, лаки, парфюмерию, моющие средства [1, 2].

В регионе степного Поволжья, где период вегетации полевых культур характеризуется нестабильным влагообеспечением, большое значение в технологии возделывания имеют приемы оптимального размещения растений в посевах. Площадь питания растений – это один из главнейших факторов, определяющих урожайность и качество маслосемян подсолнечника [3, 4]. По мнению авторов, изучавших технологию данной культуры, обеспечения оптимального количества растений и их расположения на единице площади можно добиться путем подбора грамотного сочетания способа посева и нормы высева [5–7].

В настоящее время в нашей стране подсолнечник высевают сеялками точного высева широкорядным способом с расстоянием между рядками 70 см [1, 6, 8]. Однако если при данном способе посева достигается равномерное распределение семян в рядах, то ширина самих междурядий 70 см излишне велика [9, 10].

Исследования по подбору оптимальной нормы высева, проведенные сельскохозяйственными научными учреждениями в степных регионах России, не дали однозначных результатов, так как высокую урожайность подсолнечник давал при использовании густоты в интервале от 30 до 70 тыс. всх. семян на 1 га [6, 11, 12].

Таким образом, несмотря на большую важность установления наилучшего способа посева и оптимальной нормы высева рекомендации по этим элементам технологии возделывания подсолнечника для степной зоны Поволжья неоднозначны и явно недостаточны.

Цель исследования: изучить влияние посева с различной шириной междурядий и нормами высева на продуктивность подсолнечника в условиях черноземной степи Саратовского Правобережья.

Материалы и методы исследования

Полевые эксперименты проводились в 2015–2017 гг. в производственных условиях ФГУП «Аркадакская сельскохозяйственная опытная станция», землепользование которого расположено в степной зоне Саратовского Правобережья. Климат – умеренно континентальный, засушливый. Почва – чернозем обыкновенный, содержащий 5,0–6,0 % гумуса в пахотном горизонте [13]. В годы проведения исследований погодные условия были различными: в наиболее засушливом 2015 г. за период вегетации (май – сентябрь) выпало 211,4 мм, в наиболее влагообеспеченном 2016 г. – 350,4 мм и в среднем по обеспечению влагой 2017 г. – 293,3 мм. Средняя температура по годам была близкой и за вегетационный период подсолнечника (май – сентябрь) составила: в 2015 г. – 18,6 °С; в 2016 г. – 18,1 °С; в 2017 г. – 17,0 °С.

В исследованиях выполнялась задача по сравнительной оценке закономерностей роста и развития растений, широко возделываемого в нашем регионе гибрида ЮВС 3 в зависимости от посева с различной шириной междурядий и изменения норм высева семян. Схема опыта включала по фактору А три варианта широкорядного способа посева: первый – с междурядьями 70 см, второй – с междурядьями 60 см; третий – с междурядьями 45 см; по фактору В – пять норм высева всхожих семян: 50; 55; 60; 65; 70 тыс. штук на 1 га.

Повторность опыта – четырехкратная, площадь учетной делянки – 100 м^2, размещение – рендомизированное. В методическом плане закладка полевых опытов, выполнение учетов и наблюдений осуществлялись в соответствии с общепринятыми рекомендациями [14]. Посев выполнялся сеялкой УПС-8 с регулировкой ширины междурядий. Применялась общепринятая для зоны исследований агротехника культуры [6].

Результаты исследования и их обсуждение

Изменение ширины междурядий и нормы высева семян в нашем опыте позволило создать различные схемы размещения растений на поле, что обеспечило получение разнообразного материала по морфогенезу растений подсолнечника в агроценозах.

Основой достижения заданной густоты стояния растений в агроценозах является получение высокой полевой всхожести семян. Результаты опыта показывают, что полевая всхожесть семян подсолнечника по усредненным показателям 2015–2017 гг. изменялась по делянкам опыта от 87,4 до 88,3 % (табл. 1).

Сохранности растений подсолнечника к уборке была очень высокой 85,0–92,0 % по усредненным показателям за годы исследований. Самая высокая сохранность растений отмечалась в посевах с междурядьями 45 см при высеве 50 тыс. всх. семян на 1 га – 92,0 %. С увеличением нормы высева всхожих семян до 70 тыс. штук на 1 га на вариантах

с той же шириной междурядий, вследствие значительно большего количества растений в рядах и роста конкуренции, сохранность понижалась до 89,5 %.

На вариантах с шириной междурядий 60 и 70 см сохранность растений в посевах подсолнечника заметно снижалась, особенно на делянках с большими нормами высева. Максимальная сохранность растений отмечалась в посевах подсолнечника с шириной междурядий 70 см при норме высева 70 тыс. всх. семян на 1 га – 85,0 %.

Изучение особенностей формирования густоты агроценозов подсолнечника показало, что, несмотря на снижение сохранности, количество растений к уборке продолжало увеличиваться в связи с повышением нормы высева семян: при широкорядном посеве с шириной междурядий 70 см – с 39,5 тыс. шт/га при наименьшей норме высева 50 тыс. до 52,1 тыс. шт/га при наибольшей норме высева 70 тыс. всх. семян на 1 га поля; при широкорядном посеве с шириной междурядий 60 см – с 39,6 тыс. шт/га при норме высева 50 тыс. до 53,4 тыс. шт/га при норме высева 70 тыс. всх. семян на 1 га поля и при широкорядном посеве с шириной междурядий 45 см – с 40,4 тыс. шт/га при норме высева 50 тыс. до 55,0 тыс. шт/га при норме высева 70 тыс. всх. семян на 1 га поля.

Наиболее значимыми показателями ростового процесса растений являются площадь листовой поверхности посева и сухая надземная биомасса, так как именно они непосредственно напрямую влияют на формирование урожая маслосемян.

В нашем полевом опыте наибольшая площадь листовой поверхности в посевах гибрида подсолнечника ЮВС 3 формировалась на вариантах широкорядного пунктирного посева с междурядьями 45 см при применении норм высева 60–65 тыс. всх. семян на 1 га – 36,1–36,6 тыс. м^2/га (табл. 2).

На делянках способов посева с шириной междурядий 60 и 70 см наибольшие показатели площади листьев подсолнечника сформировались также при нормах высева 60–65 тыс. всх. семян на 1 га, но они были ниже – соответственно 35,2–35,5 и 34,5–34,6 тыс. м^2/га в среднем за три года проведенных исследований.

Отмеченные закономерности создания площади листовой поверхности сказались на формировании надземной сухой биомассы подсолнечника, которая в нашем опыте была наибольшей на вариантах способа посева с шириной междурядий 45 см при использовании норм высева 60-65 тыс. всх. семян на 1 га – 8,11–8,15 т /га. На вариантах других изучаемых в опыте способов посева с шириной междурядий 60 и 70 см самая большая величина сухой надземной биомассы агроценозов подсолнечника была создана также при нормах высева 60–65 тыс. всх. семян на 1 га, но они были ниже – соответственно 7,38–7,55 и 7,13–7,30 т/га в среднем за три года проведенных исследований.

Таблица 1

Закономерности формирования густоты растений подсолнечника в посевах при изменении ширины междурядий и нормы высева семян (среднее за 2015–2017 гг.)

Варианты посева с различной шириной междурядий	Норма высева всхожих семян, тыс. шт/га	Количество растений в фазу полных всходов, тыс. шт/га	Полевая всхожесть семян, %	Количество растений в период уборки урожая, тыс. шт/га	Сохранность растений, %
Широкорядный посев с междурядьями 70 см	50	43,7	87,4	39,5	90,4
	55	48,1	87,5	43,1	89,6
	60	53,0	88,3	47,2	89,0
	65	57,1	87,8	50,0	87,6
	70	61,3	87,6	52,1	85,0
Широкорядный посев с междурядьями 60 см	50	43,8	87,6	39,6	90,4
	55	48,2	87,7	43,6	90,4
	60	52,8	88,0	47,5	89,9
	65	56,9	87,6	50,5	88,7
	70	61,5	87,9	53,4	86,8
Широкорядный посев с междурядьями 45 см	50	43,9	87,8	40,4	92,0
	55	48,2	87,6	44,1	91,4
	60	52,6	87,6	48,0	91,3
	65	56,9	87,5	51,3	90,2
	70	61,4	87,7	55,0	89,5

Таблица 2

Показатели продуктивности фотосинтеза гибрида подсолнечника ЮВС 3 при изменении ширины междурядий и нормы высева семян (среднее за 2015–2017 гг.)

Варианты посева с различной шириной междурядий	Норма высева всхожих семян, тыс. шт/га	Площадь листьев в момент максимума (фаза цветения), тыс. м^2/га	Сухая надземная биомасса в фазу полной спелости, т/га	Фотосинтетический потенциал (ФП), тыс. м^2*сутки/ га	Чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ), г/м^2*сутки
Широкорядный посев с междурядьями 70 см	50	30,8	6,49	1709	3,80
	55	32,9	6,84	1810	3,78
	60	34,5	7,30	1863	3,92
	65	34,6	7,13	1851	3,85
	70	31,9	6,19	1659	3,73
Широкорядный посев с междурядьями 60 см	50	31,1	6,46	1726	3,74
	55	33,6	7,02	1848	3,80
	60	35,2	7,55	1918	3,94
	65	35,5	7,38	1900	3,88
	70	33,6	6,63	1764	3,76
Широкорядный посев с междурядьями 45 см	50	32,0	6,91	1808	3,82
	55	34,4	7,49	1909	3,92
	60	36,1	8,15	1985	4,11
	65	36,6	8,11	1977	4,10
	70	35,4	7,44	1894	3,93

По усредненным данным 2015–2017 гг. наибольший показатель фотосинтетического потенциала (ФП) у изучаемого гибрида подсолнечника ЮВС 3 был на делянках способа посева с шириной междурядий 45 см при применении нормы высева 60 тыс. всх. семян на 1 га – 1985 тыс. м^2*сутки/га. На этом варианте отмечен и самый высокий показатель продуктивности фотосинтеза (ЧПФ) – 4,11 г/м^2*сутки.

Продуктивность агроценозов подсолнечника находится в большой зависимости от полноты формирования элементов соцветия (корзинки). Данные нашего опыта показывают, что такой важнейший показатель, как диаметр корзинки, сильно менялся от нормы высева и незначительно – от способа посева. Так, при увеличении в нашем опыте нормы высева всхожих семян с 50 до 70 тыс. шт. на 1 га на вариантах способа посева с шириной междурядий 70 см диаметр корзинки уменьшался с 19,1 до 15,8 см; на вариантах широкорядного способа посева с междурядьями 60 см – с 19,2 до 15,6 см; на вариантах широкорядного способа посева с междурядьями 45 см – с 19,5 до 16,2 см по среднемноголетним данным за 2015–2017 гг. (табл. 3).

Число маслосемян в корзинке является одним из сильно варьирующих элементов продуктивности подсолнечника. Подробно анализируя структуру биологического урожая подсолнечника по разным делянкам нашего опыта, можно отметить, что по количеству семян, образовавшихся в одной корзинке, выделялись разреженные посевы. На делянках с высокой густотой сохранившихся растений количество маслосемян в расчете на одну корзинку заметно уменьшалось. В нашем опыте при увеличении нормы высева всхожих семян с 50 до 70 тыс. шт. на 1 га на вариантах посева гибрида подсолнечника ЮВС 3 с шириной междурядий 70 см количество маслосемян в 1 корзинке уменьшалось с 1012 до 761 шт.; на вариантах посева с шириной междурядий 60 см – с 1020 до 777 шт.; на вариантах посева с шириной междурядий 45 см – с 1038 до 816 шт.

Самая высокая масса маслосемян с одной корзинки была получена при возделывании гибрида ЮВС3 на делянках с изучением норм высева 50–60 тыс. всх. семян на 1 га на всех изучаемых вариантах широкорядного способа посева – 63,1–69,7 г по среднемноголетним данным. При этом, результаты исследований показывают, что увеличение нормы высева приводит к значительному падению показателя массы маслосемян с одной корзинки. Так, при повышении нормы высева всхожих семян с 50 до 70 тыс. шт. на 1 га на вариантах посева с междурядьями 70 см масса маслосемян с 1 корзинки уменьшалась с 67,6 до 49,9 г; на вариантах посева с междурядья-

ми 60 см – с 68,4 до 51,2 г; на вариантах посева с междурядьями 45 см – с 69,7 до 53,9 г по среднемноголетним данным за 2015–2017 гг.

Так же как и все другие элементы структуры продуктивности корзинки, масса 1000 маслосемян больше всего уменьшалась при повышении нормы высева. Так, при повышении нормы высева всхожих семян с 50 до 70 тыс. шт. на 1 га на вариантах способа посева с междурядьями 70 см масса 1000 маслосемян уменьшалась с 67,0 до 65,6 г; на вариантах способа посева с междурядьями 60 см – с 67,1 до 65,9 г; на вариантах способа посева с междурядьями 45 см – с 67,2 до 66,4 г.

Таблица 3

Формирование элементов продуктивности гибрида подсолнечника ЮВС 3 при изменении ширины междурядий и нормы высева семян (среднее за 2015–2017 гг.)

Варианты посева с различной шириной междурядий	Норма высева всхожих семян, тыс. шт/га	Средний диаметр корзинки, см	Количество маслосемян в 1 корзинке, шт.	Масса маслосемян с 1 корзинки, г	Масса 1000 маслосемян, г
Широкорядный посев с междурядьями 70 см	50	19,1	1012	67,6	67,0
	55	18,8	994	66,3	66,7
	60	18,0	948	63,1	66,6
	65	17,1	865	57,2	66,2
	70	15,8	761	49,9	65,6
Широкорядный посев с междурядьями 60 см	50	19,2	1020	68,4	67,1
	55	18,8	999	66,7	66,8
	60	18,3	958	63,7	66,5
	65	17,3	886	58,7	66,3
	70	15,6	777	51,2	65,9
Широкорядный посев с междурядьями 45 см	50	19,5	1038	69,7	67,2
	55	19,2	1024	68,5	66,9
	60	19,1	1001	66,8	66,8
	65	18,0	935	61,5	66,6
	70	16,2	816	53,9	66,4

Таблица 4

Урожайность маслосемян гибрида подсолнечника ЮВС 3 при изменении ширины междурядий и нормы высева семян

Варианты посева с различной шириной междурядий (А)	Норма высева всхожих семян, тыс. шт/га (В)	Биологическая урожайность, т/га			
		2015 г.	2016 г.	2017 г.	среднее за 3 года
Широкорядный посев с междурядьями 70 см	50	1,92	3,11	2,62	2,55
	55	2,01	3,42	2,73	2,72
	60	2,00	3,68	2,81	2,83
	65	1,85	3,64	2,70	2,73
	70	1,58	3,39	2,47	2,48
Широкорядный посев с междурядьями 60 см	50	2,03	3,10	2,60	2,58
	55	2,12	3,45	2,75	2,77
	60	2,15	3,65	2,84	2,88
	65	2,00	3,66	2,79	2,82
	70	1,77	3,47	2,57	2,60
Широкорядный посев с междурядьями 45 см	50	2,25	3,08	2,70	2,68
	55	2,36	3,44	2,84	2,88
	60	2,44	3,66	2,93	3,01
	65	2,31	3,69	2,85	2,95
	70	2,06	3,55	2,68	2,76
$НСР_{05, A}$		0,03	0,06	0,04	
$НСР_{05, B}$		0,05	0,07	0,05	
$НСР_{05, AB}$		0,05	0,08	0,06	

Из приведенного анализа процесса формирования элементов структуры урожая у гибрида подсолнечника ЮВС 3 при различных вариантах ширины междурядий и норм высева семян можно сделать вывод, что низкая индивидуальная продуктивность одного растения в густых посевах не компенсируется большим количеством сохранившихся растений на единице площади к уборке и тем самым общая биологическая урожайность посевов в опыте повышалась до определенного уровня. Так, при всех изучаемых способах посева рост урожайности маслосемян у гибрида подсолнечника ЮВС 3 отмечался до нормы высева 60 тыс. всх. семян на 1 га – до 2,83 т/га на делянках способа посева с шириной междурядий 70 см; до 2,88 т/га на делянках способа посева с междурядьями 60 см; до 3,01 т/га на делянках способа посева с шириной междурядий 45 см (табл. 4).

Дальнейшее увеличение норм высева у гибрида ЮВС 3 прироста урожайности маслосемян не дало, а привело к ее заметному снижению.

Заключение

В целях совершенствования технологии возделывания гибрида подсолнечника ЮВС 3 в зоне черноземной степи Саратовского Правобережья рекомендуется внедрение посева с шириной междурядий 45 см и нормой высева 60 тыс. всхожих семян на 1 га. При сочетании этих технологических приемов посева создаются наилучшие условия для роста и развития растений в агроценозах, что позволяет им максимально использовать имеющиеся агроэкологические ресурсы в процессе формирования продуктивности.

Список литературы / References

1. Федотов В.А., Кадыров С.В., Щедрина Д.И., Столяров О.В. Растениеводство. СПб.: Лань, 2015. 336 с.

Fedotov V.A., Kadyrov S.V., Shhedrina D.I., Stolyarov O.V. Crop production SPb.: Lan. 2015. 336 p. (in Russian).

2. Нарушев В.Б., Куанышкалиев А.Т., Горшенин Д.А., Мажаев Н.И. Расширение биоразнообразия возделываемых масличных культур в степном Поволжье // Вестник Саратовского госагроуниверситета. 2012. № 10. С. 59–61.

Narushev V.B., Kuanyshkaliev A.T., Gorshenin D.A., Mazhaev N.I. The expansion of the bio-diversity of the cultivated oil crops in the steppe Volga region // Vestnik Saratovskogo gosagrouniversiteta. 2012. № 10. P. 59–61 (in Russian).

3. Морозов В.К. Подсолнечник в засушливой зоне. Саратов: Прив. кн. изд-во, 1978. 148 с.

Morozov V.K. Sunflower in the arid zone. Saratov: Priv. kn. izd-vo, 1978. 148 p. (in Russian).

4. Горянин О.И., Горянина Т.А. Перспективы возделывания полевых культур в Среднем Заволжье // Успехи современного естествознания. 2018. № 4. С. 49–53.

Goryanin I.O., Goryanin, T.A. Aspects of Agricultural Crops Cultivating in the Middle Volga Region // Advances in current natural sciences. 2018. № 4. P. 49–53 (in Russian).

5. Жидков В.М., Астахов А.А., Коноваленко С.А. Важные элементы агротехнологии подсолнечника // Земледелие. 2002. № 6. С. 22–23.

Zhidkov V.M., Astakhov A.A., Konovalenko S.A. Important elements of sunflower agrotechnology // Zemledelie. 2002. № 6. P. 22–23 (in Russian).

6. Пимахин В.Ф., Лекарев В.М., Соколов Н.М. Биологические и агротехнические основы возделывания подсолнечника: Рекомендации. Саратов: Изд-во НИИСХ Юго-Востока, 2000. 64 с.

Pinakin V.F., Lekarev V.M., Sokolov N.M. Biological and agrotechnical bases of cultivation of sunflower: Recommendations. Saratov: Izd-vo NIISX Yugo-Vostoka, 2000. 64 p. (in Russian).

7. Плескачев Ю.Н., Коцубяк Г.Ф., Антонникова С.Е. Приемы повышения продуктивности подсолнечника в условиях Волгоградской области // Научная жизнь. 2013. № 6. С. 17–22.

Pleskachev Yu.N., Kozubek G.F., Antonicheva S.E. Methods of increasing the productive-ness of sunflower in the conditions of the Volgograd region // Nauchnaya zhizn. 2013. № 6. P. 17–22 (in Russian).

8. Субботин А.Г. Прогрессивные технологии посева сельскохозяйственных культур: учеб. пособие. Саратов: «Саратовский источник», 2013. 240 с.

Subbotin A.G. Progressive technologies of crops sowing: textbook. Saratov: «Saratovskij istochnik», 2013. 240 p. (in Russian).

9. Белевцев Д.Н., Шурупов В.Г. Прогрессивный прием повышения урожайных свойств семян подсолнечника // Достижения науки и техники АПК. 1997. № 1. С. 20–21.

Belevtsev D.N., Shurupov V.G. Progressive method of increasing the yield properties of sunflower seeds // Dostizheniya nauki i texniki APK. 1997. № 1. P. 20–21 (in Russian).

10. Краевский А.Н. Альтернативная технология возделывания подсолнечника // Научно-технический бюллетень института масличных культур УААН. 2009. № 14. С. 167–172.

Krajewsky A.N. Alternative technology of sunflower growing // Scientific and technical Bulletin of the Institute of oilseed crops UAAS. 2009. № 14. P. 167–172 (in Russian).

11. Больдисов Е.А., Бушнев А.С. Продуктивность гибридов подсолнечника в Курской области и Краснодарском крае в зависимости от норм высева семян и применения минеральных удобрений // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. 2017. Вып. 1 (169). С. 49–57.

Boldisov E.A., Bushnev A.S. Productivity of sunflower hybrids in Kursk and Krasnodar regions depending on the seed sowing rates and mineral fertilizers application // Maslichny`e kultury`. Nauchnotexnicheskij byulleten` Vserossijskogo nauchno-issledovatel`skogo instituta maslichnyx kultur. 2017. Vyp. 1 (169). P. 49–57 (in Russian).

12. Горшенин Д.В., Нарушев В.Б. Совершенствование приемов возделывания сортов и гибридов подсолнечника в степном Поволжье // Плодородие. 2012. № 1 (64). С. 31–33.

Gorshenin D.V., Narushev V.B. Development of Methods for Growing Sunflower Cultivars and Hybrids in the Steppe Volga Region // Plodorodie. 2012. № 1 (64). P. 31–33 (in Russian).

13. Синицина Н.Е., Гришин П.Н., Кравченко В.В. Почвы Саратовской области. Саратов: Изд-во Саратовского университета, 2010. 100 с.

Sinitsina N.E. Grishin P.N., Kravchenko V.V. Soils of the Saratov region. Saratov: Izd-vo Saratovskogo universiteta, 2010. 100 p. (in Russian).

14. Дружкин А.Ф. Основа научных исследований в растениеводстве и селекции. Саратов, 2013. 264 с.

Druzhkin A.F. The Basis of scientific research in crop production and breeding. Saratov, 2013. 264 p. (in Russian).

УДК 630*424.2:630*23(470.58)

ГИБЕЛЬ ЛЕСОВ КУРГАНСКОЙ ОБЛАСТИ ОТ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ПЕРЕУВЛАЖНЕНИЯ И СПОСОБЫ ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИЯ

[1]Перепечина Ю.И., [2]Дзубан В.И.

[1]ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет», Брянск, e-mail: y-perepechina@mail.ru;

[2]Управление лесами Брянской области, Брянск

Статья посвящена изучению гибели лесов Курганской области от периодического переувлажнения (вымокания) и разработке способов лесовосстановления. Проведен анализ причин гибели лесов от вымокания по литературным источникам и данным, полученным авторами. Основной причиной гибели лесов является накопление и продолжительный застой воды в замкнутых понижениях рельефа («блюдцах»). Образование «вымочек» – явление циклически повторяющееся, но не строго закономерное. Циклы подтопления в Курганской области наблюдались в 1887–1889, 1914–1915, 1947–1952, 1997–2006 гг. А.С. Чиндяев отмечает, что 60% «вымочек» образуется из-за неправильной деятельности человека. Избыточное накопление воды обусловлено нарушением водного баланса территории. Изучено состояние лесных насаждений на участках, подвергшихся вымоканию, установлено пять степеней деградации насаждений. Площадь березовых, осиновых, сосново-березовых насаждений, погибших от вымокания, к 2008 г. достигла 33,3 тыс. га. Изучены способы лесовосстановления: лесные культуры, созданные посадкой в борозды, посадкой в пласт, а также естественное возобновление и даны рекомендации. На увлажненных участках, где степень деградации насаждений слабая или отсутствует, лесовосстановительные мероприятия не проводить. На участках средней степени деградации создавать лесные культуры березы. Культуры сосны на «вымочках» не создавать. Насаждения полной и сильной степени деградации оставлять под естественное заращивание, так как на «вымочках» через определенный период вновь возникает древесно-кустарниковая растительность из ивы, березы с незначительной примесью осины. После чего возобновившиеся участки переводят в покрытые лесной растительностью земли.

Ключевые слова: Курганская область, периодическое переувлажнение, гибель лесов, вымокание, лесовосстановление, грунтовые воды, рельеф, почва, подготовка почвы, степень деградации насаждений

DEATH OF THE FORESTS OF THE KURGAN REGION FROM PERIODIC WATERLOGGING AND METHODS OF FOREST RESTORATION

[1]Perepechina Yu.I., [2]Dzuban V.I.

[1]Bryansk State Engineering and Technological University, Professor, Bryansk, e-mail: y-perepechina@mail.ru;

[2]Department of Forest Management of the Bryansk Region, Bryansk

The article is devoted to the study of the loss of forests of the Kurgan region from periodic watering (drenching) and the development of methods of reforestation. The analysis of the causes of forest death from soaking by the literature and data obtained by the author was carried out. The main cause of forest death is the accumulation and prolonged stagnation of water in closed depressions of relief («saucers»). The formation of «dimples» is a cyclically repeating phenomenon, but not strictly natural. The cycles of flooding in the Kurgan Oblast were observed in 1887–1889, 1914–1915, 1947–1952, 1997–2006. A.S. Chindyaev notes that 60% of the «dimples» is formed due to improper human activity. Excessive accumulation of water stems from the fact of the water balance violation of the territory. The state of forest plantations in areas subjected to soaking was studied. It was found five degrees of plantations` degradation. The area of birch, aspen, pine and birch stands lost due to soaking, reached 33.3 thousand hectares by 2008. Forest regeneration methods were studied: forest cultures created by planting in furrows, planting, and also natural regeneration and recommendations were given. In wet areas, where the degree of plantations` degradation is weak or absent, forest restoration measures are not carried out. In areas of moderate degree of degradation, birch forest cultures were planted. Pine crops on the «dimples» should not be planted. Plantings with a complete and strong degradation degree should be left under natural overgrowth, since after a certain period trees and shrubs from willow and birch with insignificant admixture of aspen reappear on the «sockets». After that, the renewed plots are transferred to the land covered with forest vegetation.

Keywords: Kurgan region, periodic waterlogging, deforestation, soaking, reforestation, ground water, relief, soil, soil preparation, degree of plantations` degradation

До настоящего времени не установлена причина гибели мелколиственных насаждений от вымокания (образование «вымочек»), произрастающих на влажных, сырых и мокрых почвах в лесах Курганской области. Периодическое вымокание насаждений происходит на всей территории лесостепи Южного Зауралья.

Н.И. Пьявченко, А.Л. Кощеев причиной «вымочек» считают резкое увеличение осадков на фоне равнинного рельефа, медленное движение грунтовых вод, слабую развитость гидрологической сети, приводящую к затоплению в первую очередь блюдцеобразных западин небольших размеров [1].

Другие авторы считают, что образование «вымочек» не связано с подъемом грунтовых вод, это явление циклически повторяющееся, продолжительность циклов подтопления от 3–5 до 10 лет. В Курганской области «вымочки» образовывались в 1887–1889, 1914–1915, 1947–1952, 1997–2006 гг.

А.С. Чиндяев отмечает, что 60% «вымочек» образуется из-за неправильной деятельности человека. Избыточное накопление воды обусловлено нарушением водного баланса территории [2].

По мнению А.П. Черепанова усугубляет ситуацию залегание на глубине 2–2,5 м коренных водоупорных, засоленных палеогеновых глин [3].

Для описания экологической катастрофы вымокания березовых лесов Омской области Л.А. Володченкова предложила теоретико-катастрофическую математическую модель леса [4].

Погибшие от вымокания насаждения можно определить по данным гиперспектрального аэро- и космического зондирования. О.В. Григорьева приводит методику выявления погибших насаждений, а также негативных изменений в лесах по информативным спектральным признакам [5].

Цель исследования: разработка способов лесовосстановления на участках вымокания мелколиственных насаждений Курганской области в зависимости от степени деградации.

Материалы и методы исследования

Во время полевых сезонов 2006–2007 гг. было заложено 23 временных пробных площадей на участках леса, где произошло вымокание насаждений. Оценка категорий состояния деревьев производилась по общепринятой методике. На пробных площадях анализировалось не менее 100 деревьев исследуемой породы основного полога. Проведен анализ собранного материала, определен уровень деградации мелколиственных насаждений.

Изучением особенностей роста и развития лесных культур березы, сосны, ели, лиственницы, произрастающих в условиях подтопления и затопления в исследуемом регионе, занимался А.С. Чиндяев [2].

Для обоснования способов лесовосстановления на «вымочках», густоты создания лесных культур, проведения агротехнических уходов заложены временные пробные площади в Глядянском и Варгашинском лесничествах: две – в насаждениях слабой степени деградации или деградация отсутствует; три – на участках полной и сильной степени деградации. Четыре пробные площади заложены на участках средней степени деградации (в лесных культурах, созданных в 2003 г. А.С. Чиндяевым в Половинском и Варгашинском лесхозах, ныне Половинское участковое лесничество Глядянского лесничества кв. 59, выд. 40 пл. 0,1 га и Шастовское участковое лесничество Варгашинского лесничества, кв. 47, выд. 10 пл. 0,41 га.). В зависимости от степени деградации насаждений предложены способы лесовосстановления.

Результаты исследований и их обсуждение

Район исследований относится к Лесостепной зоне Западно-Сибирскому подтаежно-лесостепного района. Климат резко-континентальный. Средняя вегетационная сумма осадков составляет 210 мм, а за период с 1997 по 2006 г. максимальное значение – 257 мм, превышение составляет 47 мм (22%). Термический режим воздуха за исследуемый период не имел существенных отклонений от многолетнего режима [6].

По результатам многолетних наблюдений можно сделать предположение, что увеличение количества осадков за длительный период времени, повышение уровня грунтовых вод, заполнение пониженных участков – «блюдец» водой с водосборной площади вызывает частичную или полную гибель (усыхание) березовых, осиновых, редко сосново-березовых насаждений.

Площадь насаждений, погибших от вымокания к 2008 г. в Курганской области, составляла 33,3 тыс. га.

На рис. 1 показан участок леса («вымочка») погибший в результате периодического переувлажнения. На «вымочках» появляется травянистая растительность характерная для заболоченных участков.

Рис. 1. Гибель насаждений в результате периодического переувлажнения – «вымочки»

В результате гибели насаждений от периодического переувлажнения нами определены 5 стадий деградации мелколиственных насаждений: 1 – деградации насаждений не отмечено, 2 – слабая степень деградации, 3 – средняя, 4 – сильная, 5 – полная.

По мере деградации насаждений происходит изменение величины общего отпада, увеличивается диаметр деревьев его составляющих, а значит, возрастает его запас в древостое. Соотношение доли здоровой и погибшей части насаждения с учетом деревьев промежуточного состояния является основой определения стадии деградации [6].

Деградированный лес – это «вторичный лес», который утратил свою структуру, функцию, видовой состав, производительность, обычно ассоциируемый с таким видом природного леса, который предположительно должен существовать в данной местности. Деградированный лес имеет меньший запас, ухудшается использование прижизненных функций (санитарно-гигиенических, оздоровительных, средообразующих, рекреационных), поддерживается незначительное биологическое разнообразие флоры и фауны [4].

Способы лесовосстановления на участках с периодическим переувлажнением («вымочках») недостаточно изучены. Лесовосстановление осуществляется в целях восстановления погибших, поврежденных лесов. Оно должно обеспечивать восстановление лесных насаждений, сохранение биологического разнообразия лесов, сохранение полезных функций лесов и осуществляется путем естественного, искусственного или комбинированного восстановления лесов.

В насаждениях *слабой степени деградации или отсутствующей деградации*, произрастающих на влажных почвах,было заложено две пробных площади. Анализ материалов пробных площадей показал, что данные насаждения растут и развиваются по принципу нормальных насаждений. Процент усыхающих деревьев не превышает процент естественного отпада. На таких участках проведение лесовосстановительных мероприятий не требуется. В них необходимо проводить рубки ухода за лесом, вид рубки зависит от возраста насаждений.

На участках *средней степени деградации* заложены четыре пробные площади в лесных культурах березы и сосны, созданные посадкой в борозды и пласты. Лесные культуры имеют разную степень сохранности, рост и развитие.

Средний процент сохранности культур березы через 2 года созданных посадкой в борозды составляет 63–75 %, посадкой в пласт 73–85 %. Такое количество деревьев достаточно для образования насаждения в будущем.

Лесные культуры сосны не смогли перенести длительного затопления и практически (90 %) погибли. Культуры сосны на «вымочках» создавать не рекомендуем.

На основании проведенных исследований на участках средней степени деградации рекомендуем создавать лесные культуры березы двумя способами: ручным способом посадкой сеянцев или саженцев в борозды и механизированным – посадкой сеянцев в пласт.

В период подготовки участка для создания лесных культур на «вымочках» необходимо вырубить все погибшие деревья и уничтожить травянистую растительность.

Создание лесных культур березы в борозды посадкой 2–3-летних сеянцев или саженцев вручную, густота посадки сеянцев 4,4–3,8 тыс. шт/га, расстояние между бороздами 3,0–3,5 м, в ряду 0,75 м. Обработку почвы рекомендуем проводить плугами ПКЛ-70, ПЛ-1 в агрегате с тракторами мощностью от 100 л. с. и более.

Создание лесных культур саженцами позволит увеличить их приживаемость и уменьшить количество посадочного материала до 2,0–2,3 тыс. шт/га, схема размещения 4,0х1,2 м.

Для механизированной посадки сеянцев в пласт необходимо создавать пласты шириной 50 см и более, толщиной более 15 см в виде параллельных борозд, ширина междурядий 2,5–3,0 м. Густота посадки 3,5–4,0 тыс. шт/га. Пласты необходимо плотно прижать к почве путем прохода гусеницами трактора одновременно с посадкой сеянцев. При данном способе посадки агротехнические уходы не требуются. Посадку культур проводить весной, осенние посадки не рекомендуем, так как в районе исследований наблюдаются ранние заморозки, что отрицательно сказывается на лесных культурах.

Создание культур березы посадкой сеянцев и саженцев в борозды и пласты позволят предохранить во влажные годы значительную часть древостоев от вымокания, так как:

1. По бороздам избыточная вода будет отводиться с участка.

2. Затопление «блюдец» связано в основном со стоком в них воды с окружающей водосборной площади, поэтому необходимо детально ознакомиться с рельефом местности, и на основе этого принять меры к частичной или полной изоляции «блюдец» от воды, поступающей с водосбора. Для этого предлагаем перед «блюдцами» сделать плугом-канавокопателем канаву, что позволит задерживать часть воды.

3. Транспирация лиственными насаждениями вместе с испарением будет перекачивать в атмосферу часть воды, выпадающую в виде осадков и стекающую с водосборной площади в «блюдца» [6].

На участках полной и сильной степени деградации анализ материалов пробных площадей показал, что за период переувлажнения лесные культуры березы погибли полностью. Создание лесных культур на таких участках требует больших материальных и денежных затрат, однако не дает желаемого результата. Вложение значительных средств на осушительные мероприятия на участках полной и сильной степени деградации нельзя признать целесообразным. Участки с погибшими насаждениями рекомендуем оставлять под естественное заращивание, так как наблюдается цикличность данного природного явления, и после окончания цикла происходит естественное заращивание участков березой, осиной, ивой (рис. 2).

Рис. 2. Естественное возобновление на «вымочке» в 2010 г.

Заключение

В Курганской области в 2004–2006 гг. процесс образования «вымочек» прекратился. Это следует из того, что основными причинами гибели лесных культур с 1997 по 2003 гг. было вымокание. В последующие годы гибель насаждений происходит от засухи и пожаров. Такое положение подтверждает цикличность образования «вымочек» в исследуемом регионе.

Установлено, что вымокание происходит в березовых, осиновых и редко в сосново-березовых насаждениях разных возрастов, произрастающих на влажных, сырых и мокрых почвах в образующихся понижениях – «блюдцах». Из-за длительного периодического переувлажнения, колебания уровня грунтовых вод, увеличения количества осадков, заполнения «блюдец» водой с водосборной площади древостои частично или полностью погибают (усыхают).

На увлажненных участках, где *степень деградации насаждений слабая или отсутствует,* лесовосстановительные мероприятия не проводить.

На участках *средней степени деградации* рекомендуем создавать лесные культуры березы двумя способами: ручным способом посадкой сеянцев или саженцев в борозды и механизированным – посадкой сеянцев в пласт. Это позволит предохранить во влажные годы значительную часть древостоев от вымокания.

Культуры сосны на «вымочках» создавать не рекомендуем.

Вложение значительных средств на осушительные мероприятия на *участках полной и сильной степени деградации* нецелесообразно. Участки с погибшими насаждениями рекомендуем оставлять под естественное заращивание. На «вымочках» через определенный период вновь возникает древесно-кустарниковая растительность из березы, ивы, с незначительной примесью осины. Возобновившиеся участки переходят в покрытые лесной растительностью земли.

Список литературы / References

1. Пьявченко Н.И., Кощеев А.Л. Причины вымочек леса в Западной Сибири // Труды института леса. 1955. Т. XXV. С. 124–134.

Pyavchenko N.I., Koshcheev A.L. Causes of forest washings in Western Siberia // Trudy instituta lesa. 1955. T. XXV. P. 124–134 (in Russian).

2. Чиндяев А.С. Ведение лесного хозяйства на затапливаемых и подтапливаемых площадях // Проблемы лесного хозяйства Зауралья и пути их решения: материалы региональной научно-практической конференции. Курган, 2004. С. 54–60.

Chindyayev A.S. Forest management in flooded and flooded areas // Problems of forestry of the Trans-Ural region and way of their decision: materials of a regional scientific and practical conference. Kurgan, 2004. P. 54–60 (in Russian).

3. Черепанов А.П. Технология выявления медленных изменений в лесах по мультиспектральным космическим снимкам (на примере вымокания лесов) // Геоматика. 2009. № 3. С. 66–75.

Cherepanov A.P. Technology of detection of slow changes in forests by multispectral satellite images (on the example of forest wetting) // Geomatika. 2009. № 3. P. 66–75 (in Russian).

4. Володченкова Л.А., Гуц А.К. Математическое моделирование стадий вымокания березовых лесов с помощью теории катастроф // Математические структуры и моделирование. 2011. № 24. С. 19–33.

Volodchenkova L.A., Guts A.K. Mathematical modeling of stages of wetting birch forests with the help of catastrophe theory // Matematicheskiye struktury i modelirovaniye. 2011. № 24. P. 19–33 (in Russian).

5. Григорьева О.В. Наблюдение деградации лесов по данным гиперспектрального аэро- и космического зондирования // Исследование земли из космоса. 2014. № 1. С. 43–48. DOI: 10.7868/S020596141306002X.

Grigoreva O.V. Observation of Forest Degradation Using Hyperspectral Data Aerial and Satellite Sensing // Issledovanie Zemli iz Kosmosa. 2014. № 1. P. 43–48 (in Russian).

6. Перепечина Ю.И. Научное обоснование организации хозяйства в лесах на основе их состояния в Южном Зауралье: автореф. дис. ... докт. с.-х. наук: 06.03.02. БГИТУ. Брянск, 2011. 41 с.

Perepechina Yu.I. Scientific justification of the organization of economy in the woods on the basis of their condition in the southern TRANS-Urals: avtoref. dis. ... dokt. s.-kh. nauk: 06.03.02. BGITU. Bryansk, 2011. 41 p. (in Russian).

УДК 502:504.453:574.64 (470.61)

ТОКСИЧНОСТЬ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ МАЛЫХ РЕК БАССЕЙНА РЕКИ ТУЗЛОВ ПО НАБОРУ БИОТЕСТОВ

[1–3]Бакаева Е.Н., [1–3]Тарадайко М.Н.

[1]Гидрохимический (Южный) отдел Института водных проблем РАН, Ростов-на-Дону, e-mail: rotaria@mail.ru;
[2]Южный федеральный университет, Институт наук о Земле, Ростов-на-Дону, e-mail: marusi_2010@mail.ru;
[3]ФГБУ «Гидрохимический институт», Ростов-на-Дону

Территория Восточного Донбасса, в пределах которой расположен бассейн реки Тузлов, в настоящее время относится к экологически неблагополучным районам Ростовской области. Экосистемы малых рек испытывают многофакторную антропогенную нагрузку. Роль донных отложений двояка: они способствуют самоочищению водных экосистем и могут служить источником вторичного загрязнения водной толщи. Исследовали необработанные (нативные) донные отложения и их водные вытяжки. Данные о токсичности донных отложений получены набором из трёх биотестов. В качестве тест-объектов использовали экологически соответствующий вид – представителя бентоса личинок хирономид *Chironomus plumosus*, представителя планктонных гетеротрофов – коловратку *Brachionus calyciflorus*, представителя автотрофов – высшее растение *Raphanus sativus* (редис). Выбор тест-объекта *Raphanus sativus* для оценки фитотоксичности донных отложений в отношении высших растений основан на том, что это растение нетребовательно к питательной среде, широко используется в практике биотестирования и является одной из востребованных сельскохозяйственных культур, возделываемых в данном регионе. Токсичность донных отложений по результатам разных биотестов отличалась. Наибольшее количество токсичных проб выявлено в биотесте с коловратками (100%), наименьшее – в биотесте по фитотоксичности (77%). Близким по чувствительности к коловраткам оказался биотест с хирономидами (92%). По результатам трёх биотестов донные отложения всех тринадцати исследованных створов семи малых рек бассейна р. Тузлов характеризовались как оказывающие токсическое действие. Водные вытяжки донных отложений оказались более токсичными, чем нативные донные отложения, что подтверждает опасность для гидробиоты вторичного загрязнения водной толщи донными отложениями. Использование набора биотестов, включающего тест-объекты разной систематической принадлежности и трофического уровня, позволяет оценить токсичность как нативных донных отложений, так и выявить потенциальную опасность их водных вытяжек для представителей планктоценозов. В проведённой оценке токсичности донных отложений малых рек бассейна р. Тузлов наиболее чувствительными оказались гетеротрофы-фильтраторы (коловратки).

Ключевые слова: токсичность, набор биотестов, донные отложения, Восточный Донбасс, малые реки, фитотоксичность, коловратки, хирономиды

BOTTOM SEDIMENTS TOXICITY OF TUZLOV RIVER BASIN SMALL RIVERS BY BIOASSAY BATTERY

[1–3]Bakaeva E.N., [1–3]Taradayko M.N.

[1]Hydrochemical (Southern) department of RAS Water Problems Institute, Rostov-on-Don, e-mail: rotaria@mail.ru;
[2]Southern Federal University, Institute of Earth science, Rostov-on-Don, e-mail: marusi_2010@mail.ru;
[3]FSBI «Hydrochemical institute», Rostov-on-Don

The Tuzlov river basin is located within the territory of the Eastern Donbass, which currently belongs to environmentally disadvantaged areas of the Rostov region. Ecosystems of small rivers are subjected to multifactor anthropogenic load. The role of bottom sediments is twofold: it contributes to the self-purification of aquatic ecosystems and can be a source of secondary pollution of the water column. Untreated (native) bottom sediments and their aqueous extracts were investigated. Data on the bottom sediments toxicity were obtained by a set of three bioassays. The organism of an ecologically relevant group – benthos – of the chironomid larvae *Chironomus plumosus*, a representative of planktonic heterotrophs – the rotifer *Brachionus calyciflorus*, a representative of autotrophs – the higher plant *Raphanus sativus* (radish) were used as test-objects. The choice of the test-object *Raphanus sativus* to assess the phytotoxicity of bottom sediments in relation to higher plants is justified by the undemanding of the plant to the nutrient medium, the widespread use in the practice of bioassay and the demand for this crop in the studied region. The bottom sediments toxicity according to the results of bioassay battery differed. The largest number of toxic samples was detected in the bioassay with rotifers (100%), the smallest was detected in the phytotoxicity bioassay (77%). Bioassay with *Chironomidae* (92%) was similar in sensitivity to the bioassay with rotifers. The bottom sediments of all the studied Tuzlov River Basin small rivers sections were characterized as having an acute toxic effect by the results of three bioassays. Aqueous extracts of bottom sediments were more toxic than native bottom sediments. It confirms the danger of secondary contamination of the water column by bottom sediments for hydrobionts. The bioassay battery including test-objects of different systematic affiliation and trophic level allows to assess the toxicity of native sediments and to identify the potential danger of their aqueous extracts for planktocenoses organisms. Heterotrophic filter feeders (rotifers) were the most sensitive in the bottom sediments toxicity assessment of Tuzlov river basin small rivers.

Keywords: toxicity, bioassay battery, bottom sediments, Eastern Donbass, small rivers, phytotoxicity, rotifers, chironomids

Бассейн р. Тузлов расположен в западной части Ростовской области на территории Восточного Донбасса, которая в настоящее время относится к экологически напряжённым районам Ростовской области. Одним из основных экологических последствий реструктуризации угледобывающей отрасли в этом районе, включавшей ликвидацию шахт «мокрым способом» (затоплением), является экологическое неблагополучие водотоков [1, 2].

Воздействие техногенных шахтных вод в больших масштабах проявляется в бассейне р. Тузлов [1].

Донные отложения, являясь долговременно депонирующей средой, отражают длительное загрязнение водных экосистем. Экосистемная роль донных отложений двойственна: они способствуют самоочищению водной толщи и в то же время являются источником её вторичного загрязнения. Характеристику токсичности донных отложений водного объекта на конкретный момент времени получают приёмами биотестирования. Как правило, биотестирование проводят с использованием одного биотеста. Однако в этом случае токсичность определяется в отношении только одной группы гидробиоты, представитель которой был использован в качестве тест-объекта. Объективную оценку токсичности можно получить только набором биотестов [3].

Поэтому цель настоящей работы заключалась в оценке токсичности донных отложений малых рек бассейна р. Тузлов набором биотестов.

Материалы и методы исследования

Токсичность донных отложений исследовали в тринадцати створах семи малых рек бассейна р. Тузлов. Схема отбора проб представлена на рис. 1, наименования и расположение исследованных створов – в табл. 1. Материалы для исследований были получены в ходе комплексных экспедиций кафедры геоэкологии и прикладной геохимии Института наук о Земле Южного федерального университета, ФГБУ «Гидрохимический институт» и Гидрохимического отдела ИВП РАН. Биотестовый анализ токсичности проб донных отложений по набору биотестов проведён в ФГБУ «Гидрохимический институт».

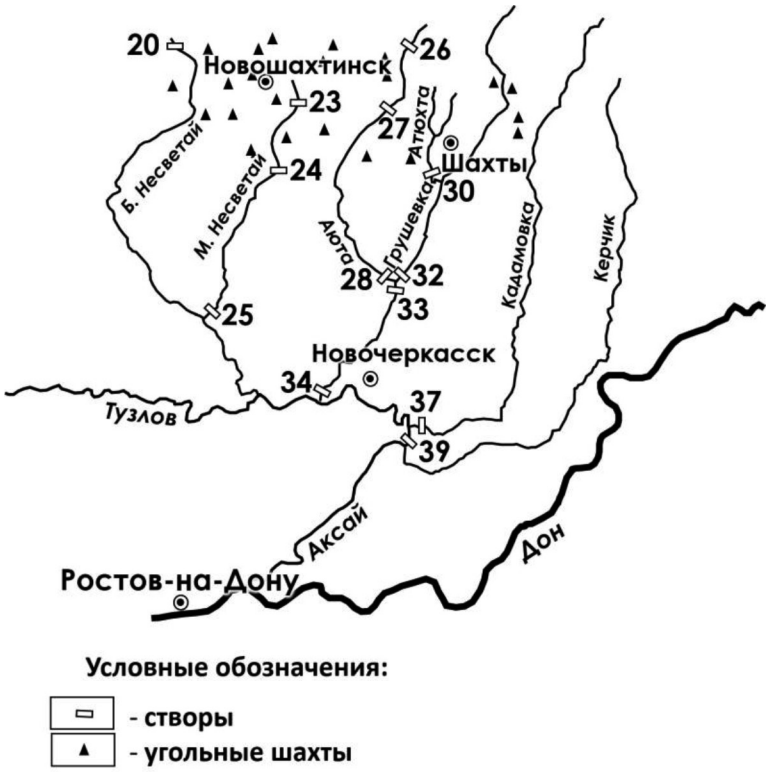


Рис. 1. Карта-схема отбора проб донных отложений в малых реках бассейна р. Тузлов

Для исследования в каждой реке были выделены участки с учетом разных видов антропогенной нагрузки. Первый участок – верховья рек, испытывающие влияние сельскохозяйственной и хозяйственно-бытовой деятельности населенных пунктов. Второй участок расположен ниже выхода техногенных шахтных вод, третий участок – устья рек, суммирующие все виды антропогенной нагрузки.

Биотестовому анализу подвергали нативные (необработанные) донные отложения и их водные вытяжки. Токсичность исследовали набором из трёх биотестов. В качестве тест-объектов использовали следующие организмы: экологически соответствующий вид – представителя бентоса личинок комаров-звонцов *Chironomus plumosus* (хирономид) [4], представителя планктонных гетеротрофов – коловратку *Brachionus calyciflorus* [5], представителя автотрофов – высшее растение редис *Raphanus sativus* (биотест выполнен с учетом положений ГОСТ Р ИСО 22030-2009) [6]. Выбор тест-объекта *Raphanus sativus* для оценки фитотоксичности донных отложений в отношении высших растений основан на том, что это растение нетребовательно к питательной среде, широко используется в практике биотестирования и является одной из востребованных сельскохозяйственных культур, возделываемых в данном регионе.

Тест-показателями токсического действия тестируемых проб донных отложений служили гибель хирономид, гибель и плодовитость коловраток, биологические (всхожесть, количество ростков) и метрические (длина ростков и корней) тест-показатели редиса.

Результаты исследования и их обсуждение

В биотесте с нативными донными отложениями гибель хирономид наблюдалась во всех исследованных створах (рис. 2). Острое токсическое действие (ОТД) донных отложений было выявлено во всех кроме створа ниже выхода шахтных вод на р. Малый Несветай (24).

В биотесте с водной вытяжкой донных отложений наблюдали аналогичную с хирономидами ситуацию – гибель коловраток происходила во всех исследованных створах (рис. 2). Наибольшая гибель коловраток отмечена в створах 32 (р. Грушевка), 37 (р. Кадамовка) и 39 (р. Тузлов). В биотесте с коловратками с учётом тест-показателя «плодовитость» водные вытяжки донных отложений всех створов оказывали острое токсическое действие.

В биотесте с нативными донными отложениями по фитотоксичности с *Raphanus sativus* всхожесть семян была угнетена практически во всех створах, исключение составили створы верховьев рек М. Несветай (23) и Аюта (26), а также створ 27, расположенный ниже сброса Кировских ОС на р. Аюта, в котором была отмечена легкая стимуляция.

Таблица 1

Наименование и расположение исследованных створов малых рек бассейна р. Тузлов

Река	№ створа	Расположение створа
Большой Несветай	20	Выше выхода шахтных вод шахты «Соколовская»
Малый Несветай	25	Устье
	24	Ниже места выхода шахтных вод шахты № 19, ШУ «Несветаевская» (северная окраина хут. Алексеевка)
	23	Верховье реки (пос. Новопавловка)
Аюта	28	Устье
	27	Ниже сброса Кировских очистных сооружений (ОС) (восточная окраина хут. Новогригорьевка)
	26	Выше сброса шахтных вод шахты «Аютинская» (северо-западная окраина пос. Аютинский)
Атюхта	30	Устье
Грушевка	34	Устье
	33	Ниже устья Аюты (северная окраина ст. Красюковская)
	32	Выше устья р. Аюта
Кадамовка	37	Устье (у моста автодороги к ст. Багаевская)
Тузлов	39	Устье (ниже впадения р. Кадамовка)

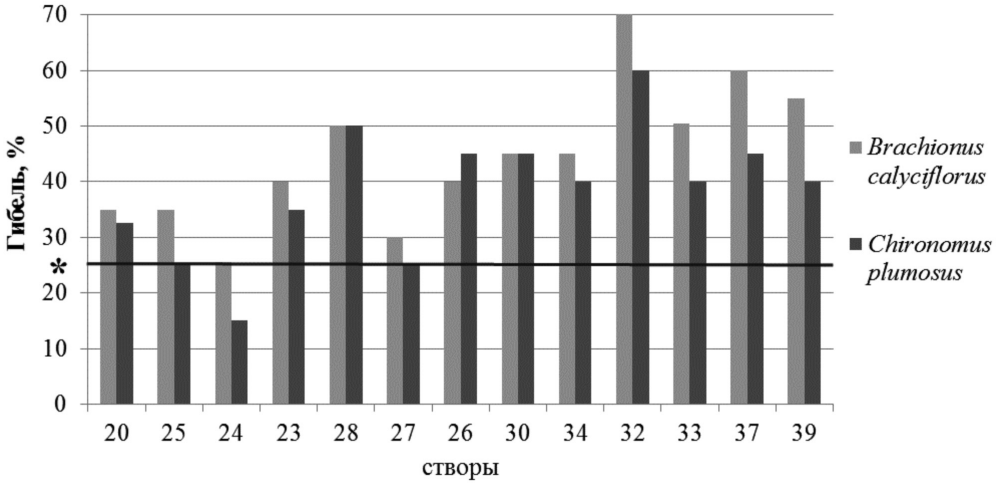


*Рис. 2. Результаты биотестирования нативных донных отложений малых рек бассейна р. Тузлов по тест-показателю гибели хирономид Chironomus plumosus (%) и водной вытяжки донных отложений по гибели коловраток Brachionus calyciflorus (отклонение от контроля, %). Примечание. * – критерий токсичности (гибель 25 % и более)*

Особенно негативное влияние на всхожесть оказали донные отложения устьевых створов рек Атюхта (30), и Тузлов (39). В пробах створов устьев рек Малый Несветай (25) и Кадамовка (37), а также р. Грушевка выше устья р. Аюта (32) взошла только половина взятых в биотест семян. Это свидетельствует о токсическом действии донных отложений указанных створов.

При одинаковой невысокой всхожести семян наблюдались значительные различия в количестве появившихся ростков (рис. 3). По этому тест-показателю донные отложения устьевого створа реки Малый Несветай оказались менее токсичными по сравнению с устьевым створом р. Кадамовка и створом в среднем течении р. Грушевка.

По метрическим тест-показателям (рис. 3) стимулирующее действие донных отложений также проявилось в створе, расположенном ниже сброса Кировских ОС на р. Аюта (27). Донные отложения всех остальных исследованных створов оказывали сильное угнетающее действие на метрические тест-показатели ростков – длину корней и ростков.

В створах верховьев рек Большой Несветай (20), Малый Несветай (23), Аюта (26) токсическое действие донных отложений на метрические тест-показатели редиса было менее интенсивным. Стимуляция по всем четырём тест-показателям редиса отмечалась в створе ниже Кировских ОС (27), расположенном в среднем течении р. Аюта.

Оценка фитотоксичности донных отложений складывается из анализа четырех тест-показателей (всхожесть семян, количество ростков, длина ростков и корней) и окончательно даётся по наиболее чувствительному из них. Полученные данные указывают на наличие фитотоксичности нативных донных отложений в десяти створах.

Обобщённые результаты токсичности донных отложений по набору биотестов и свидетельствуют, что токсичность одной той же тестируемой пробы по результатам трёх биотестов не всегда совпадает (табл. 2).

Это связано с биологическими особенностями используемых тест-объектов, различающихся систематической принадлежностью и способами питания. Так, нативные донные отложения были более токсичны для хирономид. По биотесту с хирономидами токсичность донных отложений выявлена в 92 % створов, фитотоксичность – только в 77 %. В то время как водные вытяжки донных отложений всех створов по результатам биотеста с коловратками оценивались как оказывающие острое токсическое действие.

Итоговая оценка токсичности тестируемых проб является экспертной, её проводят по биотесту, проявившему наибольшую чувствительность. Таким образом, донные отложения всех исследованных створов характеризовались как оказывающие острое токсическое действие.

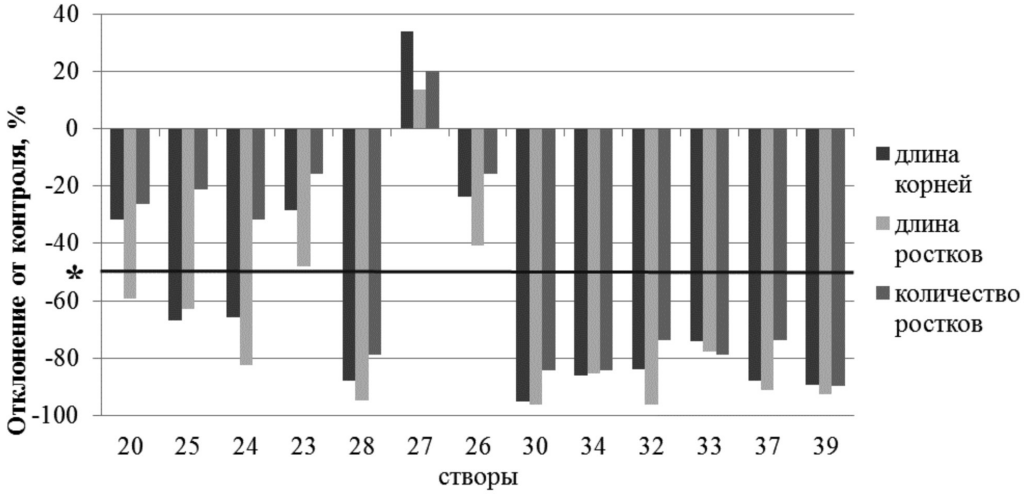


Рис. 3. Результаты биотеста по фитотоксичности нативных донных отложений малых рек бассейна р. Тузлов по метрическим и биологическим тест-показателям редиса Raphanus sativus. Примечание. – критерий токсичности (–50% и более)*

Таблица 2

Токсичность донных отложений малых рек бассейна р. Тузлов по набору биотестов

№ створа	Токсичность по тест-объектам			Итоговая оценка токсичности
	Chironomus plumosus	*Brachionus calyciflorus*	*Raphanus sativus*	
20	ОТД	ОТД	ТД	ОТД
25	ОТД	ОТД	ТД	ОТД
24	нет ОТД	ОТД	ТД	ОТД
23	ОТД	ОТД	нет ТД	ОТД
28	ОТД	ОТД	ТД	ОТД
27	ОТД	ОТД	нет ТД	ОТД
26	ОТД	ОТД	нет ТД	ОТД
30	ОТД	ОТД	ТД	ОТД
34	ОТД	ОТД	ТД	ОТД
32	ОТД	ОТД	ТД	ОТД
33	ОТД	ОТД	ТД	ОТД
37	ОТД	ОТД	ТД	ОТД
39	ОТД	ОТД	ТД	ОТД
ОТД – острое токсическое действие, ТД – токсическое действие				

Выводы

1. Донные отложения всех тринадцати исследованных створов семи малых рек бассейна р. Тузлов оказывали острое токсическое действие по результатам применения набора биотестов. Наибольшее проявление токсичности обнаружено в устьях рек Атюхта, Аюта, Кадамовка, Тузлов, Грушевка и среднего течения Грушевки.

2. Нативные (необработанные) донные отложения в 92% створов характеризовались как оказывающие острое токсическое действие в биотесте с хирономидами *Chironomus plumosus*, исключая 24 створ р. Малый Несветай. Фитотоксичность по *Raphanus sativus* была обнаружена в десяти створах (77%), её отсутствие было отмечено в верховьях рек Малый Несветай (23), Аюта (26) и в створе р. Аюта ниже сброса Кировских очистных сооружений.

3. Водные вытяжки, как и нативные донные отложения, оказывали острое токсическое действие, которое было обнаружено по

биотесту с коловратками *Brachionus calyciflorus* во всех тринадцати створах (100%). Токсичность водных вытяжек донных отложений подтверждает опасность для гидробиоты вторичного загрязнения водной толщи донными отложениями.

4. Использование набора биотестов, включающего тест-объекты разной систематической принадлежности и трофического уровня, позволяет как оценить токсичность нативных донных отложений, так и выявить потенциальную опасность их водных вытяжек для представителей планктоценозов.

В проведённой оценке токсичности донных отложений малых рек бассейна р. Тузлов наиболее чувствительными оказались гетеротрофы-фильтраторы (коловратки).

Исследование выполнено при поддержке гранта РНФ (проект № 14-17-00376).

Список литературы / References

1. Закруткин В.Е., Скляренко Г.Ю., Бакаева Е.Н., Решетняк О.С., Гибков Е.В., Фоменко Н.Е. Подземные и поверхностные воды в пределах техногенно нарушенных геосистем Восточного Донбасса: формирование химического состава и оценка качества. Ростов-на-Дону: Издательство Южного федерального университета, 2016. 172 с.

Zakrutkin V.E., Sklyarenko G.Yu., Bakaeva E.N., Reshetnyak O.S., Gibkov E.V., Fomenko N.E. Surface and groundwater within the technologically disturbed geosystems of the Eastern Donbass: chemical composition and quality assessment. Rostov-on-Don: Publishing House of Southern federal university, 2016. 172 p. (in Russian).

2. Экологический вестник Дона. О состоянии окружающей среды и природных ресурсов Ростовской области в 2014 г. / Под общ. ред. В.Н. Василенко, Г.А. Урбан, А.Г. Куренкова, С.В. Толчеевой, С.Ю. Покуля. Ростов-на-Дону: Изд-во ООО «МС», 2015. 383 с.

Ecological bulletin of Don. About state of environment and natural resources of the Rostov region in 2014 / Under a general Edition V.N. Vasilenko, G.A. Urban, A.G. Kurenkova, S.V. Tolcheeva, S.Yu. Pokul. Rostov-on-Don: Izd-vo OOO «MS», 2015. 371 p. (in Russian).

3. Бакаева Е.Н., Тарадайко М.Н. Экотоксичность поверхностных вод бассейна реки Северский Донец (Ростовская область) по результатам набора биотестов // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. 2016. № 4. С. 57–61.

Bakaeva E.N., Taradayko M.N. Ecotoxicity of surface waters of the Seversky Donets River basin (Rostov region) according to the results of a biotest battery // University news. North-Caucasian region. Natural sciences series. 2016. № 4. P. 57–61 (in Russian).

4. Р 52.24.868-2017 Использование методов биотестирования воды и донных отложений водотоков и водоемов. Ростов н/Д., 2017. 57 с.

5. РД 52.24.662-2004 Оценка токсического загрязнения вод и донных отложений пресноводных экосистем методами биотестирования с использованием коловраток. М.: Метеоагентство Росгидромета, 2006. 32 с.

6. ГОСТ Р ИСО 22030-2009 Качество почв. Биологические методы. Хроническая фитотоксичность в отношении высших растений. М.: Стандартинформ, 2010. 36 с.

УДК 911.8(470.341)

ТВЕРДЫЕ КОММУНАЛЬНЫЕ ОТХОДЫ В ЛЕВОБЕРЕЖНОЙ ЧАСТИ ТЕРРИТОРИИ НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ: РАЗМЕЩЕНИЕ И ПРОБЛЕМЫ РЕКУЛЬТИВАЦИИ

[1]Волкова А.В., [1]Мизгирева М.С., [2]Петрова Е.Н.

[1]ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный педагогический университет имени Козьмы Минина», Нижний Новгород, e-mail: repulenko@mail.ru;
[2]ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет», Нижний Новгород, e-mail: petrova-e1@yandex.ru

В статье затрагивается проблема размещения твердых коммунальных отходов на условно санкционированных и несанкционированных объектах размещения отходов в левобережной части Нижегородской области. Такие объекты чаще всего образованы без соблюдения правил охраны окружающей среды, то есть без каких-либо комплексных мероприятий, снижающих негативное влияние на прилегающие территории, что является значительным источником их загрязнения. При этом в статье акцентируется внимание на несанкционированных свалках, организованных на землях лесного фонда и необходимости их ликвидации и реализации мероприятий по рекультивации нарушенных земель, ввиду природных особенностей территории. В статье представлены статистические данные по количеству таких объектов по районам, расположенным в левобережной части области, с указанием категорий земель, на которых они организованы. Описаны основные пути негативного воздействия на природную среду прилегающих территорий таких объектов, которые возникают в процессе разложения отходов, их физико-химических и биохимических изменениях, под воздействием природных явлений и иных специфических условий, которые формируются в теле свалки, а также в результате взаимодействия продуктов разложения между собой. А именно, влияние фильтрата на состояние подземных вод и состояние почв; влияние свалочного газа на состояние атмосферного воздуха, пожароопасную и санитарную обстановку леса, а также их влияние на произрастающие рядом с объектами размещения отходов растения. Представлены основные этапыи направления рекультивации нарушенных земель, возможные для реализации на данных территориях, а также описаны особенности и правила выполнения рекультивационных работ на техническом этапе в случае удаления свалочного грунта и без данной процедуры.

Ключевые слова: несанкционированные свалки, объекты размещения отходов, твердые коммунальные отходы, фильтрат, свалочный газ, рекультивация, качество жизни населения, Нижегородская область

SOLID COMMUNAL WASTE IN THE LEFT-BANK PART OF THE TERRITORY OF THE NIZHNY NOVGOROD REGION: ACCOMMODATION AND RECULTIVATION PROBLEMS

[1]Volkova A.V., [1]Mizgireva M.S., [2]Petrova E.N.

[1]Kozma Minin Nizhny Novgorod State Pedagogical University, Nizhny Novgorod, e-mail: repulenko@mail.ru;
[2]Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering, Nizhny Novgorod, e-mail: petrova-e1@yandex.ru

The article addresses the problem of solid municipal waste disposal at conventionally sanctioned and unauthorized waste disposal facilities in the left-bank part of the Nizhny Novgorod region. Such objects are most often formed without observing the rules of environmental protection, that is, without any complex measures that reduce the negative impact on the surrounding areas, which is a significant source of their pollution. At the same time, the article focuses on unauthorized dumps organized on the lands of the forest fund and the need to eliminate them and take measures to reclaim disturbed lands, in view of the natural features of the territory. The article presents statistical data on the number of such objects in areas located in the left-bank part of the region, with an indication of the categories of lands on which they are organized. The main ways of the negative impact on the environment of the adjacent territories of such objects that arise during the decomposition of waste, their physicochemical and biochemical changes, under the influence of natural phenomena and other specific conditions that are formed in the body of the landfill, as well as as a result of the interaction of decomposition products are described. between themselves. Namely, the influence of the filtrate on the state of groundwater and soil condition; the impact of landfill gas on the state of atmospheric air, fire-hazardous and sanitary conditions of the forest, as well as their effect on the plants growing next to the waste disposal facilities. The main stages and directions of reclamation of disturbed lands, possible for implementation in these territories, are presented, and the features and rules for the reclamation works at the technical stage in case of removal of landfill soil without this procedure are described.

Keywords: unauthorized landfills, waste disposal facilities, municipal solid waste, filtrate, landfill gas, recultivation, quality of life of the population, Nizhny Novgorod region

Проблема загрязнения природных экосистем твердыми коммунальными отходами является одной из глобальных экологических проблем современности.

Количество отходов постоянно растет, а мест для размещения и утилизации отходов не хватает, несмотря на активное развитие и строительство новых полигонов и мусороперерабатывающих комплексов.

По этой причине появляются санкционированные и несанкционированные свалки на землях населенных пунктов, сельско-

хозяйственного назначения, а также землях лесного фонда. Обе категории свалок не отвечают требованиям действующего законодательства: не обладают защитными экранами и геомембранами для уменьшения негативного воздействия на ОС и тем самым способствуют ухудшению экологической ситуации на прилегающих территориях и требуют ликвидации и проведения мероприятий по рекультивации нарушенных территорий.

Цель исследования: анализ ситуации по наличию несанкционированных и санкционированных объектов размещения ТКО в левобережной части Нижегородской области, воздействие на окружающую среду и необходимость их рекультивации.

Материалы и методы исследования

Сбор информации по теме исследования, а также получение данных посредствам направления запросов в районные администрации по количеству объектов размещения отходов: санкционированных,несанкционированных,включенных в ГРОРО. Наличие проектной документации по рекультивации ОРО. Анализ и обработка полученных данных.

Результаты исследования и их обсуждение

В Нижегородской области насчитывается более 120 объектов размещения ТКО. Из них 102 объекта составляют санкционированные и несанкционированные свалки, и всего 17 включенных в Государственный реестр объектов размещения отходов.

Для Заволжья Нижегородской области одним из наиболее актуальных вопросов является ликвидация несанкционированных свалок на землях лесного фонда. Это обусловлено географическими особенностями территории. Север Нижегородской области расположен в зоне южной тайги, характеризующейся меньшей устойчивостью к антропогенному воздействию, по сравнению с более южными районами области, а также преобладанием лесных территорий с доминированием хвойных пород, наиболее чувствительных к изменению качества окружающей среды. Кроме того, территории, на которых были выявлены несанкционировнные свалки, а именно Варнавинский, Шарангский, Шахунский и Уренский районы (табл. 1), характеризуются огромным природно-ресурсным потенциалом и обилием уникальных природных объектов.

Таблица 1

Количество объектов размещения ТКО на территории левобережной части Нижегородской области по данным районных администраций*

Наименование администрации муниципального района	Объекты размещения ТКО		
	Несанкционированные	Санкционированные	в ГРОРО
Воротынский	–	–	–
Лысковский	1	–	–
Воскресенский	1	1	–
Уренский	2	–	–
Варнавинский	10	3	–
Шахунский	2	1	–
Ветлужский	–	1	–
Шатковский	–	1	–
Городецкий	–	–	1
Сокольский	–	–	–
Ковернинский	8	–	–
Борский	4	–	–
Тоншаевский	–	1	–
Тонкинский	–	1	–
Семёновский	–	–	1
Шарангский	1	–	–
Краснобаковский	2	–	–
Итого	31	9	2

Примечание. *составлено автором.

Таблица 2

Распределение объектов размещения отходов по категориям земель на территории левобережной части Нижегородской области по данным районных администраций*

Наименование администрации муниципального района	Объекты размещения ТКО				
	Лесной фонд	Земли населенных пунктов	Сельскохозяйственного назначения	Земли промышленности	Категория не установлена
Воротынский					
Лысковский		1			
Воскресенский		1		1	
Уренский	2				
Варнавинский	4	6	1		
Шахунский	1	1			
Ветлужский				1	
Шатковский					1
Городецкий					1
Сокольский					
Ковернинский			8		
Борский					4
Тоншаевский				1	
Тонкинский				1	
Семёновский					2
Шарангский	1				
Краснобаковский					2
Итого	8	9	9	4	10

Примечание. *составлено автором.

В левобережной части Нижегородской области сосредоточено 45 объектов размещения ТКО, при этом их количество преобладает на землях населенных пунктов и землях лесного фонда (табл. 2).

Ведущей проблемой, исходящей от организации несанкционированных свалок, является отсутствие комплексных мероприятий, снижающих негативное влияние на окружающую среду, что ведет к сильному загрязнению прилегающих территорий.

Процесс разложения отходов происходит под воздействием внешних состояний окружающей среды и специфических условий в теле свалки и сопровождается сложными физико-химическими и биохимическими преобразованиями отходов и их взаимодействием между собой, что в результате приводит к образованию токсичных соединений, мигрирующих в окружающую среду и пагубно на нее воздействующих.

Основное воздействие объектов размещения отходов на окружающую среду обосновано влиянием продуктов разложения на природные среды. Они представлены в виде фильтрата, возникающего в результате инфильтрации атмосферных осадков в тело свалки, и концентрируются в ее основании. Это сложная по химическому и микробиологическому составу жидкость.

Проходя через толщу отходов, осадочные воды насыщаются токсичными веществами, являющимися составной частью отходов или продуктов их разложения (органическими и неорганическими соединениями, тяжелыми металлами). На свалках, образованных без внедрения систем, снижающих пагубное воздействие на окружающую среду, а именно, при отсутствии противофильтрационных экранов, очистки фильтрата, системы отвода таких вод и отсутствие геомембраны, фильтрат свободно стекает по поверхности и непосредственно просачивается через тело свалки к ее основанию, в результате чего попадает в грунтовые и подземные воды, что приводит к значительному загрязнению окружающей среды не только химическими веществами, но и патогенными микроорганизмами.

Помимо фильтрата, основное воздействие объектов размещения отходов на окружающую среду происходит за счет образования свалочного газа в теле свалки.

Это продукт разложения, газ, который образуется в результате анаэробного брожения отходов. Основными компонентами такого газа являются парниковые газы, такие как метан, углерод и диоксид, а также он содержит множество токсических органических соединений.

Свободное распространение свалочного газа в окружающей среде оказывает угнетающее воздействие на биоценоз, в первую очередь на растительный покров, за счет вытеснения кислорода из порового пространства почвы, вызывающего асфиксию корневой системы. При накоплении свалочного газа непосредственно на местах захоронения в определенных концентрациях формируются взрыво- и пожароопасные ситуации, кроме того накопление газа приводит к самовозгоранию свалок. Данный процесс сопровождается образованием токсичных веществ [1].

Опасность свалок ТКО заключается в том, что такие объекты не соответствуют санитарным нормам и правилам, где созданы благоприятные условия для развития патогенной микрофлоры и размножения переносчиков инфекций.

При усилении скорости ветра летучие компоненты мусора загрязняют значительную площадь вблизи свалки. Но загрязнение компонентов природной среды, выделение неприятного запаха, распространение отходов под влиянием ветра на прилегающие территории, самопроизвольное их возгорание и неэстетичный вид являются лишь частью проблем, связанных с появлением таких свалок, однако из-за множества причин такие объекты продолжают эксплуатироваться.

При этом ряд негативных аспектов свидетельствует о необходимости ликвидации таких объектов и реализации мероприятий по рекультивации нарушенных территорий.

Рекультивация – сложный комплексный процесс восстановления продуктивности нарушенных земель, состоящий из трех этапов:

Подготовительный этап, включающий инвестиционное обоснование работ по рекультивации и разработку рабочей документации. Он заключается: в обследовании территорий, намеченных к отчуждению и нарушению; определении направления рекультивации и обязательном его согласовании с первичным землепользователем; технико-экономическом обосновании и составлении проекта рекультивации.

Технический этап – реализация инженерно-технической части проекта восстановления земель. Данный этап объединяет комплекс работ, нацеленных на обустройство нарушенного участка. Объем мероприятий по реализации технического этапа осуществляется относительно выбранного направления рекультивации в сочетании с осуществлением работ по восстановлению растительного покрова.

Неотъемлемой частью работ на данном этапе является проведение инженерно-геологических изысканий, на основании которых составляют разметку профилей грунта свалки и подстилающих слоев, по ним определяют мощность слоя свалочного грунта, структуру подстилающих слоев, степень их преобразования и уровень грунтовых вод. После чего свалочные грунты удаляют и направляют на обезвреживание и захоронение на специализированные обустроенные полигоны [2].

На все пространство свалки привносят минеральный грунт, нормативно чистый по бактериологическим, химическим и радиометрическим показателям. Далее осуществляется уплотнение и прикатка плодородного слоя почвы и первичный засев семян (табл. 3). Дальнейшая рекультивация осуществляется по окончании стабилизации свалочного тела – процесса уплотнения и оседания свалочного грунта и достижения устойчивого состояния [3].

Рассматриваемые свалки расположены в левобережной части Нижегородской области, что соответствует «средней» климатической зоне, и срок стабилизации такой свалки составит около двух лет, без вовлечения данного участка в хозяйственную деятельность.

В конце процесса стабилизации производится завоз грунта автомобильным транспортом для засыпки и планировки образовавшихся провалов.

В ряде случаев, когда рекультивация осуществляется без удаления отходов из тела свалки, предусмотрена реализация мероприятий по созданию систем дегазации и защитного экрана поверх свалки. Для предупреждения повторного загрязнения данного объекта требуется его ограждение.

Основной составляющей системы природоохранных мероприятий является формирование защитного экрана на поверхности свалки, которое осуществляется на техническом этапе рекультивации. Конструкция экрана подразумевает создание покрытия, характеризующегося изоляционными и фильтрующими свойствами, что позволяет уменьшить риск просачивания поверхностных вод в тело свалки за счет их улавливания и отведения.

Таблица 3

Сроки стабилизации свалок для различных климатических зон*

Вид рекультивации	Сроки стабилизации закрытых полигонов для различных климатических зон, год		
	южная	средняя	северная
Посев многолетних трав, создание пашни, сенокосов, газонов	1	2	3
Посадка кустарников, сеянцев	2	2	
Посадка деревьев	2	2	3
Создание огородов, садов	10	10	15

Примечание. Источник: [4].

На техническом этапе рекультивации полигонов и свалок осуществляются мероприятия по выравниванию отдельных неровностей поверхности с последующей ее планировкой и созданием небольшого уклона на объекте осуществления работ. Следующий этап заключается в создании выравнивающего слоя очищенным строительным мусором. В случае, когда в теле свалки образуется свалочный газ, в дополнение создается слой из газопроводящего материала поверх свалочных масс, например из песка. После чего выполняют работы по устройству экрана, ограничивающего проникновение осадков в свалочный грунт. Такая система включает несколько глиняных слоев, а также слой геомембраны высокой плотности. Поверх синтетической изоляции для отвода осадков укладывают дренажную сетку и покрывают песком. После чего поверхность свалки покрывают условно плодородным и плодородным грунтом.

Для предупреждения загрязнения грунтовых вод фильтратом применяется метод силикатизации грунтов в основании свалки. Он основан на внедрении гелеобразующих материалов посредством инъектирования силикатных растворов в основание свалки. В качестве таких материалов используют сернокислый алюминий, синтетические смолы и растворы жидкого стекла. Защитный экран, сформированный у основания свалки, фиксирует и изолирует нижние слои свалочных масс и верхнюю часть грунтовых пород с целью снижения его проницаемости и создания барьера для распространения токсичных веществ в почвенном горизонте.

Затем производится раздельно-рядовой посев подготовленной травосмеси. Травосмесь состоит из двух, трех и более компонентов. Подбор трав для травосмеси должен обеспечивать хорошее задернение территории рекультивируемого полигона, морозо- и засухоустойчивость, долговечность и быстрое отрастание после скашивания.

Биологический этап включает озеленение, биологическую очистку почв, лесохозяйственные, агромелиоративные и фиторекультивационные мероприятия и направлен на восстановление процессов почвообразования [4].

Выбор направления рекультивации может быть обусловлен степенью преобразования земель, эколого-экономической целесообразности восстановления и дальнейшего вовлечения данного участка в хозяйственную деятельность. Их разнообразие обусловлено целями последующего использования в народном хозяйстве. Различают следующие направления. Сельскохозяйственное направление заключается в создании биологически активных земель для их вовлечения в сельскохозяйственную деятельность. Лесохозяйственное направление подразумевает лесоразведение общего хозяйственного и полезащитного назначения, а также создание лесопитомников. Водохозяйственное направление заключается в создании водоемов различного назначения в понижениях ландшафта. Рекреационное направление основано на преобразовании нарушенных земель с целью создания объектов отдыха (парки и лесопарки, зоны отдыха, турбазы и спортивные сооружения). Природоохранное и санитарно-гигиеническое направление подразумевает временное исключение нарушенных земель из хозяйственного обихода, с целью уменьшения негативного воздействия на окружающую среду, снижения развития эрозионных процессов, а также создания условий для самовосстановления ландшафтов. Строительное направлено на создание пригодных для промышленного и гражданского строительства условий [5].

Выводы

Вопрос рекультивации несанкционированных свалок на землях лесного фонда является наиболее актуальным в сфере

обращения с ТКО в левобережной части Нижегородской области. Это обусловлено многими факторами, одним из которых является загрязнение компонентов окружающей среды, что в результате оказывает негативное влияние на качество жизни населения. Ситуация осложняется составом лесных пород, довольно чувствительным к загрязнениям. Особого внимания требует наличие в этой зоне большого количества уникальных природных объектов. Наиболее сложная ситуация с несанкционировнными свалками сложилась в Варнавинском, Шарангском, Шахунском и Уренском районах области.

На сегодняшний день существует широкий спектр мероприятий по восстановлению нарушенных земель, позволяющих преобразовать такие участки с целью их вовлечения в хозяйственную деятельность и уменьшить риск повторного загрязнения территории.

В целом вопросы восстановления земель требуют более детального рассмотрения для реализации природоохранных мероприятий и развития новых наиболее эффективных методов сохранения земель, которые будут обладать хозяйственной ценностью и будут безопасны для окружающей среды и жизни человека.

Список литературы / References

1. Голованов А.И., Зимин Ф.М., Сметанин В.И. Рекультивация нарушенных земель. М.: Колос-с, 2009. 327 с.

Golovanov A.I., Zimin F.M., Smetanin V.I. Reclamation of disturbed land. M.: Kolos-s, 2009. 325 p. (in Russian).

2. ГОСТ 17.4.3.02-85 Охрана природы. Почвы. Требования к охране плодородного слоя почвы при производстве земляных работ. [Электронный ресурс]. URL: http://docs.cntd.ru/document/1200004382 (дата обращения: 25.03.2019).

3. Куприенко П.С., Ашихмина Т.В., Овчинникова Т.В., Пинчук М.И. Рекультивация закрытых полигонов ТБО // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. 2017. Т. 1. № 8. С. 445–447.

Kuprienko P.S., Ashikhmina T.V., Ovchinnikova T.V., Pinchuk M.I. Reclamation of closed landfills of municipal solid waste // Fire safety: problems and prospects. 2017. P. 445–447 (in Russian).

4. Инструкция по проектированию, эксплуатации и рекультивации полигонов для твердых бытовых отходов. [Электронный ресурс]. URL: http://legalacts.ru/doc/instruktsija-po-proektirovaniiu-ekspluatatsii-i-rekultivatsii-poligonov/ (дата обращения: 25.03.2019).

5. Лукина Н.В., Чибрик Т.С., Глазырина М.А. Учебно-методический комплекс дисциплины «Биологическая рекультивация и мониторинг нарушенных промышленностью земель». Екатеринбург: Уральский федеральный университет, 2015. 356 с.

Lukina N.V., Chibrik T.S., Glazirina M.A. Educational and methodical complex of discipline «Biological reclamation and monitoring of lands disturbed by industry». Ekaterinburg: Ural`skij federal`ny`j universitet, 2015. 356 p. (in Russian).

УДК 91:325(571.54+517.3)

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ АСПЕКТЫ МИГРАЦИИ НАСЕЛЕНИЯ В ПРИГРАНИЧНЫХ РАЙОНАХ МОНГОЛЬСКОГО ПЛАТО (НА ПРИМЕРЕ БУРЯТИИ И МОНГОЛИИ)

Гончиков Ц.Д., Урбанова Ч.Б., Дымчикова Б.Ц., Эрдэнэсух С.

ФГБОУ ВО «Бурятский государственный университет», Улан-Удэ, e-mail: chimita76@gmail.com, mien_bsu@mail.ru

В статье рассматриваются тенденции миграционных процессов российско-монгольского приграничья (на примере Республики Бурятия и Монголии). Рассмотрены основные причины сокращения численности населения, перспективы изменений демографического потенциала. Приводится характеристика миграционного поведения населения региона в условиях нестабильной социально-экономической ситуации на Монгольском плато. На формирование миграционной мозаики повлиял экономический кризис 1990-х гг. и привел к изменению интенсивности направления миграционных процессов. Усилился отток населения с сельской местности в столичные центры, а также за пределы регионов. В Бурятии основной поток мигрантов направлен в г. Улан-Удэ, но и в европейскую часть страны. В Монголии основная часть внутренних мигрантов направлена не только в г. Улан-Батор, но и в приграничную зону, в сторону России. В районах выбытия уменьшается численность мобильного трудоспособного населения. Трансформируются возрастная структура населения: повышается доля старших возрастов, приводящая к резкому уменьшению рождаемости и повышению смертности, связанных с ними социальных и экономических проблем, прежде всего, в сельской местности. Подобный сценарий развития миграционных процессов напрямую повлиял на динамику численности населения, как наиболее характерного общего индикатора состояния общества. Территориальные перемещения населения оказывают решающее воздействие на формирование демографического потенциала на российско-монгольском приграничье, который способствует формированию как положительных, так и отрицательных тенденций в социально-демографическом развитии приграничных территорий. Поэтому в этих условиях необходимо разработать территориальные комплексные программы по развитию регионов с целью ослабления негативных последствий.

Ключевые слова: население, внутренняя и внешняя миграция, сальдо, миграционный оборот, социально-экономическая ситуация

SPATIAL-TIME ASPECTS OF MIGRATION OF THE POPULATION IN THE FRONTIER AREAS OF THE MONGOLIAN PLATO (ON THE EXAMPLE OF BURYATIA AND MONGOLIA)

Gonchikov Ts.D., Urbanova Ch.B., Dymchikova B.Ts., Erdenesukh S.

Buryat State University, Ulan-Ude, e-mail: chimita76@gmail.com, mien_bsu@main

The article deals with the trends of migration processes of the Russian-Mongolian border (on the example of the Republic of Buryatia and Mongolia. Examines the principal causes of reduction of population, the prospects of demographic changes in the potential. The characteristic of migration behavior of the population of the region in the conditions of unstable social and economic situation on the Mongolian plateau is given. The economic crisis of the 1990s affected on the formation of the migration mosaic and led to a change in the intensity and direction of migration processes. The outflow of population from the countryside to the capital centers, as well as beyond the regions, has increased. In Buryatia, the main flow of migrants is sent to the city of Ulan-Ude, but also to the European part of the country. In Mongolia, the main part of internal migrants is directed not only to the city of Ulan Bator, but also to the border zone, towards Russia. In the retirement areas, the number of mobile working-age population decreases. The age structure of the population is transformed: the proportion of older ages increases, leading to a sharp decrease in the birth rate and an increase in mortality, social and economic problems associated with them, primarily in rural areas. Such a scenario of the development of migration processes directly influenced on the dynamics of the population as the most general indicator of the state of society. Territorial population movements have a decisive impact on the formation of demographic potential on the Russian-Mongolian border, which contributes to the formation of both positive and negative trends in the socio-demographic development of border areas. Therefore, in these conditions, it is necessary to develop territorial comprehensive programs for the development of regions in order to reduce the negative consequences.

Keywords: population, internal and external migration, balance, migration turnover, socio-economic situation

Миграция населения является одним из важнейших процессов, влияющим не только на социально-экономическое развитие регионов, но и на исторические судьбы целых стран.

На исследуемых приграничных территориях кризисные 1990-е гг. существенно скорректировали традиционные направления миграционных потоков: в этот период возникли новые тенденции в территориальных перемещениях населения. Интерес к указанному кругу проблем исследования и определил актуальность и характер содержания данной работы.

Цель исследования: выявить особенности и тенденции современных миграцион-

ных процессов в приграничных территориях Республики Бурятии и Монголии.

Материалы и методы исследования

В исследовании были использованы системный подход, статистический метод (сбор, обобщение, систематизация данных), картографический. Исходной информацией послужили данные Федеральной службы государственной статистики РФ, Федеральной службы государственной статистики по Республике Бурятия, Национального Департамента статистики Монголии.

Результаты исследования и их обсуждение

Республика Бурятия. В состав республики входят 21 муниципальный район, 3 городских округа, 6 городов, 14 поселков городского типа, 613 сельских поселений. Численность постоянного населения на начало 2017 г. составила 984,5 тыс. чел., средняя плотность населения 2,7 чел. на 1 км^2. Городское население составляет 59,0% от всего населения республики, сельское – соответственно 41%. В столице республики, как и в других слаборазвитых регионах, проживает 43,7% населения всей республики.

Неравномерное социально-экономическое развитие приводит к территориальной дифференциации регионов по уровню и качеству жизни. Высокий уровень безработицы и низкий уровень качества жизни, невысокий уровень инвестиционной привлекательности исследуемых территорий побуждает население перемещаться в другие регионы.

Корреляционные связи между миграциями населения и социально-экономическими изменениями стали более глубокими, а сами миграционные процессы – важнейшими причинами и факторами социальных изменений. Как известно, 1990-е гг. – поворотный период в истории нашей страны в связи с кардинальным изменением политической и социально-экономической систем. Такие радикальные изменения, как было отмечено, серьезно повлияли на миграционные процессы, как в масштабах всей страны, так и на уровне конкретных регионов. В структуре и характере территориальных перемещений населения в последнее время наблюдаются принципиально новые тенденции. Ухудшение социально-экономических условий в республике способствует массовому выезду населения в другие более развитые регионы Российской Федерации, а также за границу. В этой связи закономерным явлением становится резкое сокращение миграционного притока в Бурятию.

Подобный сценарий развития миграционных процессов напрямую повлиял на динамику численности населения республики, как наиболее характерного общего индикатора состояния общества (табл. 1).

Необходимо подчеркнуть, что Бурятия, как демографически благоприятный регион, всегда отличалась более высокими темпами роста численности населения по сравнению со среднероссийскими показателями за исключением 1990-х гг., последствия которых ощущаются по настоящее время. Именно в эти годы показатели динамики численности населения республики оказались существенно хуже, чем в среднем по стране.

Таблица 1

Динамика численности населения России и Республики Бурятия (по данным переписей населения)

Годы	Население России			Население Бурятии		
	Численность, млн чел.	Прирост (убыль) в% к пред. году	Среднегодовой прирост (убыль) между переписями,%	Численность, млн чел.	Прирост (убыль) в% к пред. году	Среднегодовой прирост (убыль) между переписями,%
1926	92,7	–	–	388,9	–	–
1939	108,4	116,9	1,3	545,8	140,3	3,1
1959	117,5	108,4	0,4	673,3	123,4	1,2
1970	130,1	110,7	1,0	812,2	120,6	1,9
1979	137,4	105,6	0,6	900,8	110,9	1,2
1989	147,0	107,0	0,7	1041,1	115,6	1,5
2002	145,2	98,8	–0,09	987,3	94,8	–0,4
2010	142,9	98,4	–0,2	972,0	98,4	–0,2

Примечание. Источник: составлено на основе данных с использованием [1–3].

В то же время продолжают сохраняться центростремительные урбанистические процессы, связанные с территориальным перемещением сельского населения Бурятии в пригородные зоны г. Улан-Удэ.

Внутриреспубликанская миграция охватила практически все административные районы республики. Исключение составляют пригородный Иволгинский и дальний «замкнутый, горнодобывающий» Окинский районы. Наибольшее отрицательное миграционное сальдо в последние десятилетия наблюдается в Северобайкальском, Баргузинском, Заиграевском и Селенгинском районах. Причина оттока в Северобайкальском районе связана с консервацией проекта развития Байкало-Амурской железнодорожной магистрали (БАМ).

Причины миграционных настроений населения Бурятии в первую очередь определяют факторы, имеющие социально-экономический характер: низкие зарплаты, в то же время высокие уровни бедности и безработицы. Внутри республики рынок труда в основном предлагал для молодых специалистов вакансии с низкой оплатой и рабочие места, являющиеся непрестижными. Одним из индикаторов низкого уровня социально-экономического развития в республике в конце XX в. и в начале XXI в. является сокращение численности населения.

Все указанные выше негативные социально-экономические и социально-политические причины привели к географическому изменению миграционных процессов, как в Российской Федерации, так и в Республике Бурятия. Территориальное перемещения населения в советский период были относительно регулируемы и прогнозируемы, в современной обстановке они с каждым годом становятся все более непредсказуемыми и неуправляемыми.

Нестабильная социально-экономическая ситуация в стране и республике проявляется в виде разнонаправленных показателей динамики миграционных процессов (табл. 2).

Общая миграционная активность населения, связанная с республикой, где принимают участие жители и других регионов, достаточно высока. Ежегодный миграционный оборот в 1985–2016 гг. варьирует в пределах 115,5–90,3 тыс. чел. По мере ухудшения социально-экономической ситуации общая миграционная активность населения падает. Так, если в 1985 г. общий миграционный оборот составлял 115,5 тыс. чел., то к 1990 г. – 92,6, к 1995 г. – уже 62,6, к 2000 г. – 44,1, к. 2005 г. – 42,0 тыс. чел [5, с. 75–83]. Однако при этом отток населения за пределы республики стабильно увеличивается, особенно с 2000 г., за счет мобильной части населения – молодежи и конкурентоспособных специалистов, выезжающих в основном в западные регионы России [6, с. 6–12]. По мере стабилизации социально-экономической ситуации по стране и региону миграционная активность населения вновь стала увеличиваться до 90 тыс. чел. к 2016 г. На долю внутренней миграции населения республики приходится свыше половины перемещений за этот же период времени в пределах от 55,1% в 1990 г. до 66% в 2015–2016 гг. за исключением 1985 г. (46,5%).

Таблица 2

Миграционная активность населения в Республике Бурятия

	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016
Прибывшие, всего, чел.	61329	45909	31431	20032	18880	20151	43503	43545
Выбывшие, всего, чел.	54222	46737	31181	24065	23159	23386	45509	46758
Миграционный оборот, чел.	115551	92646	62612	44097	42039	43537	89012	90303
Внутри Республики Бурятия								
Прибывшие, чел.	28793	23216	16433	12984	13766	13549	29340	29545
Выбывшие, чел.	24991	23216	16433	12984	13766	13549	29340	29595
Миграционный оборот, чел.	53784	46432	32866	25968	27532	27098	58680	59140
В% к общ. мигр. обороту	46,5	55,1	52,5	58,9	65,5	62,2	65,9	65,5
Сальдо внешней миграции, чел.	3305	–828	–280	–4033	–4279	–3235	–2009	–321,3
в т.ч.								
между регионами, чел.	1672	–1222	–1447	–4150	–4262	–3444	–2675	–3706
с з/странами, чел.	1632	394	1727	117	–17	209	669	493

Примечание. Источник: составлено на основе данных с использованием [3–4].

Таблица 3

Распределение мигрантов Республики Бурятия по федеральным округам
(по данным сальдо миграции, чел.)

Миграционный прирост, убыль (–)	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2013	2015
	–1222	–1337	–4150	–4262	–3444	–4763	–4022	–2675
Центральный ФО	–597	–809	–995	–866	–960	–914	–1250	–904
Северо-Западный ФО	–207	–269	–343	–285	–237	–409	–747	–579
Южный ФО	–500	–314	–182	–274	–399	–353	–340	–307
Северо-Кавказский ФО						–4	–5	–32
Приволжский ФО	–180	–297	–380	–180	–203	–131	–6	–109
Уральский ФО	41	–267	–205	–233	–476	–1146	–113	–147
Сибирский ФО	–441	–250	–2004	–2199	–1275	–1667	–1334	–247
Дальневосточный ФО	–220	869	–41	–255	106	–139	–197	–291
Крымский ФО								–59

Примечание. Источник: составлено на основе данных с использованием [3–4].

Для республики характерно отрицательное сальдо миграции, с 1990 г. Бурятия ежегодно теряет население в межрегиональном обмене от 1200 почти до 5000 чел. Миграционная связь республики с зарубежными странами незначительная и имеет положительное сальдо в пределах от 100 до 500 чел. Исключение составляют 1985, 1990 и 1995 гг., когда прирост (отток) населения составлял 1000–2000 чел.

Территориальная картина оттока населения из Бурятии достаточно стабильна за последние десятилетия (табл. 3).

Основная часть оттока мигрантов приходится прежде всего, как было отмечено, на Центральный и Северо-Западный регионы страны (50,0–65,5 %), Сибирский (32,7–35,7 %), Дальневосточный и Южный (по 10–11 %). При этом наблюдаются тенденции увеличения абсолютных показателей оттока населения в центральные регионы на фоне существенного уменьшения в Южный, Приволжский, Уральский, Сибирский и Дальневосточный федеральные округа.

Анализ возрастной структуры мигрантов показывает, что среди них преобладают рабочие возрастные группы в пределах 75–86 % от их общего количества. При этом среди выбывших рабочие возрастные группы больше на 5–8 %, чем среди прибывших, что означает серьезные потери трудовых ресурсов. Необходимо подчеркнуть, что среди выбывших мигранты репродуктивного возраста (16–29 лет) за 2010–2016 гг. составляют 55–72 %, в то время как среди прибывших – всего 50–55 %, т.е. прибывшие не компенсируют выбывших в этой возрастной группе [5, с. 125–127]. Несмотря на то, что в миграции населения, как правило, преобладают внутренние перемещения, все же важное значение приобретают показатели оттока мигрантов за пределы региона. Среди выбывших мигрантов 89,0–90,0 % составляют рабочие возрастные группы населения, в том числе от 58 до 61 % в возрасте 16–29 лет. Исключение составляют 2013 и 2016 гг., когда доля молодежи в репродуктивном возрасте заметно уменьшилась до 32,1–50,5 % в связи с резким преобладанием среди выбывших детей в возрасте до 16 лет в пределах от 33,0 до 69,0 %. Настораживает то, что отток трудовых ресурсов и молодежи в репродуктивном возрасте имеет тенденцию (хотя и небольшую) к росту. Таким образом, негативный миграционный процесс приводит к глубоким социально-демографическим последствиям, таким как постепенная деформация возрастной структуры населения в пользу повышения доли старших возрастов и пенсионеров, уменьшение количества мобильной и конкурентоспособной профессиональной части населения, резкое уменьшение рождаемости особенно в сельской местности, несмотря на традиционно высокую рождаемость в Бурятии.

Высокая миграционная активность и положительное сальдо, естественно, связаны со столичным центром – г. Улан-Удэ, которую можно было бы охарактеризовать как «ложную» урбанизацию, когда экономическая база города не готова предоставить новые рабочие места прибывшим в поисках работы. Численность населения г. Улан-Удэ достаточно быстро растет, а ее окраины расширяются за счет хаотичных застроек прибывших мигрантов со всеми негативными экономическими, экологическими, социальными и правовыми последствиями. При-

городный Иволгинский район, в отличие от других муниципальных образований, всегда имел положительное сальдо миграции. Такая закономерность присуща, как правило, экономически слабо развитым территориям: еще с 1960-х гг. до настоящего времени данный процесс продолжается в некоторых странах Азии, Африки и Латинской Америки, а в настоящее время в современной России – в восточных и северных регионах, прежде всего на Дальнем Востоке и Сибири за редким исключением крупных ресурсодобывающих производственных ареалов.

Необходимо подчеркнуть, что с 1990 г. практически во всех муниципальных образованиях республики наблюдалось отрицательное сальдо миграции [6, с. 22–23]. Исключение всегда составляли лишь два района – Иволгинский и Окинский. В связи с положительными изменениями в социально-экономической ситуации страны и ее регионов в последние годы постепенно меняется территориальная картина внутренних миграционных процессов. В частности, к группе районов с положительным сальдо миграции присоединились Заиграевский и Тарбагатайский (рис. 1). В Кабанском, Муйском и Прибайкальском районах установился к 2016 г. относительный баланс между притоком и оттоком населения. Объясняется это особенностями экономико-географического положения районов относительно г. Улан-Удэ и магистральных транспортных коридоров и, главное, некоторым оживлением экономической ситуации в зоне БАМа и сельскохозяйственно-туристических районах. Вместе с тем 14 районов из 21 (66,7%) до сих пор характеризуются отрицательным сальдо миграции. При этом территориальная закономерность оттока населения достаточно проста: в поисках работы мигранты устремляются из сел в районные центры [7, с. 33–35], в последующем в городские поселения, затем оттуда (или сразу) в г. Улан-Удэ и далее выезжают за пределы республики.

Выводы

Таким образом, миграционная активность населения Бурятии достаточно высокая: в ней участвует почти $^{1}/_{10}$ часть населения республики. Она прежде всего связана с низким уровнем социально-экономического развития республики по сравнению не только со среднероссийскими показателями, но и со своим мезо- и макроокружением. В последнем, безусловно, прослеживаются, как и в целом по стране, общие объективные процессы. Однако региональные составляющие, имеющие не только объективную, но и субъективную природу, естественно, преобладают. Наблюдаются устойчивые территориальные различия в перемещении населения в пределах самой республики, что свидетельствует не только о ее территориальной дифференциации по природно-климатическим условиям, но и по показателям в социально-экономической сфере. Следует особо подчеркнуть, что в 2010–2015 гг. львиную долю мигрантов (86–89%) составляют молодежь в возрасте до 30 лет и взрослое профессионально состоявшееся конкурентоспособное население до 40 лет.

Для решения проблем, связанных с негативными последствиями перемещений населения, на наш взгляд, необходимо, прежде всего разработать и реализовать долгосрочную региональную территориальную комплексную целевую программу развития республики и ее районов. Очередность решения проблем должна быть тесно связана с конкретным пространственно-временным подходом в зависимости от степени остроты этих вопросов на местах.

Монгольская Народная Республика. Монголия считается самой малочисленной страной, население которой составляет всего 3186,0 тыс. человек. Более 46,1% населения Монголии сосредоточено в столичном центре – г. Улан-Баторе. Миграционное перемещение женского населения происходит более активнее, чем мужского. Огромный миграционный поток в города сыграл негативную роль в пространственном размещении населения Монголии, а также в социально-экономическом развитии периферийных аймаков.

В течение последних 10 лет население г. Улан-Батора увеличилось на 400 тыс. чел. и будет продолжать прогрессировать. В отличие от российских городов 67% населения г. Улан-Батора составляет молодежь до 35 лет, что свидетельствует о миграционной активности молодых возрастов [8]. Приток населения в основном происходит из сельской местности, соответственно, образуются стихийные юрточные районы на окраинах столичного центра, способствующие процессу субурбанизации.

В Монголии наблюдается 2 вида миграции: традиционный и нетрадиционный. Монголия, в отличие от других стран, всегда выделяется кочевниками-скотоводами, связанными с традиционной сезонной миграцией. В последние десятилетия появил-

ся нетрадиционный тип перемещения населения, сходный с другими странами в связи с изменением уклада жизни монголов-кочевников, связанного с социально-экономическим развитием страны. Экономический кризис переходного периода от плановой экономики к рыночной стал главным фактором, подтолкнувшим людей к притоку населения в города из сельской местности в поисках работы.

Необходимо отметить, что по мере развития промышленного производства, а также изменения традиционной структуры экономики по стране в целом, экономическим районам и аймакам, интенсивность и направление миграционных процессов также изменились. Так, еще в условиях прошлой плановой и формирующейся современной рыночной экономики промышленное производство Монголии получило большое развитие, благодаря братской помощи СССР и России, прежде всего в Улан-Баторском, Центральном и других экономических районах. К ним относится легкая, пищевая и горнодобывающая промышленность. Появились новые города и поселки городского типа. По мере концентрации населения в городах изменилась структура сельского хозяйства: появились зерновые производства в Селенгинском, Орхонском и Булганском аймаках наряду с традиционным животноводством [8]. В настоящее время наблюдается оживление экономических процессов в приграничных с Россией регионах Монголии. Все эти экономические процессы приводят к перераспределению трудовых ресурсов: к уменьшению доли скотоводов в пользу новых современных отраслей промышленного производства и сельского хозяйства. Они и являются основными факторами миграции населения на фоне увеличения безработицы и снижения уровня жизни населения. Соответственно, меняются образ жизни и быт кочевого народа монгольских степей.

Следует подчеркнуть, что до 70% мигрантов Монголии, как и Бурятии, составляют молодежь и взрослое население до 35 лет. Экономические и демографические последствия миграционных процессов имеют и положительный, и отрицательный характер. Для районов прибытия мигрантов – это безусловно положительный фактор, если иметь в виду мобильные, грамотные трудовые ресурсы и повышение демографического потенциала. Для районов же выбытия мигрантов – это целый комплекс экономических и социальных проблем: потеря высокопроизводительных трудовых ресурсов, деформация возрастной структуры населения (старение населения, повышение смертности, снижение рождаемости и т.д.), уменьшение демографического потенциала и др.

Анализ статистики показывает, что в 1980–2016 гг. практически во всех пяти экономических районах [8, 9], за исключением Улан-Баторского, отток населения превышает приток мигрантов (рис. 1).

Характер и уровень социально-экономического развития экономических районов Монголии различные. Более высокий уровень развития характерен для Улан-Баторского и Центрального районов, в отличие от слаборазвитых Западного и Восточного, в то время как Хангайский район занимает промежуточное положение.

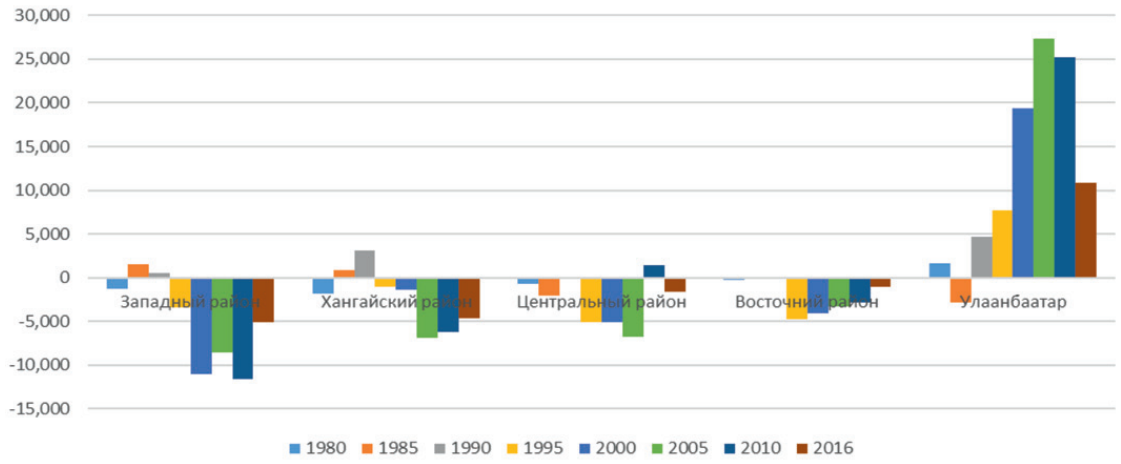


Рис. 1. Сальдо миграции населения по экономическим районам Монголии

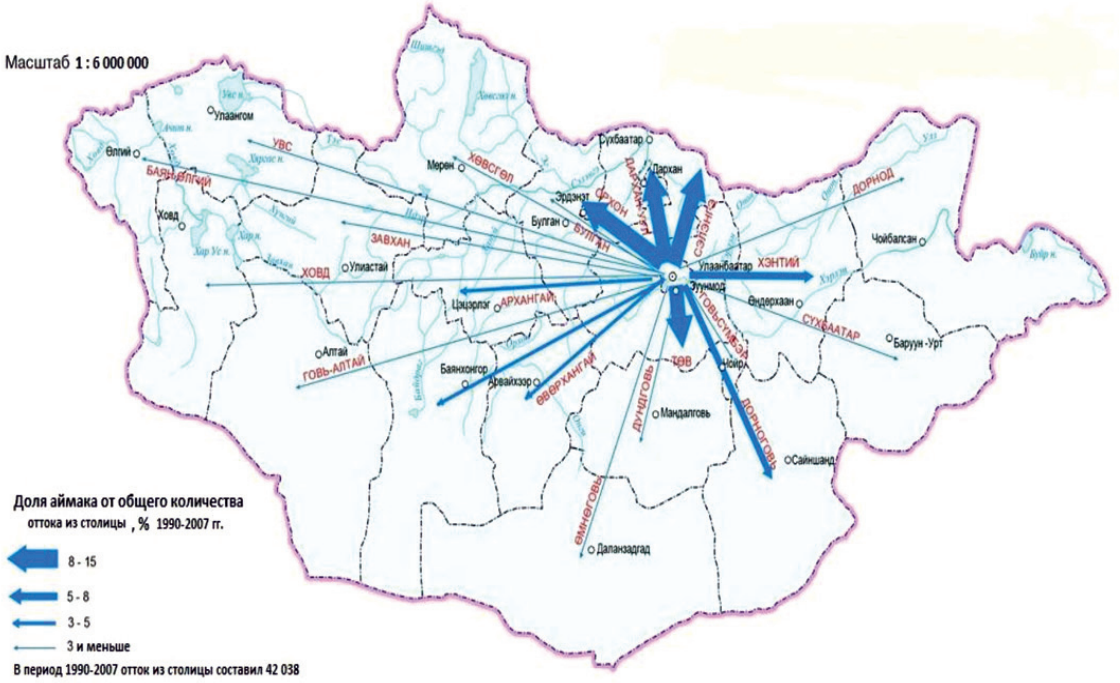


Рис. 2. Миграционные оттоки из столицы

К тому же структура экономики районов также различная: наиболее современная и многоотраслевая характерна для высокоразвитых, наименее – для слаборазвитых. В полиэтническом Западном районе население традиционно занимается не только животноводством, но и плодоводством и бахчеводством, в отличие от Восточного, где основным производством продолжает оставаться традиционное кочевое животноводство [8]. К тому же последний наименее заселенный район, чем Западный, Хангайский, Центральный и Улан-Баторский районы (соответственно плотность населения 0,8; 1,0; 1,5; 1,1; 311,3 чел./км^2).

Все сказанное в совокупности оказывает прямое влияние на миграционные процессы. Много общих с Россией закономерностей, таких как устремление мигрантов, прежде всего, в столичный центр. Так, основной поток мигрантов Монголии многоступенчатый: мигранты сначала направляются в аймачные центры, затем или сразу в г. Улан-Батор, а оттуда – за пределы страны.

Отличительная черта миграционных процессов Монголии – устремление мигрантов в развивающуюся приграничную с Россией зону (рис. 2).

Основными факторами внутренней миграции в современном монгольском обществе являются:

– потеря основного источника существования, а именно поголовья скота, как «движимого имущества» кочевника;

– ограниченность сфер занятости в аймаках (районах) создает высокий уровень безработицы;

– ухудшение качества образования во многих сельских школах подталкивает родителей перемещаться вместе с детьми в аймачные (районные) центры или города для получения более качественного образования;

– ограниченная доступность социальных услуг и медицинской помощи в самонах и багах;

– отсутствие электрической сети, средств связи и транспортных услуг в периферийных территориях. Так по данным Национального Департамента статистики Монголии не подключены еще к электрическим сетям 130 сомонов, и более 180 тыс. скотоводов не имеют пока возможности пользоваться благами цивилизации [10].

Односторонний миграционный поток в г. Улан-Батор показывает, что монгольскому правительству необходимо разработать

и проводить политику, обеспечивающую рациональное размещение населения по всей территории для устойчивого развития страны. Для устранения негативных последствий в г. Улан-Баторе и других аймаках Монголии нужна новая государственная миграционная политика.

Заключение

Проведенный анализ миграционных процессов на Монгольском плато свидетельствует об изменении экономической ситуации в развитии приграничных территорий соседних стран, приведшей к смене пространственно-временной картины перемещения населения.

Наиболее важные из них сводятся к следующему.

Экономический кризис 1990-х гг. привел к изменению интенсивности и направления миграционных процессов. Усилился отток населения с сельской местности в столичные центры, а также за пределы регионов. В связи с тем, что основную часть мигрантов составляют молодежь и конкурентоспособная часть взрослого населения до 40 лет, трудно переоценить экономические и демографические последствия миграционных процессов.

Трансформируется возрастная структура населения: повышается доля старших возрастов, приводящая к резкому уменьшению рождаемости и повышению смертности, связанных с ними социальных и экономических проблем, прежде всего в сельской местности. И, как результат, в течение последних десятилетий в Бурятии наблюдается уменьшение численности населения.

В районах выбытия уменьшается численность мобильного трудоспособного населения, необходимого для развития не только традиционных отраслей производства, но и, главное, для возникновения и расширения современных высокотехнологичных сфер труда.

Направление миграционных потоков также изменилось. В Бурятии основной поток мигрантов направлен не только в г. Улан-Удэ, но и в европейскую часть страны. В Монголии же основная часть внутренних мигрантов направляется не только в г. Улан-Батор, но и в приграничную зону, в сторону России. Внешний отток монгольских мигрантов незначителен.

Основным инструментом решения миграционных и социальных проблем является разработка территориальных комплексных программ развития регионов (включая его внутренние муниципальные образования), нацеленных на выравнивание уровня и качества жизни населения.

Список литературы / References

1. Бурятия в цифрах. 1980 г. Статистический сборник. Улан-Уде: Бурятстат, 1980. 118 с.

Buryatia in figures of 1980. Statistical collection. Ulan-Ude: Buryatstat, 1980. 118 p. (in Russian).

2. Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики РФ. [Электронный ресурс]. URL: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/population/demography/# (дата обращения: 09.01.2019).

Official site of Federal State Statistics Service of the Russian Federation. [Electronic resource]. URL: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/population/demography/# (date of access: 09.01.2019) (in Russian).

3. Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики по Республике Бурятия. [Электронный ресурс]. URL: http://burstat.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/burstat/ru/statistics (дата обращения: 09.01.2019).

Official site of Federal State Statistics Service in the Republic of Buryatia. [Electronic resource]. URL: http://burstat.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/burstat/ru/statistics (date of access: 09.01.2019) (in Russian).

4. Миграция населения Республики Бурятия. Статистический сборник № 02-03-02. Улан-Удэ: Бурятстат, 2015. 49 с.

Population shift of the Republic of Buryatia. Statistical collection № 02-03-02. Ulan-Ude: Buryatstat, 2015. 49 p. (in Russian).

5. Республика Бурятия – 80 лет: статистический сборник, юбилейный выпуск. Госкомстат Республики Бурятия. Улан-Удэ, 2003. 305 с.

Republic of Buryatia of 80 years: statistical collection, anniversary release. Goskomstat of the Republic of Buryatia. Ulan-Ude, 2003. 305 p. (in Russian).

6. Районы Республики Бурятия. Социально-экономические показатели: Статистический сборник № 01-01-16. Улан-Удэ: Бурятстат, 2010. 64 с.

Areas of the Republic of Buryatia. Socio-economic indexes: Statistical collection № 01-01-16. Ulan-Ude: Buryatstat, 2010. 64 p. (in Russian).

7. Гончиков, Ц.Д., Ковалева Н.М. Особенности миграционных процессов в Забайкалье // Трансграничные территории азиатской части России и сопредельных государств: геоэкологические и геополитические проблемы и предпосылки устойчивого развития: материалы Международной научной конференции (г. Улан-Удэ, 18–20 июня 2009 г.). Улан-Удэ: Изд-во Бурятского гос. ун-та, 2009. С. 33–35.

Gonchikov Ts.D., Kovalyova N.M. Features of migration processes in Transbaikalia//Cross-border territories of an Asian part of Russia and the adjacent states: geoenvironmental and geopolitical problems and prerequisites of sustainable development: materials of the international scientific conference (Ulan-Ude, on June 18–20, 2009). Ulan-Ude: Izd-vo Buryatskogo gos. un-ta, 2009. P. 33–35 (in Russian).

8. Официальный сайт Национального департамента статистики Монголии. URL: http://1212.mn/ErrorPage.aspx?type=datanull&url=http://1212.mn/tables.aspx?TBL_ID=DT_NSO_0300_062V1 (дата обращения: 10.01.2019).

9. Mongolian statistical information service [Electronic resource]. URL: http://1212.mn/tables.aspx?TBL_ID=DT_NSO_1001_021V1 (date of access: 10.01.2019).

10. Mongolian statistical information service [Electronic resource]. URL: http://maps.1212.mn/nso_1212/?appid=cfdd7026879940838c9d6663d7bc590c (date of access: 10.01.2019).

УДК 504.53:631.4

ЭКОЛОГО-БИОГЕОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОЧВ ГОРНО-ЛЕСНОГО ПОЯСА БАССЕЙНА ТЕЛЕЦКОГО ОЗЕРА

[1,2]Ельчининова О.А., [1,2]Кузнецова О.В., [2]Рождественская Т.А., [1]Кайзер М.И., [1,2]Вышникова Т.В.

[1]Горно-Алтайский государственный университет, Горно-Алтайск, e-mail: eoa59@mail.ru;
[2]Институт водных и экологических проблем СО РАН, Барнаул, e-mail: rtamara@iwep.ru

Исследовано содержание биогенных (Cu, Zn, Mn) и токсичных (Pb, Cd) элементов в гумусово-аккумулятивных горизонтах горно-лесных почв (бурых и серых), надземной фитомассе и корнях растений, отобранных на участках, сопряженных с почвенными разрезами, и лесной подстилке бассейна Телецкого озера. Установлено, что наибольшей подвижностью в исследуемых типах почв обладает кадмий (26,9–30,9%), наименьшей и примерно одинаковой – биогенные элементы: медь (3,4–5,2%) и цинк (3,2–5,3%), марганец (5,1–5,4%). Содержание подвижных форм металлов в почве находится в сильной корреляционной зависимости с валовым (для обоих типов почв r = 0,99). Определены коэффициенты биологического поглощения (< 1) и биогеохимической подвижности (< 8). Максимальные содержания элементов обнаружены в корнях и лесной подстилке. Лесная подстилка концентрирует все исследованные элементы и в дальнейшем является потенциальным источником поступления их в почву. Корневая система в большей степени препятствует поступлению в растения избытка токсикантов (Cd), чем биогенных элементов (Cu, Zn, Mn). Неодинаковое распределение свинца по частям растительных ассоциаций, произрастающих на разных типах почв, связано не только с наличием корневого барьера, но и с тем, что этот элемент поглощается растением пассивно. Концентрации исследованных элементов в почвах не превышают величин ОДК и ПДК, принятых в России и за рубежом. Уровень валового содержания свинца в почвах горно-лесного пояса характеризуется как «низкий», меди и цинка – «средний», кадмия – «высокий». Установленные значения содержания подвижных форм цинка можно отнести к таким градациям, как «низкое», меди и свинца – «среднее», кадмия – «повышенное», что свидетельствует об отсутствии загрязнения исследованных почв тяжелыми металлами.

Ключевые слова: биогенные и токсичные элементы, почвы, лесная подстилка, надземная фитомасса, корни, коэффициенты биологического поглощения и биогеохимической подвижности

ECOLOGICAL AND BIOGEOCHEMICAL ASSESSMENT OF SOILS OF THE MOUNTAIN FOREST BELT OF THE TELETSKOE LAKE BASIN

[1,2]Elchininova O.A., [1,2]Kuznetsova O.V., [2]Rozhdestvenskaya T.A., [1]Kayzer M.I., [1,2]Vyshnikova T.V.

[1]Gorno-Altaisk State University, Gorno-Altaisk, e-mail: eoa59@mail.ru;
[2]Institute for Water and Environmental Problems of SB RAS, Barnaul, e-mail: rtamara@iwep.ru

The content of biogenic (Mn, Zn, Cu) and toxic (Pb, Cd) elements in soils, aboveground phytomass, roots and litter of the mountain-forest belt (brown and gray) of the Teletskoye Lake basin were investigated. It was found that the greatest mobility in the studied soil types has cadmium (26.9–30.9%), the smallest and approximately the same biogenic elements – copper (3.4–5.2%) and zinc (3.2–5.3%), manganese (5.1–5.4%).The content of mobile forms of metals in the soil is strongly correlated with the gross (for both types of soils r = 0,99). The coefficients of biological absorption (< 1) and biogeochemical mobility (< 8) were determined. The maximum content of elements found in the forest litter. Forest litter concentrates all the studied elements and in the future is a potential source of their entry into the soil. The root system is more likely to prevent excess toxicants (CD) from entering the plant than nutrients (Cu, Zn, Mn). The unequal distribution of lead by parts of plant associations growing on different types of soil is due not only to the presence of the root barrier, but also to the fact that this element is absorbed by the plant passively. The concentrations of all the studied elements in soils did not exceed the values of the Approxible Permissible Concentrations and Maximum Allowable Concentrations adopted in Russia and abroad. The level of gross content of lead in soils of mountain-forest zone is characterized as «low», copper and zinc – «middle», cadmium – «high». The established values of the content of mobile forms of zinc can be attributed to gradations as «low», copper and lead – «middle», cadmium – «high», which indicates the absence of contamination of the studied soils with heavy metals.

Keywords: biogenic and toxic elements, soils, forest litter, overground phytomass, roots, biological absorption coefficients and biogeochemical mobility

Сложная, динамическая система «почва – растение» играет важную роль в обменных процессах, предопределяя биогеохимический круговорот, включая в пищевые цепи не только биогенные, но и токсические вещества разной биологической активности. Поэтому в экологические исследования рационально включать не только изучение почвенного покрова, но и оценивать в целом систему «почва – растение», так как буферные свойства почв и защитные возможности растений могут менять поведение металлов в экологической цепи. По выражению В.В. Добровольского [1], идеи и подходы биогеохимии весьма перспективны для развития экологии.

Экологическая оценка биохимической ситуации в лесном поясе Горного Алтая в целом дана С.Н. Балыкиным с соавторами [2, 3]. Одним из основных ре-

креационных районов Республики Алтай является бассейн Телецкого озера – объекта Всемирного природного наследия ЮНЕСКО (1998 г.). Часть его территории входит в Алтайский государственный природный биосферный заповедник (АГПБЗ), созданный в 1932 г. в целях сохранения и изучения уникального природного комплекса Телецкого озера и Прителецкой тайги. Другая часть (поселения Артыбаш, Яйлю, водопад Корбу, бассейны рек Чулышман и Башкаус) в летний период подвергаются антропогенной нагрузке в результате деятельности туристической отрасли, которая с каждым годом возрастает. Поэтому оценка современного состояния данной территории весьма актуальна и крайне необходима.

Цель исследования: эколого-биогеохимическая оценка почв горно-лесного пояса бассейна Телецкого озера.

Материалы и методы исследования

Основу почвенного покрова горно-лесного пояса бассейна Телецкого озера составляют горно-лесные бурые и горно-лесные серые почвы. Горно-лесные бурые почвы формируются под кедрово-лиственничными широкотравными или зеленомошными типами леса. Почвообразующим материалом служат продукты выветривания – в основном элювий и элювио-делювий коренных пород. Толща содержит много скелета, мелкоземистая часть тяжело- и среднесуглинистая. Органического вещества в виде грубого гумуса в верхней части профиля много (до 15%). Однако в горизонте А содержание гумуса значительно меньше и с глубиной оно убывает. Реакция среды кислая.

Горно-лесные серые почвы распространены под темнохвойными или березово-осиновыми лесами с хорошо развитым высокотравьем. Чаще всего формируются на бескарбонатных тяжелых суглинках и глинах. Содержание гумуса варьирует в широких пределах – от 4 до 10%. Горно-лесные серые почвы характеризуются слабокислой или кислой реакцией среды.

Отбор проб проводили общепринятыми в почвоведении и агрохимии методами. В настоящей работе представлены данные содержания химических элементов в гумусовом горизонте ($А_{дер}$ + А). Надземную фитомассу и подстилку отбирали с площади 1 м^2 на участках, сопряженных с почвенными разрезами. Отбор растительных проб проводили в фазу цветения, когда отмечается максимальное поступление химических элементов в надземную массу. Корни отмывали сначала в проточной воде, затем – дистиллированной. Определение содержания тяжелых металлов (марганца, меди, цинка, свинца, кадмия) проводили вольтамперометрическим методом. Подвижные формы элементов извлекали ацетатно-аммонийным буфером (pH 4,8). При обработке полученной информации использовали вариационно-статистический и корреляционный методы.

Результаты исследования и их обсуждение

Наиболее распространенным в экологической оценке почв является подход, состоящий в определении валового содержания и подвижных форм тяжелых металлов. Варьирование, как валового содержания, так и подвижных форм отдельных элементов, в почвах невелико. Максимальные содержания в почвах отмечены для биогенных элементов. В то время как токсичных элементов значительно меньше (таблица).

Содержание биогенных и токсичных элементов, мг/кг

Объект	Pb	Cd	Cu	Zn	Mn
Горно-лесная бурая почва					
Почва (В)*	9,50 ± 0,60	0,68 ± 0,06	17,30 ± 1,20	58,7 ± 6,10	468,6 ± 36,4
Почва (П)**	0,52 ± 0,04	0,21 ± 0,01	0,60 ± 0,06	1,9 ± 0,14	25,5 ± 2,3
Корни	0,89 ± 0,06	0,18 ± 0,02	0,71 ± 0,06	10,2 ± 0,99	34,7 ± 2,6
Подстилка	0,45 ± 0,03	0,14 ± 0,01	4,42 ± 0,36	15,1 ± 1,13	140,9 ± 11,7
Надземная масса	0,20 ± 0,01	0,01 ± 0,00	2,44 ± 0,26	11,2 ± 1,08	61,5 ± 5,9
Горно-лесная серая почва					
Почва (В)	7,70 ± 0,70	0,93 ± 0,09	13,60 ± 1,40	31,9 ± 2,90	535,0 ± 47,1
Почва (П)	0,97 ± 0,06	0,25 ± 0,01	0,70 ± 0,06	1,7 ± 0,15	27,6 ± 2,03
Корни	0,36 ± 0,03	0,01 ± 0,00	2,20 ± 0,19	8,0 ± 0,57	125,6 ± 10,9
Подстилка	0,71 ± 0,07	0,18 ± 0,00	8,70 ± 0,09	11,6 ± 1,01	103,3 ± 9,4
Надземная масса	0,68 ± 0,07	0,12 ± 0,01	3,30 ± 0,02	5,7 ± 0,47	21,0 ± 1,9

Примечание. * – валовое содержание; ** – содержание подвижных форм, извлеченных ацетатно-аммонийным буфером (pH 4,8).

Содержание подвижных форм металлов в почве находится в сильной корреляционной зависимости с валовым (для обоих типов почв r = 0,99). Степень подвижности – это условный показатель доступности растениям микроэлементов-металлов. Содержание подвижных форм тяжелых металлов подвержено сильным колебаниям, что определяется составом и свойствами почв, влиянием растений, а также свойствами конкретного элемента. В исследованных почвах степень подвижности сильно варьирует. Наибольшей подвижностью в исследуемых типах почв обладает кадмий (26,9–30,9 %), наименьшей и примерно одинаковой – медь (3,4–5,2 %) и цинк (3,2–5,3 %). Что согласуется с данными, приведенными В.Б. Ильиным [4] для незагрязненных лесных почв Западной Сибири. Подвижность марганца составляет 5,1–5,4 %.

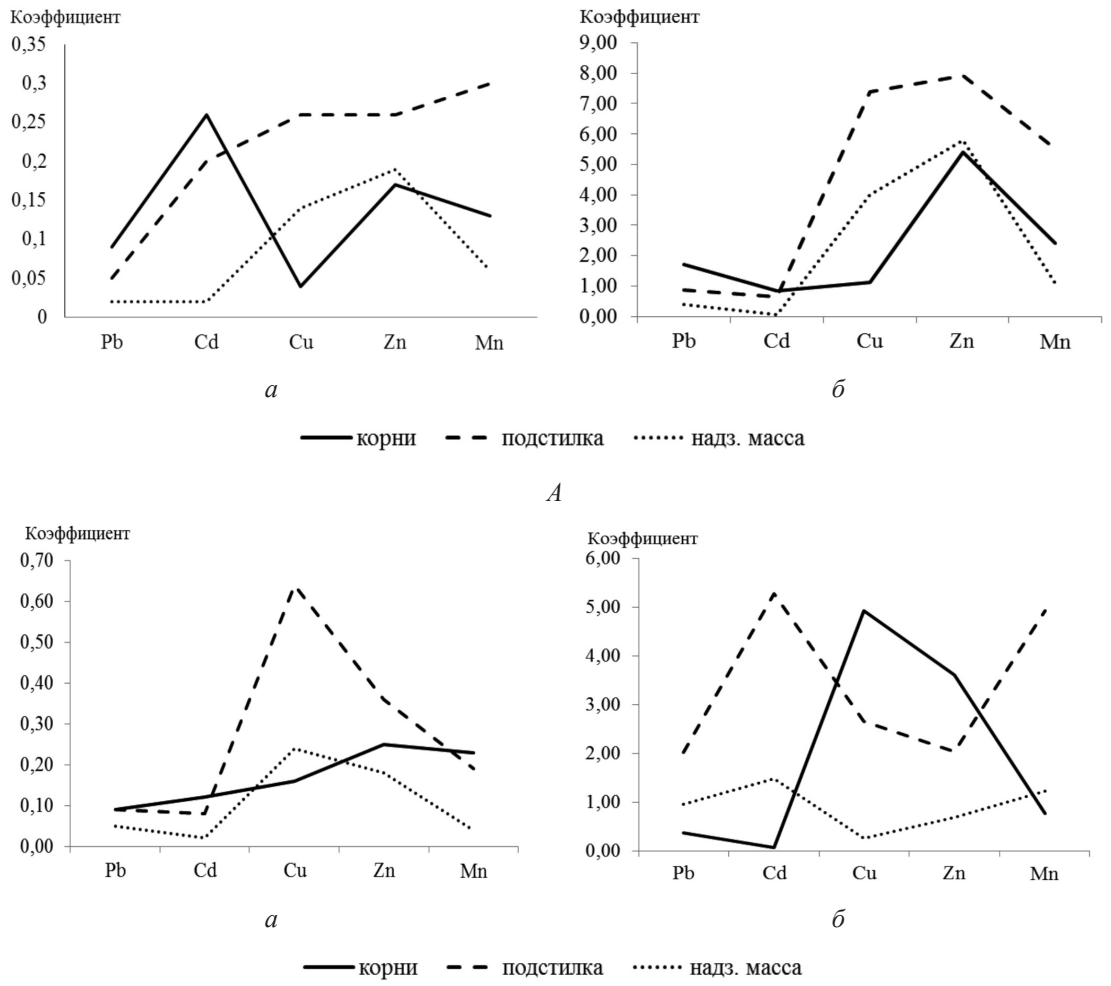
По шкале экологического нормирования для почв со слабокислой реакцией среды по А.И. Обухову [5] уровень валового содержания свинца в почвах горно-лесного пояса характеризуется как «низкий», меди и цинка – «средний», кадмия – «высокий». Установленные значения содержания подвижных форм цинка можно отнести к градациям как «низкое», меди и свинца – «среднее», кадмия – «повышенное». Выше изложенное свидетельствует об отсутствии загрязнения исследованных типов почв тяжелыми металлами.

Содержание в почве химических элементов и сопряженная с этим транслокация их в растения – сложный процесс, на который влияют множество факторов. Снижение содержания элементов в растениях является свидетельством ограниченного поглощения их последними в связи с наличием физиолого-биохимических барьеров поглощения и достаточно низкой подвижностью микроэлементов.

Корневая система в большей степени препятствует поступлению в растения избытка токсикантов (Pb, Cd), чем биогенных элементов (Cu, Zn, Mn). Способность корневой системы растений задерживать избыточные ионы обусловлена совокупным действием морфологических структур и химических реакций неспецифической природы, к которым относится поясок Каспари, обменная емкость корней, многочисленные органические соединения, образующие с элементами малоподвижные соединения. Корень способствует механической задержке или адсорбции на стенках клеток, уменьшению их подвижности или изоляции [4]. Вид растительности и тип их корневой системы достаточно сильно влияют на накопление одного и того же элемента в корнях.

Уровень концентрации химических элементов в надземной части растений контролируется процессами их транспорта из корневой системы. Ограничение процессов транслокации в вегетативные органы можно оценить, сравнивая аккумулирующую способность корневой и надземной частей растений. Оно, как правило, имеет место в условиях природного или техногенного загрязнения. При отсутствии же загрязнения механизмы корневой защиты не вступают в действие и возможно специфическое распределение элемента по органам и тканям растений. Так, содержание биогенных элементов (марганца и меди) в корневой системе ниже, чем в надземной массе. Цинк распределяется практически равномерно между надземной и подземной массой. Токсичных же элементов (свинца и кадмия) в корнях растительности, развитой на горно-лесной бурой почве, накапливается больше, чем в надземной массе.

При изучении поведения химических элементов в лесных ландшафтах подстилки имеют наиболее важное значение из всех компонентов. Активные биогеохимические процессы, протекающие в подстилках, из-за постоянно поступающего органического материала, высокие депонентные свойства по отношению к выпадающим из атмосферы химическим компонентам – все эти качества ставят лесные подстилки в ряд природных объектов, играющих исключительную роль биогеохимического барьера на пути миграции элементов в лесных ландшафтах [6]. При рассмотрении концентраций элементов в подстилке горно-лесных серых и бурых почв, необходимо учитывать соотношение лиственных и хвойных пород, меньшую скорость деструкции хвои и способность накапливать тот или иной химический элемент. Например, в хвое содержание биогенных элементов выше, чем в листьях. Поэтому лесная подстилка, образующаяся на горно-лесной бурой почве, сформированной под кедрово-лиственничными лесами, содержит больше марганца и цинка, чем подстилка, образованная на горно-лесной серой почве под березово-осиновыми лесами.



Коэффициенты биологического поглощения (а) и биогеохимической подвижности (б) элементов в горно-лесной серой (А) и горно-лесной бурой почвах (Б)

Распределение металлов в системе «почва – растение» зависит от различных условий. Количественно степень взаимосвязи химических элементов в этой системе и характеристика региональных биогеохимических особенностей выражается коэффициентом биологического поглощения, который представляет собой отношение содержания элементов в золе растений к их валовому содержанию в почве, на которой произрастает данное растение. Коэффициент биологического поглощения отражает скорее потенциальную биогеохимическую подвижность элементов. Доступность и степень использования растениями того или иного элемента характеризуется коэффициентом биогеохимической подвижности. Это отношение содержания элементов в растении к содержанию подвижных форм элементов в почве. Величины рассчитанных коэффициентов представлены на рисунке.

Максимальные коэффициенты биологического поглощения и биогеохимической подвижности выявлены для биогенных элементов, минимальные – для токсичных. По величине коэффициента биологического поглощения отдельные части растительных ассоциаций на обоих типах почв можно расположить в следующие убывающие ряды: для биогенных элементов – лесная подстилка > корни > надземная масса; для токсичных элементов – корни ≥ лесная подстилка > надземная масса. Соотношение содержаний подвижных форм элементов в гумусово-аккумулятив-

ных горизонтах почв и сухом веществе разных частей растительных ассоциаций различается в десятки раз. Концентрация как биогенных, так и токсичных элементов, за исключением свинца в горно-лесной серой почве, в сухой массе корней превышает содержание их доступных форм в почве. В надземной массе растений концентрируются только биогенные элементы, а содержание токсичных по сравнению с почвой снижается. На более активное поглощение подвижных форм меди и марганца в лесных ландшафтах Центрально-лесного государственного природного биосферного заповедника указывают П.Р. Енчилик, Е.Н. Асеева, И.Н. Семенков [7].

По данным этих же авторов, с увеличением увлажненности ландшафтов усиливается и поглощение цинка. Исследованная территория характеризуется повышенным атмосферным увлажнением (в Прителецкой тайге может выпадать до 1000 мм осадков в год). Кроме того, горно-лесные бурые и горно-лесные серые почвы, формирующиеся под пологом лесной растительности, практически постоянно находятся в состоянии повышенной увлажненности. Вышесказанное относится к незагрязненным территориям. В условиях же техногенного загрязнения содержание цинка в корнях может почти в 3 раза превышать его содержание в стеблях и листьях [8].

Для кадмия характерно акропетальное распределение по органам растения. Ведущую роль здесь играет корневой барьер, поэтому транслокация в надземные органы слабая [9]. На поведение свинца в системе «почва – растение» оказывает влияние не только наличие корневого барьера, но и тот факт, что этот элемент поглощается растением пассивно. Этим, вероятно, можно объяснить неодинаковое распределение токсиканта по частям растительных ассоциаций, произрастающих на разных типах почв. В горно-лесных бурых почвах при более кислой реакции среды свинец поглощается интенсивнее, но большая часть его локализуется в корнях. В горно-лесных серых почвах с менее кислой реакцией элемент поглощается из почвы слабее и значительная доля его накапливается в надземной массе.

Лесная подстилка концентрирует все исследованные элементы и в дальнейшем является потенциальным источником поступления их в почву. Для лесной подстилки отмечены максимальные показатели коэффициентов биологического поглощения и биогеохимической подвижности.

Заключение

Уровень валового содержания свинца в почвах горно-лесного пояса характеризуется как «низкий», меди и цинка – «средний», кадмия – «высокий». Установленные значения содержания подвижных форм цинка можно отнести к таким градациям, как «низкое», меди и свинца – «среднее», кадмия – «повышенное», что свидетельствует об отсутствии загрязнения исследованных почв тяжелыми металлами. Наибольшей подвижностью в исследуемых типах почв обладает кадмий (26,9–30,9 %), наименьшей и примерно одинаковой биогенные элементы – медь (3,4–5,2 %), цинк (3,2–5,3 %), марганец (5,1–5,4 %). Концентрации исследованных элементов в почвах не превышают величин ОДК и ПДК, принятых в России и за рубежом. Максимальные концентрации токсичных элементов обнаружены в корнях растений, биогенных – в лесной подстилке и надземной массе. По величине коэффициента биологического поглощения отдельные части растительных ассоциаций на исследованных типах почв можно расположить в следующие убывающие ряды: для биогенных элементов – лесная подстилка > корни > надземная масса; для токсичных элементов – корни ≥ лесная подстилка > надземная масса.

Полученные сведения о местном фоновом содержании биогенных и токсичных элементов в почвах и растительности имеют важное практическое значение – их можно использовать в качестве начальной точки отсчета при возможном антропогенном загрязнении.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (18-45-040008).

Список литературы / References

1. Добровольский В.В. Основы биогеохимии. М.: Издательский центр «Академия», 2003. 400 с.

Dobrovolsky V.V. Basics of biogeochemistry. M.: Izdatel`skij centr «Akademiya», 2003. 400 p. (in Russian).

2. Балыкин С.Н., Ключников М.В. Почвы лиственничных лесов Горного Алтая // Мир науки, культуры, образования. 2009. № 1 (13). С. 20–22.

Balykin S.N., Kluchnikov M.V. The Larch Forest Soils of Mountain Altai // The world of science, culture and education. 2009. № 1 (13). P. 20–22 (in Russian).

3. Балыкин С.Н., Пузанов А.В. Экологическая оценка биохимической ситуации в лесном поясе Горного Алтая // Регионы нового освоения: экологические проблемы, пути их решения: материалы Межрегиональной научно-практической конференции. 2008. С. 11–14.

Balykin S.N., Puzanov A.V. Ecological assessment of the biochemical situation in the forest belt of the Altai Mountains// Regions of new development: environmental problems, ways to solve them. Materials of the Interregional scientific and practical conference. 2008. P. 11–14 (in Russian).

4. Ильин В.Б. Тяжелые металлы и неметаллы в системе почва – растения. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2012. 219 с.

Ilin V. B. Heavy metals and nonmetals in the soil – plant system. Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, 2012. 219 p. (in Russian).

5. Обухов А.И., Ефремова Л.А. Охрана и рекультивация почв, загрязненных тяжелыми металлами. // Тяжелые металлы в окружающей среде и охрана природы: тезисы докладов 2-й Всесоюзной конференции. Ч. 1. М., 1988. С. 23.

Obukhov A.I., Efremova L.A. Soil conservation, remediation of soils contaminated with heavy metals // Heavy metals in the environment and nature protection: theses of reports of the 2nd All-Union conference. P. 1. M., 1988. P. 23 (in Russian).

6. Щербов Б.Л. Роль лесной подстилки в миграции химических элементов и искусственных радионуклидов при лесных пожарах в Сибири // Сибирский экологический журнал. 2012. Т. 19. № 2. С. 253–265.

Shcherbov B.L. The role of forest floor in migration of metals and artificial nuclides during forest fires in Siberia // Contemporary Problems of Ecology. 2012. V. 5. № 2. P. 191–199. DOI: 10.1134/S1995425512020114.

7. Енчилик П.Р., Асеева Е.Н., Семенков И.Н. Биологическое поглощение и биогеохимическая подвижность микроэлементов в лесных ландшафтах Центрально-Лесного государственного природного биосферного заповедника // Проблемы региональной экологии. 2018. № 4. С. 93–98. DOI: 10.24411/1728-323X-2018-14093.

Enchilik P.R., Aseeva E.N., Semenkov I.N. Biological uptake and biogeochemical mobility of microelements in forest landscapes of the Central Forest State Biosphere Nature Reserve // Regional environmental issues. 2018. № 4. P. 93–98 (in Russian).

8. Черняхов В.Б., Щеглова Е.Г. Основные параметры распределения микроэлементов (Zn, Pb, Ag, Mo и Co) в растительном покрове Яман-Касинского медноколчеданного месторождения // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2016. № 4 (60). С. 162–164.

Chernyahov V.B., Shcheglova E.G. Basic parameters of distribution of trace elements (Zn, Pb, Ag, Mo and Co) in the vegetation cover of the Yaman-Kasin copper-plated Deposit // Izvestiia Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2016. № 4 (60). P. 162–164 (in Russian).

9. Kabata-Pendias A. Trace Elements in Soils and Plants. 4rd ed. CRC Press, 2011. 534 p.

УДК 550.8.05:510.644

СПОСОБЫ ПОСТРОЕНИЯ ФУНКЦИЙ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ НЕЧЕТКИХ ВЕЛИЧИН И НЕЧЕТКИХ ОТНОШЕНИЙ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИХ, ПРОМЫСЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ

Кобрунов А.И., Мотрюк Е.Н.

ФГБОУ ВО «Ухтинский государственный технический университет», Ухта, e-mail: kmotryuk@yandex.ru

В статье рассматривается применение методов нечеткого моделирования для оценки неопределенности геолого-геофизических, промысловых параметров. Необходимость применения данного аппарата связана с тем, что различные фрагменты прогнозируемой модели месторождения определяются с различной степенью надежности. Неучет этих обстоятельств повышает технико-экономические риски принятия решений о проекте разработки залежей и требует объективной оценки меры информационной обеспеченности выполненных построений. В связи с этим предлагается строить нечеткие петрофизические модели с оценкой достоверности компонент прогнозируемой модели. Построение модели включает несколько этапов, один из которых – дефазификация данных и отношений, заключающаяся в том, что с имеющимися данными сопоставляется численное значение меры доверия, выраженное в функции принадлежности. Разработаны способы построения функций принадлежности нечетких величин и нечетких отношений изучаемых параметров. Построение функции принадлежности происходит на основе карт плотностей, в которых учитывается неоднородность имеющейся информации. На основе теоретических и практических исследований наилучшим образом определяющей меру доверия является экспоненциальная функция принадлежности, выведенная из уравнения диффузии в однородной бесконечной среде с заданными начальными условиями с использованием метода Грина. В статье описан также способ выбора эффективного параметра для этих функций. При его выборе следует ориентироваться на то, чтобы поле рассеяния для моделируемой функции принадлежности покрывало исходный полигон данных на 90%. Приведен пример построения функции принадлежности для зависимости пористость по ГИС – пористость по керну и данных пористости по ГИС.

Ключевые слова: нечеткие модели, моделирование, функция принадлежности, фазификация, прогноз неопределенности, геолого-геофизические параметры, нечеткие величины, нечеткие отношения

WAYS OF CONSTRUCTING MEMBERSHIP FUNCTIONS OF FUZZY VALUES AND FUZZY RELATIONS OF GEOLOGICAL, GEOPHYSICAL, FIELD PARAMETERS

Kobrunov A.I., Motryuk E.N.

Ukhta State Technical University, Ukhta, e-mail: kmotryuk@yandex.ru

The article discusses the use of fuzzy modeling methods for estimating the uncertainty of geological, geophysical, field parameters. The necessity of using this device is due to the fact that different fragments of the predicted model of the field are determined with varying degrees of reliability. Not taking into account these circumstances increases the technical and economic risks of making decisions about the project to develop deposits and requires an objective assessment of the information security measure of the performed constructions. In this regard, it is proposed to build fuzzy petrophysical models with an assessment of the reliability of the components of the predicted model. The construction of the model involves several stages, one of which is the de-phasing of data and relationships, which consists in matching the numerical value of the confidence measure expressed in the membership function to the available data. Methods for constructing membership functions of fuzzy variables and fuzzy relations of the parameters under study have been developed. The construction of the membership function occurs on the basis of density maps, which take into account the heterogeneity of the available information. Based on theoretical and practical research, the best determining confidence measure is the exponential membership function derived from the diffusion equation in a homogeneous infinite medium with given initial conditions using the Green method. The article also describes a method for choosing an effective parameter for these functions. When choosing it, one should be guided by the fact that the stray field for the modeled membership function covers the initial data polygon by 90%. An example is given of constructing the membership function for the dependence of GIS porosity – porosity on core and GIS porosity data.

Keywords: fuzzy models, modeling, membership function, phasing, uncertainty forecast, geological and geophysical parameters, fuzzy values, fuzzy relations

При проектировании схемы разработки месторождения используется построенная геолого-промысловая модель месторождения, основанная на структурно-фациальной и тектонической компонентах модели месторождения. Различная степень обеспеченности реальными данными, неполнота для отдельных измеренных и используемых при прогнозировании значений параметров геофизических исследований скважин (ГИС) приводит к тому, что различные фрагменты прогнозируемой модели определяются с различной степенью надежности. Неучет этих обстоятельств повышает технико-экономические риски принятия решений о проекте разработки залежей и требует объективной

оценки меры информационной обеспеченности выполненных построений. Петрофизические модели обычно описываются регрессионными уравнениями, в которых сложно учесть неоднородность, нечеткость данных, присущих геолого-геофизическим параметрам. Решение этой задачи требует другого подхода и нового аппарата анализа данных.

Цель исследования: разработка способов построения функций принадлежности нечетких величин и нечетких отношений геолого-геофизических, промысловых параметров с использованием методов нечеткого моделирования, основы которых изложены в [1–3]. Это позволит оценивать меру неопределенности параметров при проведении прогноза и учитывать полученные результаты при разработке схем проектирования месторождений.

Материалы и методы исследования

Материалом для исследования являются геолого-геофизические, промысловые параметры, а методами исследования – аппарат теории нечетких множеств [4, 5].

Результаты исследования и их обсуждение

Первый этап прогнозирования параметров геологической модели – фазификация данных – на основе нечетких данных и нечетких отношений между переменными состоит в том, что экспериментальные данные о параметрах среды и петрофизические модели представляются в форме нечетких величин и нечетких отношений.

Фазификация отношений состоит в выражении зависимостей между нечеткими параметрами – переменными, в форме нечетких отношений. Исходными данными формирования функции принадлежности $\mu(\mathbf{x},\mathbf{y}),\mu(\mathbf{y},\mathbf{h}),....\mu(\xi,\mathbf{z})$ для отношения между нечеткими величинами $(\mathbf{x},\mathbf{y}),...$ служат результаты измеренных пар значений $\mathbf{s}_i=(\mathbf{x}_i,\mathbf{y}_i);\mathbf{g}_j=(\mathbf{y}_j,\mathbf{h}_j)$ для всех из рассматриваемых отношений. Для определенности выберем задачу установления отношения между нечеткими величинами **x** и **y** на основе эксперимента $\mathfrak{A}$ приведшего к результатам $\mathbf{s}_i=(\mathbf{x}_i,\mathbf{y}_i)$, где число измерений равно *n*. Рассмотрения автоматически переносятся на любые другие пары. Пусть, например, **x** – экспериментально измеренная пористость по данным ГИС, **y** – пористость того же образца по керну. Полигон данных $\mathfrak{A}$, полученных в результате измерений $\mathbf{s}_i=(\mathbf{x}_i,\mathbf{y}_i)$, приведен на рис. 1, а. Картой плотности данных, или полем рассеяния для связи между параметрами называется сетка, значений плотности данных в каждой ячейке вычисляемых по правилу

$$P_{ij}=M_{ij}/n, \tag{1}$$

где M_{ij} – количество значений, попавших в ячейку, а *n* – количество всех измеренных значений (рис. 1, б).

Выбор аналитического вида функции принадлежности одновременно означает формирование гипотезы о причинах рассеяния экспериментальных данных в облако, для которого, конечно, можно вычислить и центр, и разброс, но оно само по себе несет еще скрытую информацию о характере неоднородности среды, приведшей к рассеянию экспериментальных данных [6, 7]. Экспоненциальная модель для нахождения аналитического вида функции принадлежности определяется из уравнения диффузии в однородной бесконечной среде с заданными начальными условиями с использованием метода Грина. Среда состоит из совокупности частей, различающихся между собой одновременными наборами параметров $\mathbf{s}\in\mathbf{S}$. Плотность концентрации элементов в этой смеси характеризуется функцией концентрации μ(**s**). Искомая функция принадлежности $\mu_{\mathfrak{A}}(\mathbf{s})$ – это итог диффузии μ(**s**), происходящей с некоторым коэффициентом *a*, и длящейся некоторое время τ $\mu_{\mathfrak{A}}(\mathbf{s})=\mu(\mathbf{s},\tau)$. Решение принимает вид

$$A[\mu(\mathbf{s}),\tau]=\frac{1}{\left(\sqrt{\pi}\zeta\right)}\int_{\mathbf{s}}\mu(\xi,\zeta_0)\cdot\exp\left(-\frac{|\mathbf{s}-\xi|^2}{\zeta^2}\right)d\xi=\mu(\mathbf{s},\tau)=\mu_{\mathfrak{A}}(\mathbf{s}),$$
$$\zeta=2a\sqrt{\tau}, \tag{2}$$

ζ – эффективный параметр рассеяния для моделируемой функции принадлежности $\mu_{\mathfrak{A}}(\mathbf{s})$; $\mu(\xi,\zeta_0)$ – стартовое распределение источников информации, которому приписывается стартовый параметр рассеяния ζ_0, относительно которого далее происходит выбор эффективного параметра рассеяния. Практический выбор $\mu(\xi,\zeta_0)$, определен плотностью источников поля рассеяния.

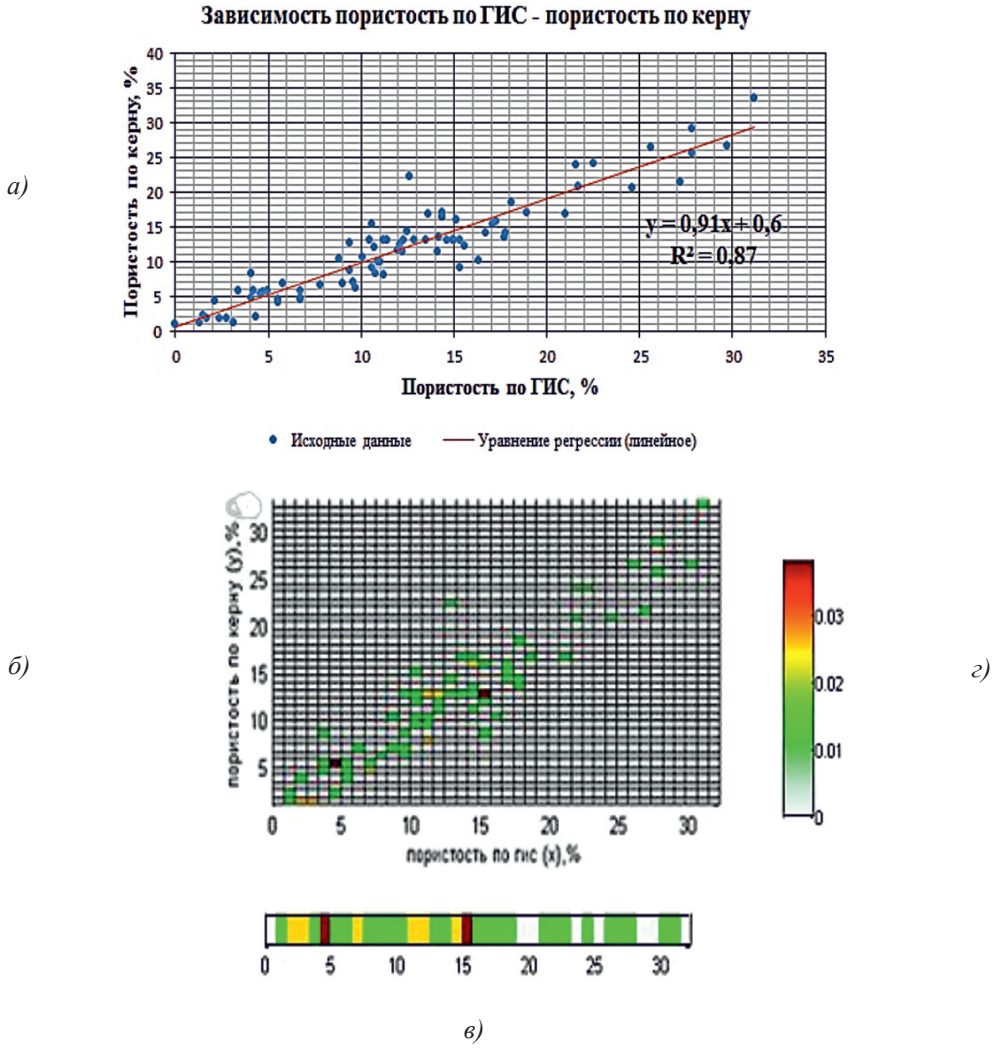


Рис. 1. Полигон данных $\mathfrak{A}$: а) зависимость «пористость по ГИС – пористость по керну» и соответствующая ей карта плотности; б) поле рассеяния для связи между параметрами; в) легенда по параметру количества данных, попавших в ячейку, г) легенда по максимальным значениям по оси Y на выбранном интервале по оси X

Определим значения $\mu_{\mathfrak{A}}^{\varepsilon}(\mathbf{s}) = \dfrac{\mathfrak{A}^{\varepsilon}(\mathbf{s})}{\max\limits_{\mathbf{s}}\left[\mathfrak{A}^{\varepsilon}(\mathbf{s})\right]}$ по введенной сетке $\bigcup\limits_{i}\Delta S_i, = S; \bigcap\limits_{i\neq j}.\Delta S_i = \varnothing$.

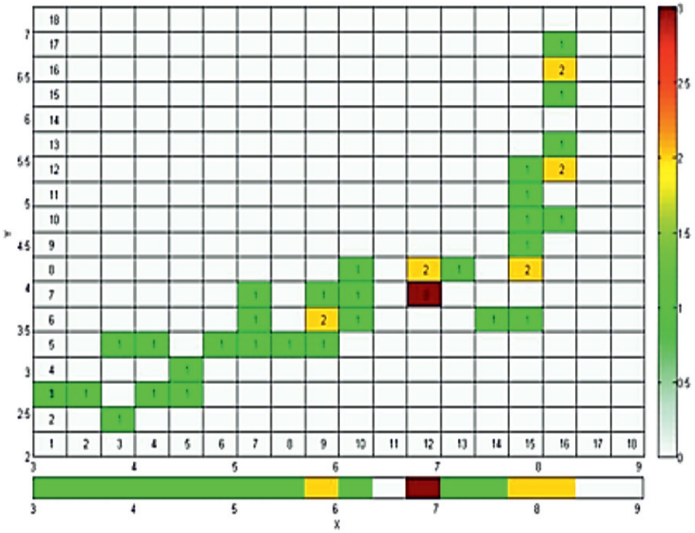
Функция $\mu_{\mathfrak{A}}^{\varepsilon}(\mathbf{s})$ суть значения в ячейках ΔS_i нормированной функции рассеяния $\mathfrak{A}^{\varepsilon}(\mathbf{s})$. Таким образом, правая часть в (2) – это набор дискретных значений по ячейкам ΔS_i, так же как и искомая $\mu_{\mathfrak{A}}^{\varepsilon}(\xi, \zeta_{ext})$. Принцип компактификации источников формулируется как выбор такого распределения источников $\mathfrak{A}^{\min}(\mathbf{s}^k), \mathbf{s}^k \subset \Delta S_k$ и ей соответствующей функции принадлежности с $\mu_{\mathfrak{A}}^{\min}(\mathbf{s})$, которые характеризуются минимальным числом K носителей (ненулевых значений $\mathfrak{A}^{\min}(\mathbf{s}^k)$ в покрытии ΔS_k), выбранной сеткой фазового пространства S, при условии приближенного выполнения соотношения (2). Это соответствует задаче целочисленного программирования:

$$\left\| \frac{1}{\left(\sqrt{\pi}\zeta\right)} \max_{k=1\div K}\left[\mu_{\mathfrak{A}}^{\min}(\mathbf{s}_i)\cdot\exp\left(-\frac{|\mathbf{s}-\mathbf{s}_i|^2}{\zeta^2}\right)\right] - \mu_{\mathfrak{A}}^{\varepsilon}(\mathbf{s}) \right\|^2 \leq \varepsilon, \qquad (3)$$

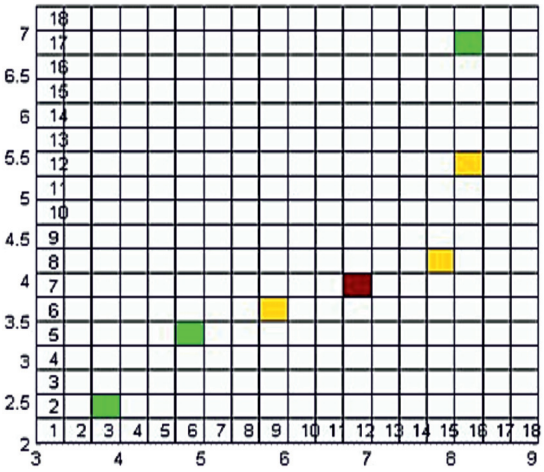
$$K \to \min.$$

Ее решение выполняется численно, перебором значений K от максимального, определенного построенными значениями $\mathfrak{A}^{\varepsilon}(\mathbf{s})$, в ячейках сетки $\bigcup_i \Delta S_i, = S; \bigcap_{i \neq j} .\Delta S_i = \varnothing$, до минимального, при котором условие неравенства еще выполняется. Результат решения $\mu_{\mathfrak{A}}^{\min}(\mathbf{s}_k), k = 1 \div K$ называется картой плотности источников данных или полем источников данных. Алгоритм построения карты источников, плотности данных называется алгоритмом сжатия информации на основе уравнения (2). Исходя из карты плотности, источников поля рассеяния, могут быть получены параметризованные эффективным параметром рассеяния ζ модели функции принадлежности для характеристики нечеткого отношения.

Для приведенного на рис. 1, а, примера полигона данных и ему соответствующей карты плотности данных (поля рассеяния), его сопоставление с соответствующей картой плотности источников поля рассеяния приведено на рис. 2.



а)



б)

Рис. 2. Сопоставление карты плотности (а) и карты источников плотности для поля рассеяния данных (б)

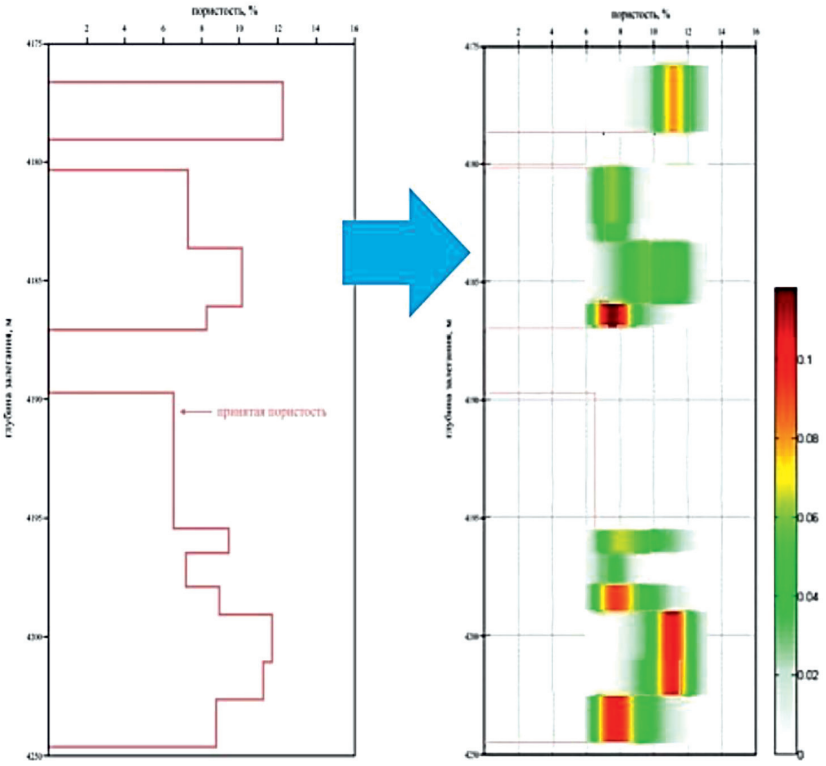


Рис. 3. Преобразование прогнозных данных по ГИС в функции принадлежности

Переход к плотности источников поля рассеяния позволяет существенно снизить размерность величин.

Основываясь на полученной карте плотности источников $\mu_{\mathfrak{A}}^{\min}(\mathbf{s})$, по формуле

$$\max_{k=1\div K}\frac{1}{\left(\sqrt{\pi}\zeta\right)}\mu_{\mathfrak{A}}^{\min}(\mathbf{s}_i)\cdot\exp\left(-\frac{|\mathbf{s}-\mathbf{s}_i|^2}{\zeta^2}\right)=\mu_{\mathfrak{A}}^{\varepsilon}(\mathbf{s},\zeta) \quad (4)$$

рассчитываются параметризованные эффективным параметром поглощения ζ функции принадлежности $\mu_{\mathfrak{A}}^{\varepsilon}(\mathbf{s},\zeta)$ для исходных данных $\mathfrak{A}$, соответствующие разной степени рассеянности, контролируемой значением коэффициента (параметра) эффективного рассеяния ζ. Выполняя моделирование функции принадлежности на фазовом пространстве S, по параметру эффективного рассеяния ζ, на основе суперпозиции функций принадлежности, построенных по полю рассеяния с минимальным числом носителей, следует учитывать изменчивость параметра ζ, в зависимости от относительной плотности источника в ячейках для поля рассеяния $\mathfrak{A}^{\varepsilon}(\mathbf{s})$. В этом случае соотношение (4) должно быть обобщено:

$$\max_{k=1\div K}\frac{1}{\left(\sqrt{\pi}\zeta_k\right)}\mu_{\mathfrak{A}}^{\min}(\mathbf{s}_k)\cdot\exp\left(-\frac{|\mathbf{s}-\mathbf{s}_k|^2}{\zeta_k^{\,2}}\right)=\mu_{\mathfrak{A}}^{\varepsilon}(\mathbf{s},\zeta). \quad (5)$$

При выборе ζ следует ориентироваться на то, чтобы поле рассеяния для моделируемой функции принадлежности покрывает исходный полигон данных на 90%. Мера покрытия полем рассеяния исходного полигона служит критерием для подбора эффективного параметра рассеяния. Многочисленные эксперименты показали, что оптимально в качестве функции принадлежности брать именно экспоненциальный вид [6, 7].

Фазификация входных данных состоит в построении функций принадлежности $\mu(\mathbf{x},\mathbf{R}_i)$ для исходного параметра – аргумента $\mathbf{x}$ в локальных интервалах $\mathbf{R}_i$, в которых будет выполняться прогнозирование на основе нечеткой петрофизической модели. Если измерена серия значений $\mathbf{x}_j, j=1\div N$ параметров, в одной и той же пространственной точке, то функция принадлежности $\mu(\mathbf{x},\mathbf{R}_i)$ для $\mathbf{x}$ в точке $\mathbf{R}_i$ примет вид

$$\mu(\mathbf{x},\mathbf{R}_i)=\max_j\frac{1}{\sigma_i\sqrt{2\pi}}\exp\left[-\frac{|\mathbf{x}-\mathbf{x}_j|^2}{2\sigma_i^{\,2}}\right], \quad (6)$$

где σ_i – оцененная погрешность измерений параметра $\mathbf{x}$ в точках пространства $\mathbf{R}_i$. Схема фазификации соответствует объективному

представлению данных ГИС в форме функций принадлежности, отражающих структуру и достоверность информации (рис. 3).

Пространственное положение единицы прогноза – пропластка, либо залежи, для которой приняты построенные функции принадлежности отношений и функции принадлежности параметра **x**, служащего основанием для прогноза, контролируется пространственной переменной $\mathbf{R}_i$. Она не участвует в вычислительных формулах, проявляясь лишь в оценке погрешности измеренных параметров, отнесённых именно к этой точке. Пространственное положение прогнозных параметров далее используется при интерполяции моделей.

Прогнозный параметр – это параметр физико-геологической модели, который прогнозируется на основании входных данных и имеющихся связей. Это может быть пористость, проницаемость, нефтегазонасыщенность или что-либо иное. Построение графа прогноза начальных – промежуточных – прогнозных параметров является предметом отдельной статьи.

Заключение

Таким образом, результатом исследований является разработанный теоретический аппарат для построения функций принадлежности геолого-геофизических, промысловых параметров для учета неопределенности при проведении дальнейшего прогноза. Это позволит снизить технико-экономические риски принятия решений при проектировании схемы разработки месторождений.

Список литературы / References

1. Mamdani E.H. Application of fuzzy algorithms for control of simple dynamic plant. Electrical Engineers, Proceedings of the IEE. 1974. 121(12). P. 1585–1588.

2. Заде Л.А. Нечеткие множества // Нечеткие системы и мягкие вычисления. 2015. Т. 10. Вып. 1. С. 7–22.

Zade L.A. Fuzzy Sets // Fuzzy Systems and Soft Computing. 2015. V. 10. Is. 1. P. 7–22 (in Russian).

3. Штовба С.Д. Введение в теорию нечетких множеств и нечеткую логику. [Электронный ресурс]. URL: http://matlab.exponenta.ru/fuzzylogic/book1/index.php (дата обращения: 28.02.2019).

Shtovba S.D. Introduction to the theory of fuzzy sets and fuzzy logic. [Electronic resource]. URL: http://matlab.exponenta.ru/fuzzylogic/book1/index.php (date of access: 28.02.2019) (in Russian).

4. Алтунин А.Е., Семухин М.В., Ядрышникова О.А. Вероятностные и нечеткие оценки запасов нефти // Нефтепромысловое дело. 2003. № 10. С. 54–58.

Altunin A.E., Semukhin M.V., Yadryshnikova O.A. Probabilistic and fuzzy estimates of oil reserves // Oilfield business. 2003. № 10. P. 54–58 (in Russian).

5. Чернов В.Г. Основы теории нечетких множеств: учеб. пособие. Владимир: ВГУ, 2010. 96 с.

Chernov V.G. Fundamentals of the theory of fuzzy sets: studies. manual. Vladimir: VGU, 2010. 96 p. (in Russian).

6. Кобрунов А.И., Дорогобед А.Н., Кожевникова П.В. Элементы информационной экспертизы результатов геологического моделирования в нефтегазовой геологии // Геофизика. 2017. № 1. С. 16–21.

Kobrunov A.I., Dorogobed A.N., Kozhevnikova P.V. Elements of information expertise of geological modeling results in oil and gas geology // Geofizika. 2017. № 1. P. 16–21 (in Russian).

7. Кожевникова П.В. Моделирование связей между физико-геологическими параметрами // Успехи современной науки. 2017. № 8–2. С. 83–87.

Kozhevnikova P.V. Modeling the links between physical and geological parameters // Advances in modern science. 2017. № 8–2. P. 83–87 (in Russian).

УДК 550:574:57.081.1

ОРГАНИЗАЦИЯ ШКОЛЬНОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА НА ТЕРРИТОРИИ ООПТ ГОРОДА МОСКВЫ

[1]Луговской А.М., [2]Солодов С.В., [3]Межова Л.А.

[1]ГОУ ВО «Московский государственный областной университет», Мытищи, e-mail: alug1961@yandex.ru;
[2]ГАОУ ВО «Московский городской педагогический университет», Институт математики, информатики и естественных наук, Москва, e-mail: solo-sergei@yandex.ru;
[3]ФГБОУ ВО «Воронежский государственный педагогический университет», Воронеж, e-mail: lidiya09@rambler.ru

В статье рассматриваются проблемы организации школьного экологического мониторинга на особо охраняемых природных территорий г. Москвы. Определено место школьного экологического мониторинга в современной системе школьного образовательного процесса. Показано, что школьный экологический мониторинг является одним из элементов организации проектно-исследовательской деятельности обучающихся. Определены модули включения обучающихся в научно-исследовательскую деятельность. В системе школьного экологического мониторинга выделены формы его организации на особо охраняемых природных территориях. Особое внимание уделяется организации ландшафтного мониторинга, определены его принципы, методы и задачи. Выделены основные этапы проведения и организации школьного экологического мониторинга. В процессе научно-исследовательской деятельности школьники овладевают основами геоэкологического мониторинга. На основе метапредметных связей используют знания, полученные на уроках химии, географии и биологии, в практической деятельности. В результате развивается познавательный интерес и гражданская позиция по сохранению природно-культурного наследия мегаполиса Москвы. Предлагаемый подход можно использовать при изучении гидросистем особо охраняемых природных урбанизированных территорий. Использование картографических методов исследования позволяет выявлять пространственные закономерности ландшафтной структуры, проводить зонирование территории по степени экологической комфортности и дигрессивных процессов в природной среде. Школьный экологический мониторинг ориентирует на общественно значимые ценности, расширяет смысл современного образования. В современной социальной ситуации формирует ценностное отношение к природе, к социальной среде, экономике и политике. Школьный экологический мониторинг – это многогранный комплекс методов, интересов, ценностей, имеющих определенную целевую направленность и ярко выраженный ориентированный характер.

Ключевые слова: органолептические, гидрохимические свойства воды, качество воды, динамика показателей, особо охраняемые природные территории, школьный экологический мониторинг, биоиндикационные методы исследования, ландшафтный мониторинг

SCHOOL ECOLOGICAL MONITORING IN PROTECTED AREAS OF MOSCOW

[1]Lugovskoy A.M., [2]Solodov S.V., [3]Mezhova L.A.

[1]Moscow State Regional University, Mytishchi, e-mail: alug1961@yandex.ru;
[2]Moscow City Pedagogical University, Institute of mathematics, Informatics and natural Sciences, Moscow, e-mail: solo-sergei@yandex.ru;
[3]Voronezh State Pedagogical University, Voronezh, e-mail: lidiya09@rambler.ru

The article deals with the problems of organization of school environmental monitoring on specially protected natural areas of Moscow. The place of school ecological monitoring in the modern system of school educational process is determined. It is shown that school environmental monitoring is one of the elements of the organization of design and research activities of students. Modules of inclusion of students in research activity are defined. The forms of its organization in specially protected natural areas are highlighted in the system of school environmental monitoring. Particular attention is paid to the organization of landscape monitoring, its principles, methods and tasks. The main stages of carrying out and organization of school ecological monitoring are allocated. In the process of research students master the basics of geo-ecological monitoring. On the basis of metasubject connections use the knowledge gained in the lessons of chemistry, geography and biology in practice. As a result, the cognitive interest and civic position on the preservation of the natural and cultural heritage of the metropolis of Moscow are developing. The proposed approach can be used in the study of hydraulic systems of specially protected natural urban areas. The use of cartographic methods of research allows to identify spatial patterns of landscape structure, to conduct zoning of the territory according to the degree of environmental comfort and digressive processes in the natural environment. School environmental monitoring focuses on socially significant values, expands the meaning of modern education. In the modern social situation forms a valuable attitude to nature, to the social environment, economy and politics. School environmental monitoring is a multi-faceted set of methods, interests, values that have a specific target orientation and a pronounced oriented character.

Keywords: organoleptic, hydrochemical properties of water, water quality, dynamics of indicators, specially protected natural areas, school environmental monitoring, bioindication research methods, landscape monitoring

Школьный экологический мониторинг относится к интерактивным формам обучения и направлен на формирование активной экологической мыслительной деятельности. Школьный экологический мониторинг (ШЭМ) включен в систему экологического образования и формирует основные экологические знания, умения и навыки. В осно-

ву мониторинга положены наблюдения за состоянием окружающей среды и формирование экологического мировоззрения обучающихся. В процессе исследовательской деятельности школьного экологического мониторинга у обучающихся формируется экологическая культура.

В организации научно-исследовательской деятельности можно выделить 4 этапа: на первом этапе несамостоятельное; на втором этапе полусамостоятельное; на третьем этапе самостоятельное; на четвертом – творческое [1].

Технологический компонент достигается технологией модульного обучения. Модуль – это логически завершенная информация, требующая включения обучающихся в деятельность.

Входной модуль предлагается учителем для включения обучающихся в познавательную деятельность. Следующий модуль – аналитико-теоретический – направлен на беседу учителя с учениками о значении изучаемого объекта в научном исследовании.

Экспериментальный модуль опирается на внутреннюю мотивацию обучающихся, и креативный модуль направлен на формирование творческого потенциала обучающихся.

Научно-исследовательская деятельность является одной из составных частей современного образовательного процесса [2]. В результате научно-исследовательской деятельности каждого школьника можно сделать исследователем, экспериментатором. Тематика научно-исследовательской деятельности тесно взаимосвязана с местом нахождения школы, опирается на экскурсионную, краеведческую и научную деятельность.

Научно-исследовательская деятельность дает возможность формировать у школьников новые знания через личные наблюдения, анализ различной информации. В процессе выполнения исследовательских работ обучающиеся приобретают самостоятельность, познавательную активность [3].

Цель исследования: определение основных направлений организации школьного экологического мониторинга и пути его реализации.

Материалы и методы исследования

Организация экологического мониторинга основана на использовании доступных и простых методов исследования окружающей среды, на многолетних наблюдениях экосистем и их компонентов. На рис. 1 представлены формы школьного экологического мониторинга.

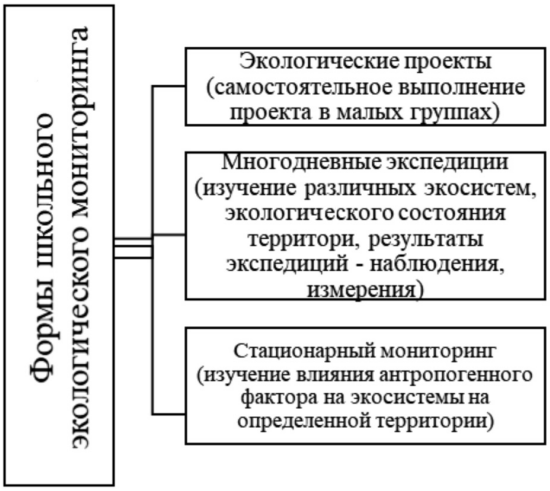


Рис. 1. Формы школьного экологического мониторинга

Формы экологического мониторинга представлены стационарами, экспедиционными исследованиями и проектно-исследовательской деятельностью.

Особую актуальность организация школьного экологического мониторинга имеет на особо охраняемых природных территориях. На ООПТ создается система мониторинга природных сред и ландшафтов.

Для организации ландшафтного мониторинга необходимо создать ландшафтные трансекты, контрольно-учетные полосы, станции, точки наблюдения объектов особого внимания и мониторинговые площадки. Основные задачи экологического мониторинга на ООПТ и методы их исследования показаны на рис. 2.

Система организации мониторинга за состоянием ландшафтов, определение его динамики и прогнозирование для управление развитием ландшафтов разработаны В.Б. Михно и представлены на рис. 3.

Результаты исследования и их обсуждение

Начальным этапом школьного экологического мониторинга является инвентаризация природных объектов ООПТ. Второй этап работы заключается в организации переписи высших растений, позвоночных животных, ландшафтное, геоморфологическое, почвенное, геоботаническое и гидрохимическое картирование участков ООПТ. Третьим этапом являются палеогеографические исследования, направленные на определение исторических этапов развития природного фона и антропогенных преобразований.

Рис. 2. Методы и задачи школьного экологического мониторинга на территории ООПТ

Рис. 3. Принципы мониторинга ландшафтов по В.Б. Михно [4]

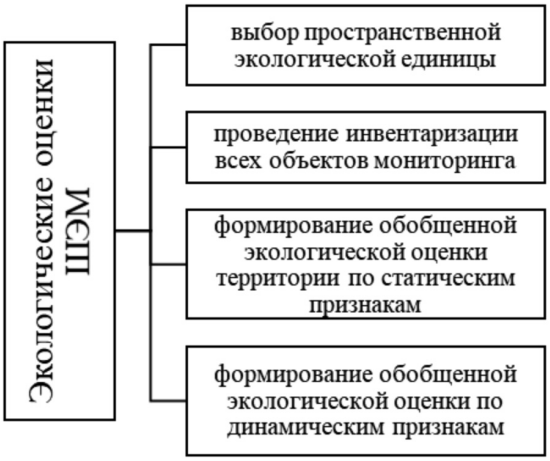


Рис. 4. Система экологических оценок ШЭМ

Важным показателем в организации школьного экологического мониторинга является создание системы оценок, которая представлена на рис. 4.

Система школьного экологического мониторинга состоит из пяти основных этапов:

– организация наблюдения за состоянием компонентов окружающей среды или экосистем;

– оценка состоянию;

– разработка прогнозных моделей развития экологической ситуации на исследуемой территории;

– выявление экологических проблем функционального режима исследуемой территории;

– разработка проекта по решению экологических проблем и внедрение результатов проекта.

Большое количество ООПТ на территории г. Москвы позволяют организовать широкую сеть школьного экологического мониторинга, но для обмена информацией необходимо создание единой школьной информационной сети ШЭМ [5, 6]. Информационная сеть ШЭМ г. Москвы даст возможность создать сбор, анализ и передачу следующих данных:

– создание банка данных по экологической ситуации на территории ООПТ как по компонентам природы, так и по экосистемам;

– организовать обмен педагогическим опытом по организации ШЭМ, а также в системе экологического воспитания и образования;

– обеспечить доступность экологической информации для общественных организаций, для природоохранных и управленческих структур;

– организовать совместные исследования обучающихся в школе, со студентами вузов;

– создать базу комплексных стационарных экологических наблюдений ландшафтов.

На особо охраняемых природных территориях важную роль играет оценка биотического потенциала, как индикатора экологического состояния ландшафтов. Биотический потенциал изучается следующими методами: лихеноиндикации; листового опада как индикатора чистоты воздуха; определения поражения вершин хвойных деревьев, генеративных органов сосны как индуктора состояния воздушной среды; флуктуирующая асимметрия листового аппарата как индикатор качества состояния среды; оценка качества среды по асимметрии листьев одуванчика, подорожника, дуба, березы; определение кислотности почв по растениям-индикаторам [7]. По ним можно определить характер увлажнения почв, глубины залегания грунтовых вод. Листья липы могут служить в качестве биоиндикатора солевого загрязнения почвы. По некоторым растениям-индикаторам можно оценить содержание химических элементов в почве.

При изучении аквальных ландшафтов можно использовать следующую систему методов: ретроспективно-обзорный, включающий изучение информации по теме исследования по различным литературным и фондовым источникам; метод прямых наблюдений и измерений в природной среде.

При организации экспериментальных исследований гидросистем необходимо сделать описание высших водных и прибрежно-водных растений, с помощью атласа высших водных и прибрежно-водных растений. Важно организовать морфометрические измерения, такие как глубина, характер дна, ширина, площадь, а также геофизические и гидрохимические исследования [8], такие как температура воды, общая минерализация и концентрация растворённого в воде кислорода.

На основе полученных экспериментальных исследований важно провести следующие расчеты:

– среднее проективное покрытие (СПП) обнаруженных видов растений (как среднее арифметическое от проективных покрытий вида на исследуемых участках в %);

– постоянство видов растений (как отношение числа описаний, на которых отмечался вид, к общему числу описаний в %);

– коэффициенты фитоценотической значимости (ФЦЗ) обнаруженных видов (как произведение постоянства на среднее проективное покрытие);

– коэффициент сходства (коэффициент Съёренсена) видового состава растительности южной и северной окраин озера ($К_с = 2с/(а + в)\times100\,\%$, где «а» – количество видов в биотопе/участке, «в» – количество видов в биотопе/участке, «с» – количество общих видов для сравниваемых биотопов/участков).

Биоиндикационные исследования обучающихся на территории ООПТ позволят выявить закономерности развития природной среды в условиях интенсивного антропогенного прессинга, даст возможность прогнозировать функциональную направленность лесных ландшафтов урбанизированных территорий.

Биоиндикационные исследования дают возможность определить особенности пространственной структуры ООПТ, микроклиматические особенности, гидрологический режим, степень устойчивости природных экосистем.

Заключение

Таким образом, школьный экологический мониторинг перспективен для организации проектной и исследовательской деятельности обучающихся на территориях ООПТ города Москвы. Организация стационарных наблюдений ШЭМ дает возможность обучающимся осваивать разнообразные экологические методы исследования и знакомиться с особенностями природной среды урбанизированных тер-

риторий. ООПТ г. Москвы имеют уникальные природные ресурсы и ландшафтные особенности.

Использование картографических методов исследования позволяет выявлять пространственные закономерности ландшафтной структуры, проводить зонирование территории по степени экологической комфортности и дигрессивных процессов в природной среде.

Организация ШЭМ на ООПТ в современной трактовке имеет экологическое, экономическое и социальное значение. Разработка современной стратегии природоохранного природопользования на урбанизированных территориях дает возможность сохранить уникальные ландшафты для будущих поколений.

Список литературы / References

1. Нелюбина Е.Г., Самарина Е.С. Научно-исследовательская деятельность школьников по химии: проблемы и перспективы // Самарский научный вестник. 2013. № 2 (3). С. 42–43.

Nelyubina E.G., Samarina E.S. Research activity of schoolchildren in chemistry: problems and prospects // Samara scientific Bulletin. 2013. № 2 (3). P. 42–43 (in Russian).

2. Богомолова Е.В. Научно-исследовательская деятельность школьника в свете концепции о непрерывном образовании // Обучение и воспитание: методики и практика. 2015. № 19. С. 208–211.

Bogomolova E.V. Research activity of the student in the light of the concept of continuous education // Training and education: methods and practice. 2015. № 19. P. 208–211(in Russian).

3. Ашихмина Т.Я. Экологический мониторинг: учебно-методическое пособие. Киров: ООО «Типография «Старая Вятка», 2012. 95 с.

Ashikhmina T.I. Environmental monitoring: training manual. Kirov: OOO «Tipografiya «Staraya Vyatka», 2012. 95 p. (in Russian).

4. Михно В.Б., Кандыбко (Жигулина) Е.В. Проблемы организации мониторинга ландшафтов бассейнов малых рек Воронежской области // Региональный мониторинг и оценка земель. Опыт. Современные проблемы и пути решения: материалы 5 Межрегион. науч.-производственной конф. 29 дек. 2004 г. Сборник статей. Воронеж: Изд-во института мониторинга, 2005. С. 35–39.

Mikhno V.B., Kandybko (Zhigulina) E.V. Problems of the organization of monitoring of landscapes of basins of small rivers of the Voronezh region // Regional monitoring and assessment of lands. Experience. Modern problems and solutions: materials 5 inter-region, scientific.-production Conf. Dec 29. 2004 collection of articles of. Voronezh: Izd-vo instituta monitoringa, 2005. P. 35–39 (in Russian).

5. Особо охраняемые природные территории города Москвы: справочник-путеводитель. Под ред. А.О. Кульбачевского. М.:Ториус77, 2013. 178 с.

Specially protected natural territories of Moscow: guide-guide. Edited by A.O. Kulbachevsky. M.: Torius 77, 2013. 178 p. (in Russian).

6. О состоянии окружающей среды в городе Москве в 2016 году: доклад / Под ред. А.О. Кульбачевского. М.: ДПиООС; НИиПИ ИГСП, 2017. 363 с.

On the state of the environment in Moscow in 2016: report / Edited by A.O. Kulbachevsky. M: DPiOOS; NIiPI IGSP, 2017. 363 p. (in Russian).

7. Луговская Л.А., Землякова А.В., Межова Л.А., Луговской А.М. Оценка комфортности среды по флуктуирующей асимметрии дуба черешчатого (*Quercusrobur* L.) // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. 2016. Вып. 36. № 18 (239). С. 87–94.

Lugovskaya L.A., Zemlyakova A.V., Mezhova L. A., Lugovskoy A.M. Assessment of State for the Environment Fluctuating Asymmetry of Quercus Robur L. // Scientific Bulletin of Belgorod state University. Series: Natural Sciences. 2016. Is. 36. № 18 (239). P. 87–95 (in Russian).

8. Скажутина Е.В. Исследовательская деятельность учащихся как составная часть школьного экологического мониторинга // Природоохранное сотрудничество: Россия, Монголия, Китай. 2010. № 1. С. 248–250.

Skazhutina E.V. Pupils research activity as a part of school ecological monitoring // Environmental cooperation: Russia, Mongolia, China. 2010. № 1. P. 248–250 (in Russian).

УДК 502.5:582.29(571.63)

ЛИШАЙНИКОВЫЙ ПОКРОВ ПРИХАНКАЙСКОЙ РАВНИНЫ КАК КАЧЕСТВЕННЫЙ ПОКАЗАТЕЛЬ СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ (ЮГ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА РОССИИ)

Скирина И.Ф., Родникова И.М., Скирин Ф.В.

ФГБУН «Тихоокеанский институт географии» Дальневосточного отделения Российской академии наук, Владивосток, e-mail: sskirin@yandex.ru

В статье рассматривается использование лишайников для качественной оценки состояния природной среды на Приханкайской равнине. На 32 контрольных участках было изучено видовое разнообразие, проективное покрытие, жизненное состояние, соотношение экологических групп видов, по-разному относящихся к загрязнению, а также рассчитан коэффициент встречаемости, кислотно-щелочные свойства коры дуба. В исследуемом районе выявлено 242 вида лишайников, относящихся к пяти субстратным группам: эпифитные (151 вид), эпилитные (47), эпигейные (34), эпиксильные (10), эпибриофитные (2 вида). С помощью кластерного анализа были проанализированы все параметры, используемые при описании лишайникового покрова для каждого исследованного участка. В результате анализа все участки объединились в три группы. Участки первой группы характеризуются высоким видовым разнообразием и проективным покрытием, хорошим жизненным состоянием, реакция коры дуба близка к фоновой, в лишайниковом покрове преобладают виды, характерные для малонарушенных местообитаний. На участках второй группы сохраняется высокое проективное покрытие и незначительное преобладание видов устойчивых к слабому уровню загрязнения, отмечено снижение видового разнообразия, подкисление субстрата и ухудшение жизненного состояния лишайникового покрова. Для участков третьей группы характерно подкисление субстрата, низкое видовое разнообразие и проективное покрытие, преобладание лишайников, устойчивых к более высокому антропогенному влиянию и угнетённое состояние талломов. Отмечена общая тенденция к смене лишайников менее устойчивых к антропогенному воздействию на виды более устойчивые. Отмечено почти повсеместное распространение нитрофильных лишайников, развивающихся в условиях повышенного содержания соединений азота. Состояние лишайникового покрова может служить индикатором изменений природной среды под антропогенным воздействием.

Ключевые слова: лишайники, индикация антропогенного воздействия, юг Дальнего Востока России

LICHEN COVER OF PRIKHANKAYSKAYA VALLEY AS INDICATOR OF ENVIRONMENT QUALITY (SOUTH OF THE RUSSIAN FAR EAST)

Skirina I.F., Rodnikova I.M., Skirin F.V.

Pacific geographical institute, Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences, Vladivostok, e-mail: sskirin@yandex.ru

The application of lichens to estimate environment quality of Prikhankaysakaya valley is considered in the paper. We determined species diversity, projective cover, vitality, the ratio of different ecological species groups, as well as occurrence coefficient and pH of oak bark on each of the 32 control sites. A total of 242 lichen species were found in the study area. They belong to five substrate groups: 151 species are epiphytic, 47 ones are epilitic, 34 lichens are epigeic and 2 species are epibryophytes. Cluster analysis was performed by using all determined parameters of lichen cover at each control site. As the result of cluster analysis we have three groups of sites. The first group is characterized by high species diversity and cover, good vitality, pH of oak bark corresponds to unpolluted area, species of natural habitats dominate in lichen cover. The second group is still characterized by high lichen projective cover and the dominance of low anthropogenic tolerant species, but declining species diversity, acidification of bark and lichen vitality is getting worse. The sites of the third group have lower pH value, low species diversity and projective cover as well as the dominance of high anthropogenic tolerant species and injured thalli. We observe the tendency to replace natural lichen species with anthropogenic tolerant species. Nitrophilous lichens which prefer high nitrogen concentrations are becoming common. The lichen cover conditions can be used as indicator of environmental changes under anthropogenic influence.

Keywords: lichens, indication of anthropogenic influence, south of the Russian Far East

Приханкайская равнина расположена в юго-западной части Приморского края и занимает территорию, примыкающую к оз. Ханка – крупнейшему пресноводному водоему Дальнего Востока. Равнину обрамляют предгорья хребта Сихотэ-Алинь и Восточно-Маньчжурских гор. Для территории характерен муссонный климат, но защищенность горами от летнего муссона и малая мощность снежного покрова способствуют частичной ксерофитизации условий. Растительность имеет лесостепной характер. В предгорьях преобладают широколиственные леса из дуба, но также распространены ясеневые, осиновые, липовые, смешанные долинные, кедрово-широколиственные леса. Среди дубовых лесов небольшими массивами растёт сосна густоцветковая, занимающая вершины сопок или каменистые обнажения. В преде-

лах озерно-аккумулятивной равнины преобладают луга [1].

Негативное антропогенное влияние в районе исследования оказывают ежегодные низовые пожары, печное отопление, автотранспорт, распашка полей и внесение удобрений, региональный перенос поллютантов от крупных населенных пунктов (городов – Уссурийска, Спасска-Дальнего, Лесозаводска и др.), а также трансграничный перенос загрязняющих веществ с территорий Китая, Кореи. Среди выбросов, поступающих в атмосферу, основную часть составляют оксиды углерода, серы, азота, углеводороды [2].

Эпифитные лишайники широко используются для оценки современного состояния экосистем, так как являются одними из наиболее чутких их компонентов, реагирующих на любые изменения экологического равновесия [3, 4]. Цель работы – оценить современное состояние природной среды Приханкайской равнины с помощью методов лихеноиндикации.

Планомерное изучение лишайников Приханкайской равнины начато нами в 2004 г. и продолжено в 2008–2016 гг. Было заложено 32 контрольных участка размером 20x20 м по стандартным методикам [5, 6] (рис. 1). Описание лишайников проводилось на доминирующих форофитах, на высоте 130 см, на пробных площадках 20x20 см. Для каждого вида отмечались: жизненная форма таллома, жизненное состояние, проективное покрытие, а также учитывалось отношение вида к загрязнению. На исследованных участках выявлено соотношение здоровых и угнетённых талломов. Рассчитан коэффициент встречаемости $R = a\ 100/N$, где R – коэффициент встречаемости, a – число контрольных участков, где данный вид встречается, N – общее число участков. Помимо эпифитных видов проведены исследования и других экологических групп лишайников: эпилитных, эпигейных, эпибриофитных. Всего сделано более 160 описаний, собрано около 1000 образцов лишайников. Жизненное состояние оценивалось по 5-балльной шкале [5]: 1 балл – слоевище полностью разрушено; 2 балла – слоевище сильно повреждено (более 50%), разрушен верхний коровой слой, изменен цвет слоевища; 3 балла – разрушено менее 50% слоевища; 4 балла – лишайник угнетён – слоевище деформировано; 5 баллов – слоевище здоровое. Лишайниковые группировки были описаны на основных и сопутствующих древесных породах. Определение pH коры форофитов проводилось по методике В.В. Горшкова [7]. Видовая принадлежность лишайников определялась по общепринятой методике [6]. Группировка исследованных участков на основе кластерного анализа и расчет средних выполнены в программе SPSS 13.0.

Результаты исследования и их обсуждение

Видовое разнообразие лишайников – важный показатель при лихеноиндикационных исследованиях. До настоящего времени лихенофлора Приханкайской равнины насчитывала 222 вида [8]. В результате исследования список лишайников составил 242 вида. На участках число лишайников находится в диапазоне от 5 до 69 видов (таблица).

Субстрат является лимитирующим фактором микросреды обитания у лишайников. Чем более разнообразны субстратные условия района, тем богаче лихенофлора. На основании субстратной приуроченности лишайников выделено 5 экологических групп: эпифитные (151 вид), эпилитные (47), эпигейные (34), эпиксильные (10), эпибриофитные (2 вида). Доминируют эпифитные лишайники, что обусловлено преобладанием древесной растительности. Отмечено присутствие многих эпифитных лишайников на не свойственном им каменистом субстрате, что связано, очевидно, с неблагоприятными условиями произрастания. Бедность эпигеидов и эпиксилов или их полное отсутствие объясняется как сомкнутостью травянистого покрова, препятствующего развитию лишайников, так и частыми низовыми пожарами, при которых сгорает субстрат (гниющая древесина).

Биоморфологическая структура лишайников – результат длительных эволюционных изменений в процессе адаптации к условиям среды. В резко континентальных, аридных, арктических и высокогорных областях преобладают накипные лишайники; во влажных тепло-умеренных и тропических климатических зонах – листоватые; более северным и достаточно мезофильным ландшафтам присуще доминирование кустистых лишайников. Из 242 видов лишайников Приханкайской равнины 104 вида относится к накипным жизненным формам, 96 – к листоватым, и 44 – к кустистым. Такое распределение жизненных форм связано, скорее всего, с расположением района исследований в лесостепной зоне.

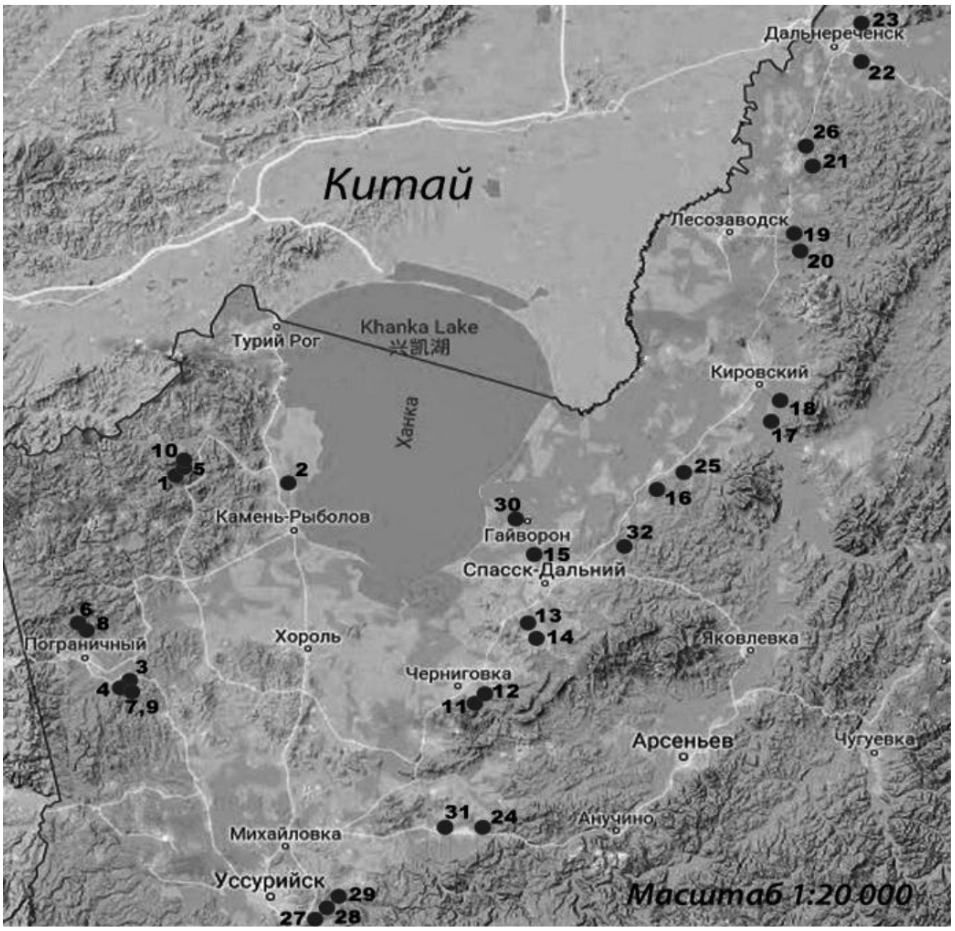


Рис. 1. Район исследования (• – точки описаний и сбора лишайников в окрестностях географических и населенных пунктов): 1) г. Синяя; 2) Троицкое; 3–4, 7, 9) долина р. Нестеровка (окрест. с. Сергеевка); 5) г. Синяя (к югу от вершины); 6, 8) долина р. Крепостная; 10) г. Синяя (вершина); 11) Грибное; 12) Горный хутор; 13) долина р. Кулишовка; 14) междуречье р. Евсеевка и Кулишовка; 15) долина р. Одарка; 16) Никитовка; 17) Подгорное; 18) Преображенка; 19) Тургенево; 20) Орловка; 21) Ильмовка; 22) Веденка; 23) Речное; 24) Лубянка; 25) Афанасьевка; 26) Невское; 27) Боневурово; 28) Глуховка; 29.Раковка; 30) Гайворон; 31) Ивановка; 32) Бусевка

Для качественной оценки состояния природной среды использовались в основном эпифитные лишайники. Остальные группы дополнили картину. Самыми распространёнными эпифитами являются: *Candelaria concolor* (Dicks.) Stein (R = 93,8 %), *Rinodina archaea* (Ach.) Arnold (R = 90 %), *Flavoparmelia caperata* (L.) Hale, *Phaeophyscia hirtuosa* (Kremp.) Essl. (R = 81,3 %), *Myelochroa aurulenta* (Tuck.) Elix et Hale, *Physconia detersa* (Nyl.) Poelt (R = 84,4 %), *Myelochroa subaurulenta* (Nyl.) Elix et Hale (R = 78,1 %), *Lecanora allophana* Nyl., *Physconia leucoleiptes* (Tuck.) Essl. (R = 75 %). Эти виды способны выдерживать значительные колебания факторов среды. Очень редко встречаются 34 вида, например: *Menegazzia terebrata* (Hoffm.) A. Massal., *Phaeophyscia trichophora* (Hue) Essl., *P. spinellosa* Kashiw. и др. (R = 3,1 %).

Среди морфологических групп эпифитных лишайников преобладают листоватые (82) и накипные (63) виды. Кустистых лишайников обнаружено 6 видов (таблица).

На основе индивидуальной реакции лишайников на антропогенное воздействие виды разделены на 4 экологических группы: I) устойчивые к высокому уровню загрязнения; II) устойчивые к среднему уровню загрязнения; III) устойчивые к слабому уровню загрязнения; IV) чувствительные к загрязнению виды [9]. Соотношение видов из разных экологических групп позволяет выявить изменения, происходящие в лишайниковом покрове. В целом на исследованной территории преобладают

виды III (64 вида, или 43,8%) и IV (41 вид – 28,1%) групп. На долю видов первой группы приходится 8,2% (12 видов), на долю группы II – 19,9% (29 видов). Из I группы наиболее распространёнными являются: *Lepraria incana* (L.) Ach., *Phaeophyscia hirtuosa*, *P. rubropulchra* (Degel.) Essl., *Physciella melanchra* (Hue) Essl., которые отмечены почти на всех участках. Во II группе самыми распространенными являются *Candelaria concolor*, *Flavoparmelia caperata*, *Myelochroa aurulenta*, *Physconia detersa*. В III группе наиболее часто встречаются *Flavopunctelia flaventior* (Stirt.) Hale, *Melanelixia huei* (Asahina) O. Blanco et al., *Phaeophyscia hispidula* (Ach.) Essl. Из лишайников IV группы чаще всего встречаются: *Evernia mesomorpha* Nyl., *Physconia subpulverulenta* (Szatala) Poelt.

При проведении лихеноиндикационных исследований нами учитывались кислотно-щелочные свойства субстрата, являющиеся одной из существенных характеристик местообитаний эпифитных лишайников. Изменение pH субстрата ведет к изменению лишайниковых сообществ. Так, замещение нейтрофитов ацидофильными видами указывает на кислотное загрязнение. На исследованных участках pH коры дуба имеет приблизительно нейтральное значение (от 5,6 до 6,7, в среднем 6,1). Если сравнить показания pH коры дуба с данными по фоновым территориям (Сихотэ-Алинский заповедник (6,7), заповедник «Бастак» (6,8)), то в районе исследования отмечается подкисление субстрата [9]. На отдельных участках значения кислотности коры различаются.

Характеристика лишайников на Приханкайской равнине на основании лихеноиндикационных данных

№ участка	Число видов				Среднее п.п. %	Ж.с. балл (доминирует)	Число видов в экологических группах лишайников по отношению к загрязнению				Угнетенные и здоровые талломы в%		Группа участков
	Общее	л	н	к			I	II	III	IV	угнетенные	здоровые	
1	21	16	5	0	75	2–5(5)	3	8	5	5	57,1	42,9	2
2	49	28	18	3	65	2–5(5)	7	16	19	7	67,4	32,7	2
3	35	21	12	2	50	2–5(4)	6	12	14	3	57,1	42,9	3
4	17	11	6	0	30	2–5(5)	5	9	3	0	52,9	47,1	3
5	42	27	15	0	100	3–5(5)	4	15	17	6	69,0	31,0	2
6	24	17	7	1	75	2–5(5)	2	10	10	2	62,5	37,5	2
7	38	23	14	1	30	2–5(5)	6	14	15	3	57,9	42,1	3
8	38	26	10	2	60	2–5(5)	6	14	16	2	84,2	15,7	2
9	10	8	2	0	50	2–5(5)	4	6	0	0	50,0	50,0	2
10	56	32	23	1	100	2–5(5)	4	11	28	13	39,3	60,7	1
11	64	33	30	1	50	2–5(5)	8	19	25	12	34,4	65,6	1
12	47	26	21	1	29	2–5(5)	8	19	15	5	41,7	58,3	3
13	19	11	8	0	90	2–5(5)	1	8	7	3	31,6	68,4	2
14	10	7	3	0	70	2–5(5)	1	3	4	2	50,0	50,0	2
15	32	19	12	1	85	2–5(5)	2	11	17	2	54,5	45,5	2
16	56	38	17	1	90	3–5(5)	5	20	27	4	51,8	48,2	1
17	58	32	24	2	70	2–5(5)	6	21	23	8	44,8	55,2	1
18	30	17	13	0	10	2–5(5)	4	13	12	1	43,3	56,7	3
19	34	19	15	0	25	2–5(5)	4	15	11	4	64,7	35,3	3
20	69	37	30	2	80	2–5(5)	7	19	28	15	55,9	44,1	1
21	58	34	21	3	30	2–5(5)	8	23	24	3	62,1	37,9	3
22	5	3	2	0	35	2–5(5)	1	3	1	0	40,0	60,0	3
23	16	9	6	1	10	2–5(4)	3	8	4	1	68,8	31,2	3
24	50	25	24	1	22	2–5(5)	5	18	23	4	42,0	58,0	3
25	53	29	22	2	15	2–5(5)	7	19	22	5	37,7	43,3	3
26	57	34	20	3	30	2–5(5)	7	19	27	4	51,8	48,2	3
27	24	13	10	1	50	2–5(5)	4	12	6	1	75,0	25,0	2
28	31	17	13	1	15	2–5(5)	4	15	10	2	61,3	38,7	3
29	33	15	16	2	35	2–5(3)	6	15	9	3	57,6	42,4	3
30	37	18	17	2	45	2–5(5)	6	15	12	2	48,7	51,3	3
31	56	35	17	4	50	2–5(5)	6	17	29	4	69,6	30,4	2
32	7	4	2	1	17	3–5(4)	0	1	6	0	28,6	71,4	3

С помощью кластерного анализа проанализированы все параметры, используемые при описании лишайникового покрова для каждого исследованного участка (таблица, рис. 2). В результате анализа все участки объединились в три группы. В первую группу входит пять участков (рис. 2). Для данной группы характерно наиболее высокое видовое разнообразие (от 56 до 69 видов, в среднем 60,6) и проективное покрытие (от 50 до 100%, в среднем 78%) (рис. 3). Жизненное состояние находится в интервале 2–5 баллов, при этом доминирует балл 5, за исключением участка 16, где интервал находится в пределах 3–5 баллов. Преобладают лишайники, устойчивые к слабому уровню загрязнения (в среднем 26,2). Для первой группы участков характерны лишайники со здоровыми талломами, они составляют 54,76%. Значение pH коры дуба в среднем равно 6,6, что близко к таковым по фоновым территориям. Помимо эпифитных лишайников отмечено высокое видовое разнообразие лишайников из других субстратных групп: эпилитные (28 видов), эпигейные (33), эпиксильные (1) и эпибриофитные (1). Их присутствие указывает на то, что влияние антропогенных факторов, в частности пожаров, незначительное. В целом участки первой группы характеризуются высоким видовым разнообразием и проективным покрытием, лучшим состоянием лишайникового покрова и являются менее антропогенно нарушенными.

Вторая группа представлена 11 участками (рис. 2, таблица). На данных участках отмечено значительное варьирование видового разнообразия (от 10 до 56 видов, в среднем 29,55), при этом наблюдается высокое проективное покрытие (от 50 до 100%, в среднем 70,0%) (рис. 3). Жизненное состояние находится в интервале 2–5 баллов, доминирует балл 5, за исключением участка 5 (интервал составляет 3–5 баллов, доминирует балл 5). Среди экологических групп лишайников незначительно преобладают устойчивые к слабому уровню загрязнения (в среднем 11,82), хотя на некоторых участках (1,13,27) их меньше, чем видов, устойчивых к среднему уровню загрязнения, или они вовсе отсутствуют (участок 9). В целом лишайники, устойчивые к значительному уровню антропогенного воздействия (экологические группы I, II), составляют равную долю с лишайниками относительно естественных местообитаний (группы III, IV). Для второй группы участков характерны в большей степени лишайники с угнетёнными талломами (в среднем они составляют 60,9%). Значение pH коры дуба составляет в среднем 5,8, что связано, скорее всего, с подкислением субстрата, вызванного влиянием поллютантов. Помимо эпифитных, отмечены эпилитные (18 видов), эпигейные (3), эпиксильные (2) и эпибриофитные (1) лишайники. На данных участках сохраняется высокое проективное покрытие и незначительное преобладание видов, устойчивых к слабому уровню загрязнения. Однако, по сравнению с участками первой группы, здесь отмечено снижение видового разнообразия и ухудшение жизненного состояния лишайникового покрова.

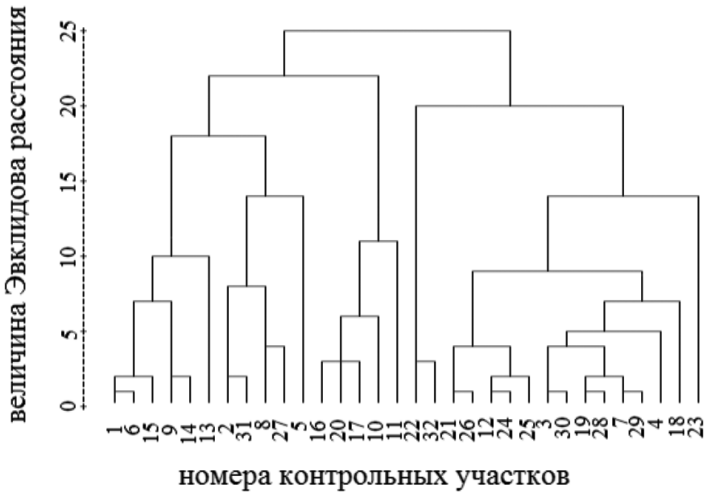


Рис. 2. Дендрограмма сходства участков по показателям состояния эпифитных лишайников на Приханкайской равнине

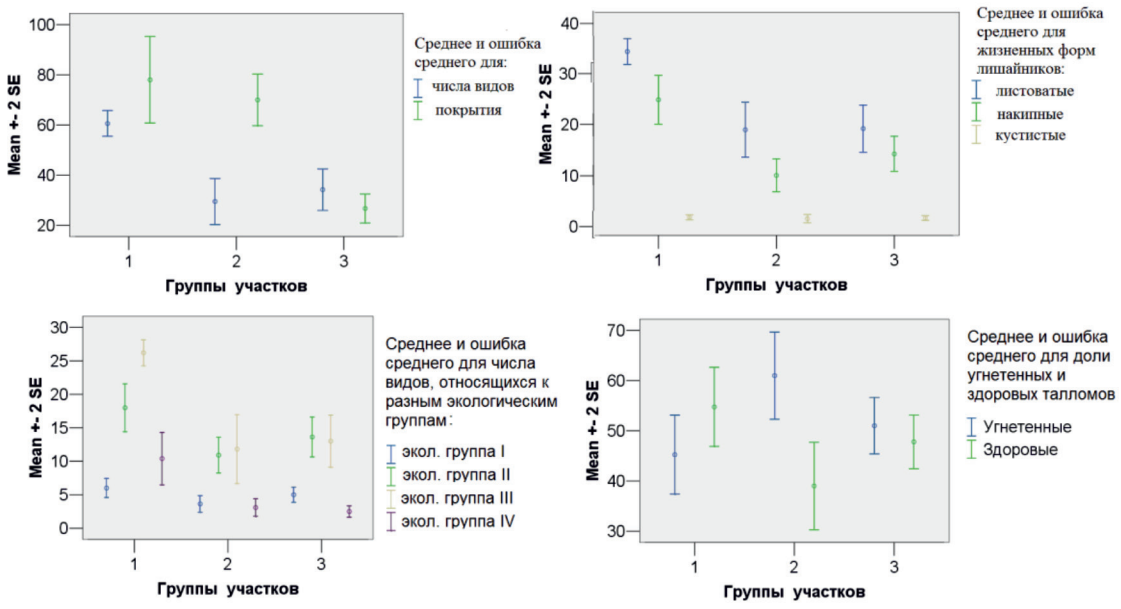


Рис. 3. Значения среднего и ошибки среднего изученных параметров лишайникового покрова для трёх групп участков

В третью группу входит 16 участков (рис. 2, таблица). Количество видов на этих участках сильно варьирует (от 5 до 58, в среднем составляет 34,25) и наблюдается заметное снижение проективного покрытия (от 10 до 50 %, в среднем 26,75 %) (рис. 3). Жизненное состояние находится в интервале 2–5 баллов, где доминирует балл 5, за исключением участков 3 и 23, где интервал составляет 2–5 баллов и доминирует балл 4; 29 (интервал 2–5, доминирует 3 балла), 32 (3–5, доминирует 4 балла). На участках третьей группы лишайники, устойчивые к антропогенному воздействию (группы I, II), преобладают над видами естественных местообитаний (группы III, IV). Лишайники с угнетёнными талломами (в среднем они составляют 51,01 %) немного преобладают над лишайниками со здоровыми талломами (47,8 %). Кислотность коры дуба составляет в среднем 5,8, что объясняется, скорее всего, подкислением субстрата, вызванного антропогенным влиянием. Отмечены эпилитные (13 видов), эпигейные (19), эпиксильные (2) и эпибриофитные (1) лишайники. Характерно низкое видовое разнообразие и проективное покрытие, преобладание лишайников, устойчивых к более высокому антропогенному влиянию и угнетенное состояние талломов. Отмечена общая тенденция к смене лишайников менее устойчивых к антропогенному воздействию на виды более устойчивые. Так, пармелиоидные лишайники, например *Parmelia saxatilis* (L.) Ach. и *Parmotrema perlatum* (Huds.) M. Choisy, заменяются фисциоидными видами – *Physciella melanchra*, *Phaeophyscia rubropulchra*, *P. hirtuosa*, *Physconia detersa*.

Заключение

Таким образом, для исследованного района отмечено высокое видовое разнообразие эпифитных лишайников с высоким проективным покрытием, а также присутствие видов, устойчивых к разной степени антропогенной нагрузки. Угнетение лишайников отмечено почти повсеместно. Наше исследование позволило разделить изученные участки на три группы по состоянию лишайникового покрова. Относительно фоновые участки (группа I), для которых характерно большое видовое разнообразие не только эпифитных видов, но и лишайников из других субстратных групп, высокое проективное покрытие и преобладание здоровых талломов встречаются редко и отмечены на удалённых от жилья и транспортных магистралей территориях. На участках со средним антропогенным воздействием (группа II) отмечается снижение видового разнообразия, при высоком проективном покрытии, ухудшение жизненного состояния, преобладание угнетённых талломов над здоровыми. Снижается число видов из

других экологических групп. Большинство участков испытывают более сильное антропогенное воздействие (группа 3). Они характеризуются значительным снижением всех показателей по сравнению с другими участками.

На Приханкайской равнине отмечена общая тенденция к смене лишайников менее устойчивых к антропогенному воздействию на виды более устойчивые. На многих участках описания присутствуют нитрофильные лишайники *Candelaria concolor* и *Xanthoria parietina*, которые являются показателем повышенного содержания соединений азота в воздухе. На исследованной территории эти виды встречаются практически повсеместно с большим проективным покрытием.

Лихеноиндикационные исследования позволили провести качественную оценку современного состояния природной среды на Приханкайской равнине и отметить существенное антропогенное влияние. На данной территории проявляется как сильное кратковременное антропогенное воздействие, приводящее к гибели лишайников, так и долговременное влияние, приводящее к их угнетению.

Список литературы / References

1. Куренцова Г.А. Растительность Приханкайской равнины и окружающих ее предгорий. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1962. 139 с.

Kurentsova G.A. The vegetation of Prikhankayskaya valley and mountain surroundings. M.-L.: Izdatel'stvo AN SSSR, 1962. 139 p. (in Russian).

2. Кондратьев И.И. Трансграничный атмосферный перенос аэрозоля и кислотных осадков на Дальний Восток России. Владивосток: Дальнаука, 2014. 300 с.

Kondratev I.I. Transboundary atmospheric transport of aerosol and acid rain to the Far East of Russia. Vladivostok: Dalnauka, 2014. 300 p. (in Russian).

3. Giordani P., Brunialti G., Bacaro G., Nascimbene J. Functional traits of epiphytic lichens as potential indicators of environmental conditions in forest ecosystems. Ecological Indicators. 2012. Vol. 18. P. 413–420. DOI: 10.1016/j.ecolind.2011.12.006.

4. Rodnikova I.M., Skirina I.F. Lichenoindication of anthropogenic impact on natural complexes in the islands of the Peter the Great Gulf (Sea of Japan). Geography and natural resources. 2014. Vol. 35. no. 4. P. 337–342. DOI: 10.1134/S1875372814040052.

5. Скирина И.Ф., Коженкова С.И., Родникова И.М. Эпифитные лишайники Приморского края и использование их в экологическом мониторинге. Владивосток: Дальнаука, 2010. 150 с.

Skirina I.F., Kozhenkova S.I., Rodnikova I.M. Epiphytic lichens of Primorsky kray and their application in environmental monitoring. Vladivostok: Dalnauka, 2010. 150 p. (in Russian).

6. Флора лишайников России: Биология, экология, разнообразие, распространение и методы изучения лишайников / отв. ред. М.П. Андреев, Д.Е. Гимельбрант. М., СПб.: Товарищество научных изданий КМК, 2014. 392 с.

The lichenflora of Russia: Biology, ecology, diversity, distribution and methods of studying. Otv. red. M.P. Andreev, D.E. Gimelbrant. M., SPb.: Tovarishchestvo nauchnykh izdanii KMK, 2014. 392 p. (in Russian).

7. Горшков В.В. Использование эпифитных лишайников для индикации атмосферного загрязнения (Методические рекомендации). Апатиты, 1991. 195 с.

Gorshkov V.V. Application of ephiphytic lichens for atmospheric pollution indication (Methodology recommendations). Apatity, 1991. 195 p. (in Rusian).

8. Скирина И.Ф., Родникова И.М., Скирин Ф.В. Видовой состав лишайников Приханкайской равнины (Приморский край) // Новости систематики низших растений. 2009. Вып. 43. С. 213–228.

Skirina I.F., Rodnikova I.M., Skirin F.V. Lichen species from Prikhankaiskaya valley (Primorie territory) // Novosti sistematiki nizshykh rastenii. 2009. Issue. 43. P. 213–228 (in Russian).

9. Скирина И.Ф., Скирин Ф.В. Изучение видового состава эпифитных лишайников и кислотно-щелочных свойств коры дуба монгольского (на примере юга Дальнего Востока России) // Фундаментальные и прикладные проблемы ботаники в начале XXI века: Материалы всероссийской конференции. Часть 2: Альгология. Микология. Лихенология. Бриология. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2008. С. 234–238.

Skirina I.F., Skirin F.V. Investigation of epiphytic lichen species and acid-based quality of *Quercus mongolica* bark (a case study in the south of the Russian Far East) // Fundamental and applied problems of botany at the beginning of the 21st century: Materials of the All-Russian conference. Part 2: Algology. Mycology. Likhenologiya. Briologiya. Petrozavodsk: Karel'skii nauchnyi tsentr RAN, 2008. P. 234–238 (in Russian).

УДК 502:665.6/.7

КОНТРОЛЬ В СФЕРЕ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЭКСПЕРТИЗА КАК СПОСОБ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ НЕГАТИВНЫХ ПОСЛЕДСТВИЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОБЪЕКТОВ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

Степанова Н.Е.

ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет», Волгоград, e-mail: nat_stepanowa@mail.ru

В работе представлено описание состава проектной документации по объектам нефтегазовой отрасли, представляемой на государственную экологическую экспертизу, которая состоит из: пояснительной записки, схемы планировочной организации земельного участка, конструктивных и объемно-планировочных решений, сведений об инженерном оборудовании, сетях инженерно-технического обеспечения, технологические решения, проект организации строительства, перечень мероприятий по охране окружающей среды, мероприятия по обеспечению пожарной безопасности, а также перечень мероприятий по гражданской обороне по предупреждению чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. Приводится пример материалов объекта по разработке углеводородов, представленных на экологическую экспертизу, которые содержат данные о строительстве вертикальной скважины с целью поиска и оценки залежей углеводородов в отложениях, указан тип буровой установки (МБУ) «ZJ-40»: способ бурения верхний, вид привода – ДВС. Проектная глубина по вертикали – 2400 м, по стволу – 2400 м. Процесс бурения состоит из разрушения пород в забое скважины буровой установкой МБУ «ZJ-40», удаления бурового шлама из скважины буровым раствором, подаваемым под давлением насосно-силовой установкой во временный накопитель отходов бурения. В документации подробно расписана работа персонала буровой, обеспечение водой, как будет производиться водоотведение от временного жилья, сбор отходов. Показано, что в среднем при бурении скважины нарушается площадь земли около 4,5 га, на данной территории в проектной документации подробно расписано воздействие на почвенный покров земельного участка и мероприятия по охране почвы, атмосферного воздуха, водных ресурсов, и проектом предусмотрена рекультивация данного земельного участка в два этапа: технический и биологический.

Ключевые слова: экологическая экспертиза, площадь, скважина, нефть, углеводороды, проектная документация

CONTROL IN THE FIELD OF ENVIRONMENTAL PROTECTION AND ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT AS A WAY TO PREVENT THE NEGATIVE EFFECTS OF THE ACTIVITIES OF THE OIL AND GAS INDUSTRY OBJECTS

Stepanova N.E.

Volgograd State Agrarian University, Volgograd, e-mail: nat_stepanowa@mail.ru

The paper presents a description of the composition of the project documentation for the oil and gas industry, submitted to the state ecological expertise which consists of: explanatory notes, schemes of planning organization of the land, structural and space-planning solutions, information about engineering equipment, networks of engineering and technical support, technological solutions, project organization of construction, a list of measures to protect the environment, measures to ensure fire safety, and the list of events on civil defense for the prevention of emergency situations of natural and technogenic character. An example of the materials of the object for the development of hydrocarbons submitted for environmental assessment, which contain data on the construction of a vertical well for the purpose of search and evaluation of hydrocarbon deposits in the sediments, the type of drilling rig (MBU) «ZJ-40»: the method of drilling the upper, the type of drive – ice. The design depth vertically-2400 m, the trunk-2400 m. The drilling process consists of the destruction of rocks in the bottom of the well drilling rig MBU «ZJ-40», removal of drill cuttings from the well drilling fluid supplied under pressure by the pumping power plant in a temporary storage of drilling waste. The documentation describes in detail the work of drilling personnel, the provision of water, how water will be discharged from temporary housing, waste collection. It is shown that, on average, when drilling a well, the land area of about 4.5 hectares is disturbed, in this area the project documentation describes in detail the impact on the soil cover of the land plot and measures for the protection of soil, atmospheric air, water resources, and the project provides for the reclamation of this land plot in two stages: technical and biological.

Keywords: ecological expertise, area, well, oil, hydrocarbons, project documentation

Современное общество сейчас нуждается, не столько в эффективных способах ликвидации негативных последствий антропогенного воздействия на природную среду, сколько в надежных механизмах их предупреждения. В большей степени это относится к объектам, которые занимаются строительством поисково-оценочных скважин, разработкой, переработкой, транспортировкой нефтепродуктов. Отсутствие системного подхода в прошлые годы привело к тому, что появились огромные территории с неблагоприятной и даже кризисной ситуацией. Поэтому в настоящее время проведе-

ние экологической экспертизы проектной документации деятельности объектов нефтегазовой отрасли является очень важным этапом перед началом реализации намечаемой хозяйственной деятельности.

Цель исследования: проанализировать проектную документацию по строительству поисково-оценочной скважины (эксплуатация не рассматривается), представляемую на государственную экологическую экспертизу.

Тема работы актуальна, так как на сегодняшний день на территориях строительства поисково-оценочных скважин для добычи углеводородов и последующей их эксплуатации естественные ландшафты трансформируются в природно-техногенные комплексы, где зачастую обнаруживаются необратимые изменения.

Материалы и методы исследования

В качестве материала для контроля в сфере охраны окружающей среды и проведения экологической экспертизы как способа предупреждения негативных последствий деятельности объектов нефтегазовой отрасли использовали данные проектной документации строительства поисково-оценочной скважины для добычи углеводородов, современного состояния нефтегазового комплекса Волгоградской области [1]. При написании статьи использованы такие методы, как анализ научной литературы, фондовых и картографических материалов полевых исследований, инженерных изысканий проектной документации строительства поисково-оценочной скважины.

Результаты исследования и их обсуждение

Проектная документация, по объектам нефтегазовой отрасли, представленная на государственную экологическую экспертизу [2], должна обязательно включать следующие основные разделы: пояснительная записка, схема планировочной организации земельного участка, конструктивные и объемно-планировочные решения, сведения об инженерном оборудовании, сетях инженерно-технического обеспечения, технологические решения, проект организации строительства, перечень мероприятий по охране окружающей среды, мероприятия по обеспечению пожарной безопасности, а также перечень мероприятий по гражданской обороне по предупреждению чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

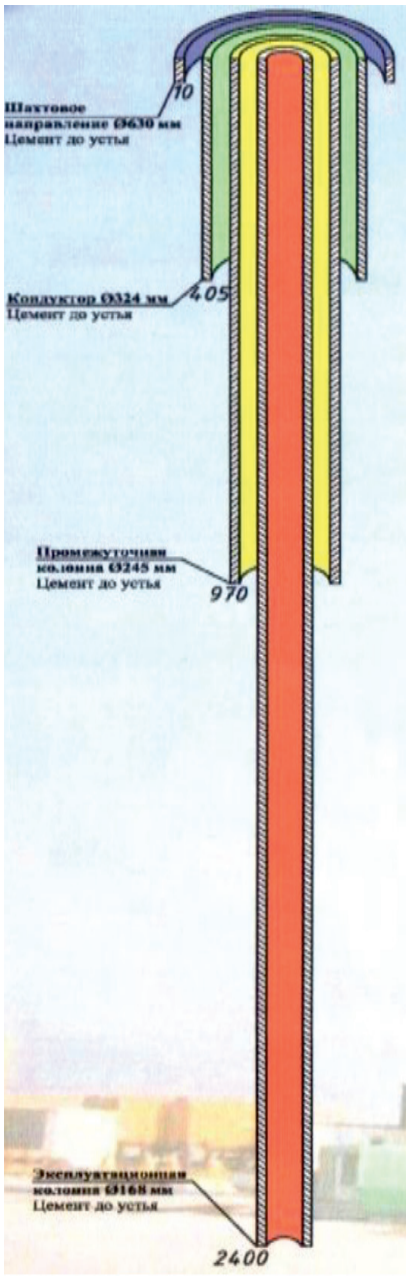
Для объекта разведки углеводородов при бурении скважины раздел технологические решения включает данные о конструкции скважины, буровых растворах, креплении и испытании скважины, продолжительность строительства скважины, мероприятия по предупреждению обвалов, осыпей скважины, техника безопасности, гидравлические и гидродинамические расчеты при бурении.

Проанализируем состав проектной документации объекта по строительству поисково-оценочной скважины для разработки углеводородов, расположенной на территории Волгоградской области. В проектной документации имеется вся разрешительная документация на выполнение данного вида работ. Состав разделов проектной документации соответствует действующему в РФ природоохранному законодательству. В разделе ОВОС, который является обязательным в проектной документации, представлены данные о фоновых концентрациях загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, почве, водных объектах.

Анализ отбора проб компонентов окружающей среды и выполнение аналитических исследований показал следующие результаты: концентрация загрязняющих компонентов в атмосферном воздухе не превышает ПДК; содержание тяжелых металлов в почве не превышает ОДК, радиационная обстановка – удовлетворительная и безопасная; подземные воды на площадке на момент изысканий не вскрыты; на территории объектов растительного и животного мира, занесенных в Красные книги РФ, не зафиксированы [3, 4].

В проектной документации содержатся данные о строительстве вертикальной скважины с целью поиска и оценки залежей углеводородов в отложениях верхнего девона, с применением буровой установки (МБУ) «ZJ-40» (страна-производитель – Китай): способ бурения верхний, вид привода – ДВС. Указана проектная глубина по вертикали – 2400 м, процесс бурения состоит из разрушения пород в забое скважины буровой установкой МБУ «ZJ-40», удаления бурового шлама из скважины буровым раствором, подаваемым под давлением насосно-силовой установкой во временный накопитель отходов бурения (рисунок). Для сбора отработанных буровых растворов, буровых сточных вод и бурового шлама предусматривается временный накопитель отходов бурения (котлован с усиленной гидроизоляцией) объемом 1400 м^3. В проекте

для предупреждения намыва пробок грунта и стабилизации стенок скважины предусмотрено использование полимер-бентонитового раствора с высокими реологическими характеристиками.



Конструкция скважины

Средний размер земельного участка, отводимого под строительство площадки, поисково-оценочной скважины составляет 3,3 га, под проезд к площадке – 1,2 га. Площадь застройки на период разработки составляет 6447 м^2, включает в себя сооружения буровой установки, сооружения для хранения средств обеспечения работы бурового оборудования, спецтехники, вагон-дома вахтового поселка. Площадь дополнительной территории 870 м^2, включает в себя площадки для спецоборудования, для автокрана, сыпучих материалов, спецтехники, станции ГТК и разворотных площадок. В проектной документации указывается график работы персонала буровой, и в основном с применением вахтового метода в две смены по 12 ч. Для обустройства быта рабочего персонала указывается, что обеспечение питьевой и технической водой, необходимой для производственных нужд, будет за счет привозной воды. Питьевая вода доставляется на объект специальным автотранспортом во флягах или автоцистерной. Отведение хозяйственно-бытовых стоков от бытовых помещений в сборник сточных вод производится в септик (пластиковый) объемом 8 м^3 по закрытой, подземной, самотечной системе канализации (альтернативой септика может служить металлическая емкость прошедшая антикоррозионную обработку). В документации подробно расписано местоположение биотуалетов (на расстоянии не менее 25 м от зоны вахтового поселка), что соответствует требованиям санитарных норм [5].

Работы по строительству скважины предполагают непосредственное механическое воздействие и возможное химическое воздействие на почвенный покров земельного участка площадью 4,5 га, отводимого для реализации намечаемой деятельности. Механическое воздействие включает изъятие напочвенного покрова и нарушение верхнего слоя почв (планировка территории, рытье траншей, сооружение обвалования, строительство подъездных дорог, прокладка трубопроводов и пр.). Химическое воздействие, оказываемое на почвенный покров, может быть связано с загрязнением буровыми и тампонажными растворами; буровыми, промышленными и хозяйственно-бытовыми отходами и стоками; горюче-смазочными материалами (таблица).

Под воздействием агентов химического загрязнения могут произойти качественные и количественные изменения физико-химического состояния почв: трансформация отдельных морфологических признаков (цементация, растрескивание почвенных горизонтов и т.п.); перестройка морфологии всего профиля; смена кислотно-щелочных и окислительно-восстановительных условий, снижение биохимической активности почв. В результате может произойти

деградация генетического профиля почв, образование насыпных и погребных техногенных горизонтов почв, цементация и др. Значительное химическое загрязнение почв территории размещения объекта возможно только в аварийных ситуациях. При соблюдении технологического регламента предполагаемое загрязнение должно иметь локальный характер [6].

В проекте указывается, что при соблюдении технологического регламента буровых работ существенного загрязнения почвы не ожидается. Проектная документация содержит краткую информацию об аварийных ситуациях (газо- и нефтепроявления, пожар), возможных в ходе выполнения буровых работ. Предупреждение подобного рода аварийных ситуаций решается строгим соблюдением технологических параметров бурения.

При незначительном проливе ГСМ для предотвращения их растекания и загрязнения грунта, производится сухая зачистка территории песком, с последующим сбором образованных отходов в контейнер.

В составе проектной документации представлены проектные решения по рекультивации нарушенных земель, подверженных частичному или полному нарушению плодородного слоя в результате строительства скважины по разработке углеводородов. Рекультивация нарушенных земель в проекте происходит в сельскохозяйственном направлении, вид использования рекультивированных земель: пашни, сенокосы, пастбища [7].

Технической рекультивации будет подвержен участок земли площадью 4,5 га, с которого в период строительства скважины планируется снятие плодородного слоя почвы. Биологический этап рекультивации включает комплекс агротехнических и фитомелиоративных мероприятий, направленных на закрепление поверхностного слоя почвы корневой системой растений, для создания сомкнутого травостоя и предотвращения развития водной и ветровой эрозии.

В проектной документации технический этап рекультивации предусматривает проведение следующих объемов работ: срезка плодородного слоя почвы с перемещением во временный отвал; восстановление плодородного слоя почвы, с перемещением из временных отвалов; планировка грунта в зоне рекультивации механизированным способом; уплотнение грунта вибрационными катками. Плодородный слой из отвалов послойно наносится на всю территорию с уплотнением спецкатками, не менее 3–5 проходов по нанесенной почве [8–10].

Технический этап рекультивации считается законченным, если поверхность равномерно выровнена относительно прилегающих массивов по всей площади земельного участка. Осуществление биологического этапа рекультивации земель сельскохозяйственного назначения проводят по окончании работ технического этапа, который предусматривает возвращение ранее снятого плодородного слоя почвы из временных отвалов на спланированную поверхность.

Биологический этап включает следующие основные виды агротехнических и фитомелиоративных мероприятий. Для восстановления содержания питательных веществ в почве, доступных для растений, вносится полный комплекс органических и минеральных удобрений. Слежавшиеся минеральные удобрения перед внесением в почву измельчаются и просеиваются через сито.

Согласно рекомендациям для внесения в почву приняты минимальные дозы органических – 100 т/га, внесение минеральных удобрений: фосфатных – 60 кг/га, калийных – 40 кг/га, азотных – 80 кг/га, посев многолетних трав – 24 кг/га.

Предварительно перед посевом трав на глубину 12–14 см производится дискование почвы с целью рыхления ее поверхностного слоя, которое предохраняет почву

Перечень загрязняющих веществ, поступающих в окружающую среду при строительстве скважины

Загрязняющее вещество	Используемый критерий	Значение критерия, мг/м^3	Класс опасности	Суммарный выброс вещества, г/с
Железа оксид	ПДК с/с	0,04000	3	0,00052
Калия хлорид	ПДК м/р	0,30000	4	0,00003
Марганец и его соединения	ПДК м/р	0,01000	2	0,00004
Пропан	ОБУВ	50,0000	–	0,07290

от быстрого высыхания, улучшает воздухопроницаемость и водопроницаемость, и способствует накоплению в ней питательных веществ. После дискования обязательной технологической операцией является предпосевная культивация на глубину 3 см верхнего слоя почвы.

Далее выполняется посев трав. Наиболее пригодной для местных почвенно-климатических условий Волгоградской области является засухоустойчивая культура люцерна желтая. Согласно справочным данным, примерная норма высева семян трав при рядовом одновидовом беспокровном посеве при 100 % хозяйственной годности для люцерны желтой составляет 24 кг/га. Чтобы семена люцерны высеять не глубже 2–3 см, осуществляют предпосевное прикатывание почвы.

По завершению посева люцерны предусматривается послепосевное прикатывание почвы, которое повышает всхожесть семян и способствует лучшему развитию корневой системы трав. Механизированные работы по биологической рекультивации выполняются только в ранневесеннее или осеннее время, при достижении почвой состояния «физической спелости».

Выявленные в ходе контроля дефекты, отклонения от проектной документации устраняются до сдачи рекультивируемых земель в эксплуатацию. В проектной документации представлены предложения по организации производственного экологического контроля (мониторинга) за характером изменения состояния почвы. Контроль состояния почвы будет проводиться на буровой площадке в период строительства скважины и в ходе рекультивации нарушенных земель. Мониторинг планируется осуществлять с привлечением аккредитованной лаборатории.

В целом проектная документация соответствует всем требованиям природоохранного законодательства РФ и дает полную картину предполагаемой деятельности.

Заключение

В результате анализа проектной документации можно сделать вывод, что в разделах представлена всесторонняя оценка существующего положения и предполагаемого воздействия деятельности по строительству поисково-оценочной скважины для добычи углеводородов (эксплуатация скважины в документации не рассматривается). Предусмотренные проектные решения и природоохранные мероприятия позволят обеспечить допустимое воздействие на почву, земельные ресурсы, атмосферный воздух, водные объекты в период реализации проектных решений. С целью возвращения в исходное состояние нарушенной территории необходимо вносить в проектную документацию данного типа экономические расчеты поэтапного проведения рекультивационных работ нарушенной территории.

Волгоградская область относится к регионам, где расположены мелкие месторождения углеводородов и большинство скважин находится на завершающей стадии добычи нефти, поэтому необходимо усилить контроль за состоянием территорий, на которых завершены рекультивационные мероприятия, и провести повторную экспертизу нарушенной территории после завершения работ (консервация «сухих» месторождений или выработавших свой ресурс).

Список литературы / References

1. Пряхин С.И. Нефтепромыслы Волгоградской области: состояние и перспективы // Нефтепромысловое дело. 2014. № 5. С. 38–52.

Pryakhin S.I. Oil and gas fields of Volgograd region: present state and prospects / / Oilfield business. 2014. № 5. P. 38–52 (in Russian).

2. Федеральный закон «Об экологической экспертизе» от 23.12.1995 № 174-ФЗ. [Электронный ресурс]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_8515/ (дата обращения: 01.03.2019).

Federal law «About Environmental Assessment» of 23.12.1995 № 174-FZ. [Electronic resource]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_8515/ (date of access: 01.03.2009) (in Russian).

3. Степанова Н.Е. Экологическая экспертиза почв Волгоградской области // Инновационное развитие регионов: потенциал науки и современного образования: материалы Национальной научно-практической конференции (г. Астрахань, 9 февраля 2018 г.). Астрахань: Изд-во ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2018. С. 257–260.

Stepanova N.E. Ecological expertise of soils of the Volgograd region // Innovative development of regions: the potential of science and modern education: proceedings of the National scientific and practical conference (Astrakhan, February 9, 2018). Astrakhan: Izd-vo GAOU AO VO «AGASU», 2018. P. 257–260 (in Russian).

4. Степанова Н.Е. Контроль, экологическая оценка и восстановление нарушенных земель Волгоградской области // Успехи современного естествознания. 2018. № 4. С. 155–159.

Stepanova N. E. Monitoring and environmental assessment disturbed soils of the Volgograd region // Advances in modern natural science. 2018. № 4. P. 155–159 (in Russian).

5. СанПиН 2.2.3.1384-03. «Гигиенические требования к организации строительного производства и строительных работ». Постановление Министерства здравоохранения Российской Федерации, главного государственного санитарного врача РФ от 11 июня 2003 года № 141. [Электронный ресурс]. URL: http://docs.cntd.ru/document/901865872. (дата обращения: 01.03.2019).

6. Нарманова Р.А., Аппазов Н.О., Керейтбаева Н.С. Загрязнение углеводородами нефти почвы в зоне влияния предприятий нефтяной отрасли // Научный альманах. 2016. № 4–3 (18). С. 425–429. DOI: 10.17117/na.2016.04.03.425.

Narmanova R.A., Appazov N.O., Kereytbaeva N.S. Pollution of oil hydrocarbons the soil in the zone of oil industry enterprises influence // Scientific almanac. 2016. № 4–3 (18). P. 425–429 (in Russian).

7. Парфенов В.Г. Рекультивация нефтезагрязненных земель. Тюмень: ТюмГНГУ, 2015. 96 с.

Parfenov V.G. Reclamation of oil-contaminated lands. Tyumen: TyumGNGU, 2015. 96 p. (in Russian).

8. Семененко С.Я., Морозова Н.В. Рекультивация почвы методом ферментативной биостимуляции на объекте захоронения твердых бытовых отходов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2017. № 3 (47). С. 78–86.

Semenenko S.Ya., Morozova N.V. Soil reconstruction by the method of enzyme biostimulation on the object of burial of household hard waste // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vy`sshee professional`noe obrazovanie. 2017. № 3 (47). P. 78–86 (in Russian).

9. Осипов А.И., Пономарева Л.В., Цветкова Н.П., Торгованова В.А. Разработка способа рекультивации нефтезагрязненных почв // В сборнике: Почвы и их плодородие на рубеже столетий. Материалы 2-го съезда Белорусского общества почвоведов, посвященного 70-летию Белорусского НИИ почвоведения и агрохимии. Минск, 2001. С. 103–106.

Osipov A.I., Ponomareva L.V., Tsvetkova N.P., Torgovanova V.A. Development of a method of remediation of oil-contaminated soils // In the book: Soil and fertility at the turn of the century. Materials of the 2nd Congress of the Belarusian society of soil scientists, dedicated to the 70th anniversary of the Belarusian research Institute of soil science and Agrochemistry. Minsk, 2001. P. 103–106 (in Russian).

10. Шейнфельд С.А., Касьянов, П.В. О сборнике инновационных решений по сохранению биоразнообразия для нефтедобывающего комплекса // Экологический вестник России. 2015. № 7. С. 20–24.

Sheinfeld S.A., Kasyanov P.V. About the collection of innovative solutions for biodiversity conservation for the oil industry // Ekologicheskij vestnik Rossii. 2015. № 7. 274 p. (in Russian).

УДК 504.3.054

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ ПЕСКОВ ХВОСТОХРАНИЛИЩ ДЖИДИНСКОГО ВОЛЬФРАМО-МОЛИБДЕНОВОГО КОМБИНАТА НА СОДЕРЖАНИЕ МЕЛКОДИСПЕРСНОЙ И СУБМИКРОННОЙ ФРАКЦИИ АЭРОЗОЛЯ В АТМОСФЕРЕ ГОРОДА ЗАКАМЕНСКА

Цыдыпов В.В., Жамсуева Г.С., Заяханов А.С., Стариков А.В., Дементьева А.Л., Нагуслаев С.А., Бальжанов Т.С., Сунграпова И.П.

ФГБУН «Институт физического материаловедения» Сибирского отделения Российской академии наук, Улан-Удэ, e-mail: tsydypov@inbox.ru

Одним из значимых показателей качества атмосферного воздуха является содержание в нем взвешенных веществ. Согласно документам Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), взвешенные вещества – мелкодисперсные фракции аэрозоля PM_{10} (частицы размером менее 10 мкм), содержащиеся в атмосферном воздухе, являются по степени своего вредного воздействия одним из наиболее значимых факторов влияния загрязнения воздуха на здоровье населения. Взвешенные частицы при проникновении в органы дыхания человека приводят к нарушению системы дыхания и кровообращения. В статье впервые представлены результаты экспериментальных исследований пространственно-временного распределения мелкодисперсной фракции аэрозоля PM_{10} в воздухе г. Закаменска. Город Закаменск характеризуется неблагоприятной экологической ситуацией, связанной, прежде всего, с деятельностью бывшего Джидинского вольфрамо-молибденового комбината. По результатам инструментальных замеров атмосферного воздуха выявлены районы с максимальным содержанием PM_{10}, превышающим среднесуточные предельно допустимые концентрации (до $4ПДК_{сс}$). Существенное увеличение концентрации PM_{10} в атмосфере города наблюдается при преобладании восточного и северо-восточного ветра, со стороны Барун-Нарынского хвостохранилища. Проведены измерения счетной концентрации частиц субмикронной фракции аэрозоля в селитебной зоне г. Закаменска. Установлено, что в течение суток преобладает субмикронная фракция аэрозоля, представленная модой Айткена (0,01 мкм < d < 0,08 мкм) и аккумуляционной модой (0,08 мкм < d < 0,2 мкм). Обнаружено высокое содержание аэрозольных частиц субмикронной фракции с общей счетной концентрацией 7538 частиц/см^3. Методом атомно-абсорбционной спектрометрии проведен химический анализ мелкодисперсного аэрозоля PM_{10} на содержание тяжелых металлов. Обнаружено, что основными загрязнителями атмосферы являются хром Cr, никель Ni, медь Cu, свинец Pb. Содержание свинца в атмосфере Закаменска превышает предельно допустимую среднесуточную концентрацию в 2 раза.

Ключевые слова: атмосфера, мелкодисперсная и субмикронная фракции аэрозоля PM_{10}, химический анализ, тяжелые металлы, хвостохранилище

THE IMPACT OF TECHNOGENIC SANDS OF TAILING OF THE DZHIDIN TUNGSTEN-MOLYBDENUM COMBINE ON THE CONTENT OF FINE AND SUBMICRON FRACTION OF AEROSOL IN THE ATMOSPHERE OF ZAKAMENSK

Tsydypov V.V., Zhamsueva G.S., Zayakhanov A.S., Starikov A.V., Dementeva A.L., Naguslaev S.A., Balzhanov T.S., Sungrapova I.P.

Institute of Physical Materials of Science, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Ulan-Ude, e-mail: tsydypov@inbox.ru

One of the significant indicators of air quality is the content of suspended substances in an atmophere. According to the documents of the World Health Organization (WHO), suspended substances – PM10 aerosol fractions (particles less than 10 microns in size) are one of the most significant factors influencing the health of air pollution on the population. The article presents for the first time the results of experimental studies of the spatial-temporal distribution of the suspended particles PM_{10} in the atmosphere of Zakamensk. Areas with maximum levels of concentration of the suspended particles, exceeding allowable concentration are revealed. A significant increase of PM_{10} concentration in the city's atmosphere is observed with the predominance of the eastern and northeasterly winds from the Barun-Naryn tailing pond. In the residential zone of Zakamensk the concentration of submicron aerosol particles were measured. It was found that during the day, the submicron aerosol fraction represented by the Aitken mode (0,01μm<d<0,08 μm) and the accumulative mode (0,08 μm<d<0,2 μm) prevails. The high content of aerosol particles of submicron fraction with total counting concentration of 7538 particles/cm^3 was found. By atomic absorption spectrometry the chemical analysis of the suspended particles PM_{10} particles on the content of heavy metals has carried out. It was found that the main pollutants of the atmosphere are chromium Cr, nickel Ni, copper Cu, and lead Pb. The lead content in the atmosphere of Zakamensk exceeds the maximum daily average daily concentration by 2 times.

Keywords: atmosphere, fine and submicron aerosol fraction PM10, chemical analysis, heavy metals, tailing pond

В последние годы проблема рационального использования природных ресурсов вызывает большой интерес в связи с загрязнением окружающей среды и истощением запасов полезных ископаемых. Процесс разработки полезных ископаемых сопровождается вторжением в окружающую среду и нарушением природного равновесия.

Среди природно-техногенных образований, сформированных в результате деятельности горнодобывающей промышленности, особое место занимают хвостохранилища. Образование хвостохранилищ создает благоприятные условия для проявления ветровой эрозии и, как следствие, ведет к значительному запылению прилегающих территорий. Одним из примеров пылевого загрязнения от техногенных образований являются хвостохранилища обогатительных фабрик закрывшегося в 1997 г. Джидинского вольфрамо-молибденового комбината (ДВМК), который располагался в черте г. Закаменска Республики Бурятия.

В хвостохранилищах комбината было накоплено 44,5 млн т отходов обогащения на площади 12 км^2 [1]. Как показали экологические исследования, проводившиеся в разные годы в этом районе, более 65 лет под воздействием производственных отходов комбината оказались загрязненными токсичными элементами атмосфера, почва, растительность, поверхностные и подземные воды. В 2011 г. в рамках реализации федеральной целевой программы техногенные пески, прилегающие в селитебной зоне г. Закаменска, были перемещены за его пределы в отвал в пади Барун-Нарын с целью их дальнейшей переработки. Однако это еще более усугубило критическую ситуацию, поскольку хвостохранилище переместили на возвышенность с восточной стороны в 1,5 км от города. Вертикальные потоки воздуха над нагретой поверхностью вызывают появление пылевых столбов радиусом от 5 до 100 м и высотой до 2 км. Под действием ветрового потока и прогрева земной поверхности техногенные пески переносятся на близлежащие территории. Мелкие частицы при сильном ветре составляют 3–40 % от величины суммарного переноса пыли [2]. По степени своего вредного воздействия одним из наиболее значимых факторов, влияющих на загрязнение атмосферного воздуха и на здоровье населения, согласно документам Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), являются мелкодисперсные фракции аэрозоля PM_{10} (частицы размером менее 10 мкм) и субмикронные фракции аэрозоля (частицы размером менее 1 мкм) [3]. По российским нормам, среднее за сутки содержание PM_{10} в воздухе не должно превышать 0,06 мг/м^3 ($ПДК_{сс}$). Максимальный разовый уровень предельно допустимой концентрации ($ПДК_{м.р.}$) для PM_{10} составляет 0,3 мг/м^3 [4].

Сложившаяся неблагоприятная экологическая обстановка предопределяет актуальную проблему исследования – необходимость получения натурных данных о концентрациях мелкодисперсной и субмикронной фракций аэрозоля и пути их переноса в атмосфере г. Закаменска и прилегающих территорий к хвостохранилищам Джидинского вольфрамо-молибденового комбината.

В статье приводятся результаты специальных рекогносцировочных исследований мелкодисперсных и субмикронных фракций аэрозоля для объективной оценки воздействия хвостохранилищ Джидинского вольфрамо-молибденового комбината на качество атмосферного воздуха г. Закаменска.

Материалы и методы исследования

Отборы проб воздуха проводились в октябре 2014 г. и 2015 г. в пунктах 1, 2, 3 (рис. 1) на фильтры АФА-ХА с помощью высокообъёмного пробоотборника мелкодисперсного аэрозоля PM_{10} фирмы Andersen Instruments Inc. (США) со скоростью прокачки воздуха 1,7 м^3/мин. Дополнительно в октябре 2015 г. в пункте 4 проводились измерения счетной концентрации аэрозольных частиц с помощью диффузионного спектрометра аэрозолей (ДСА) [5]. Диффузионный спектрометр аэрозолей позволяет с высокой точностью в реальном режиме времени измерять концентрацию аэрозольных частиц диаметром до 0,2 мкм, а также распределение их содержания по размерам.

Методом атомно-абсорбционной спектрометрии с помощью спектрометра КВАНТ–Z.ЭТА проведен химический анализ мелкодисперсного аэрозоля PM_{10} на содержание кадмия (Cd), свинца (Pb), хрома (Cr), никеля (Ni), мышьяка (As). За весь период наблюдения было отобрано 118 проб. Одновременно с отбором проб воздуха проводились измерения метеорологических параметров с помощью акустического метеокомплекса АМК-03 [6].

Пункт № 1 расположен в селитебной городской зоне вблизи бывшего ДВМК, ранее рядом с которым находились первичные техногенные отходы хвостохранилища «Лежалые пески».

Пункт № 2 можно считать условно «фоновым», который расположен на склоне горного хребта на расстоянии 3 км от скоплений техногенных песков.

Пункт № 3 расположен непосредственно на территории Барун-Нарынского хвостохранилища.

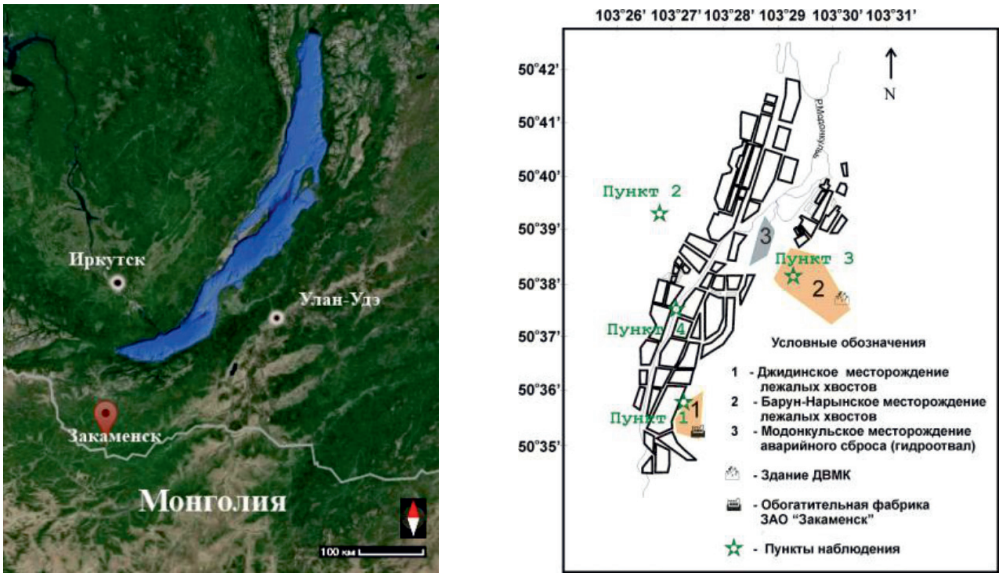


Рис. 1. Пункты отбора проб мелкодисперсных и субмикронных фракций аэрозоля в атмосферном воздухе г. Закаменска

Пункт № 4 находится в центральной части города в жилом массиве вблизи пересечения автомобильных дорог.

Результаты исследования и их обсуждение

Исследование ветровых характеристик района. Город Закаменск расположен в межгорной котловине, вплотную к нему примыкают средневысотные горы с абсолютными отметками 1300–1400 м. Часто наблюдаются приземные инверсии (повышение температуры воздуха с высотой) в сочетании с периодами слабых ветров, что приводит к застою воздуха. Поскольку в г. Закаменске отсутствует метеорологическая станция наблюдения, для исследования ветровых характеристик (скорости и направления ветра) использованы фондовые данные за 3-летний период (1999–2001 гг.) ближайшей метеорологической станции Цакир (с. Цакир расположено в 23 км от районного центра – г. Закаменска). Обработано и проанализировано 18503 данных измерений.

Во все сезоны года в суточном ходе скорости ветра максимум наблюдается в 18 ч и минимум в 06 ч. Средняя годовая скорость ветра невелика и составляет 1,5 м/с. Максимальные значения скорости ветра наблюдались весной в мае, в отдельные дни порывы ветра достигали до 34 м/с. Минимальные значения с преобладающей градацией скорости ветра 0–2 м/с выявлены в зимний период. Отличительной чертой ветрового режима является большая повторяемость штилей: зимой – 26%, весной – 11%, летом – 8%, осенью – 18%, что способствует накоплению загрязняющих веществ над городом.

Анализ данных по повторяемости направления ветра позволяет сделать вывод о том, что во все сезоны года преобладают западное, юго-западное и северо-западное направления ветра. В зимний период преимущественно наблюдаются ветра западного направления (40%), наименьшую повторяемость имеют ветра юго-восточного (2%), северного (6%), южного (7%), северо-восточного (8%) и восточного (9%) направлений. Весной, летом и осенью преобладание западного ветра сохраняется (26%, 24%, 32%), но отмечается возрастание повторяемости восточного направления ветра 15%, 22% и 15% соответственно. В весенне-летний период при преобладании восточного направления ветра техногенная пыль с Барун-Нарынского хвостохранилища переносится на город, создавая тем самым неблагоприятную экологическую обстановку и угрозу риска здоровья населения.

Пространственно-временное распределение мелкодисперсной фракции аэрозоля PM_{10}. На рис. 2 представлен суточный ход массовой концентрации мелкодисперсной фракции аэрозоля PM_{10}. В течение суток значения концентрации PM_{10} варьировались в интервале 0,001–0,333 мг/м^3. Из рис. 2

видно, что максимальные концентрации PM_{10} наблюдались в пункте 3 на Барун-Нарынском хвостохранилище, значения которых выше в 1,8 раза, чем в пункте 1 и выше в 30,9 раза, чем в пункте 2 (условно «фоновый» пункт). Повышенный уровень мелкодисперсного аэрозоля связан с тем, что с подстилающей поверхности хвостохранилища, контуры которого являются незакрепленными, открытыми и эрозионно-опасными, под воздействием ветра происходит подъем и перенос аэрозольных частиц. Рассчитано, что с одного гектара сухой поверхности хвостохранилища при скорости ветра от 0,5 до 0,8 м/с в атмосферу поступает от 2,0 до 5,0 т мелкодисперсной пыли в сутки [7].

В пункте 3 в суточном ходе массовой концентрации PM_{10} максимум приходится на дневные и ночные, а минимум на утренние часы. Амплитуда составила 0,192 мг/м^3. Среднесуточная концентрация PM_{10}, составила 0,247 мг/м^3, что превысило $ПДК_{сс}$ в 4,1 раза. В дневное время с ростом температуры и усилением турбулентных процессов в приземном слое атмосферы наблюдался высокий уровень массовой концентрации PM_{10}, который превышал максимально разовые $ПДК_{мр}$ в 1,1 раза.

В селитебной городской зоне (пункт 1) в течение дня также наблюдались повышенные значения концентрации PM_{10} с максимумом 0,167 мг/м^3 в вечерние часы. Если в пункте 3 на высокий уровень концентрации PM_{10} влияет непосредственно Барун-Нарынское хвостохранилище, то в пункте 1 повышенные значения мелкодисперсной фракции аэрозоля могут быть вследствие влияния нескольких факторов. Во-первых, пункт 1 расположен на территории, к которой раньше вплотную примыкали техногенные пески хвостохранилище «Лежалые пески». Однако рекультивированное хвостохранилище в 2011 г., на котором отсутствует растительный покров, а верхний слой, представляющий собой смесь погребенного ранее гумусового горизонта и отходов производства, по-прежнему является источником поступления в атмосферу мелкодисперсных взвешенных частиц и тяжелых металлов [8]. Во-вторых, расположенные в пределах 300–400 м от пункта 1 котельная города и завода «Литейщик» вносят дополнительный вклад в загрязнение воздуха. В пункте 1 среднесуточная концентрация PM_{10} превышала $ПДК_{сс}$ в 2,3 раза.

Наиболее чистый воздух наблюдался в пункте 2, который расположен на возвышенности и менее подвержен влиянию антропогенной эмиссии. В данном пункте суточный ход массовой концентрации PM_{10} слабо выражен. Среднесуточная концентрация PM_{10} составила 0,009 мг/м^3.

Содержание субмикронной фракции аэрозоля. В октябре 2015 г. проведены натурные наблюдения за микрофизическими характеристиками аэрозоля в атмосфере г. Закаменска в пункте 4, который находился в центральной части города в жилом массиве. Установлено, что в течение суток преобладает субмикронная фракция аэрозоля, представленная модой Айткена (0,01 мкм < d < 0,08 мкм) и аккумуляционной модой (0,08 мкм < d < 0,2 мкм), что свидетельствует об антропогенном происхождении аэрозольных частиц. Из рис. 3 видно, что в течение суток 14.10.15–15.10.15 максимум общей счетной концентрации аэрозоля приходится на утренние и дневные часы. Максимальное содержание аэрозоля составило 7538 частиц/см^3.

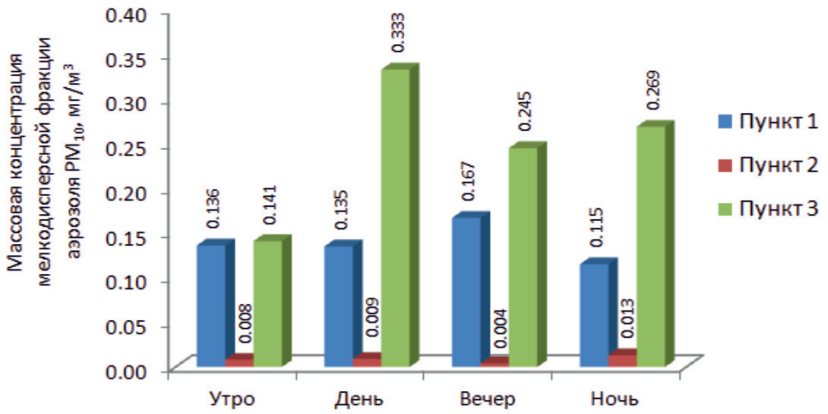


Рис. 2. Суточный ход массовой концентрации PM_{10}, октябрь 2014 г.

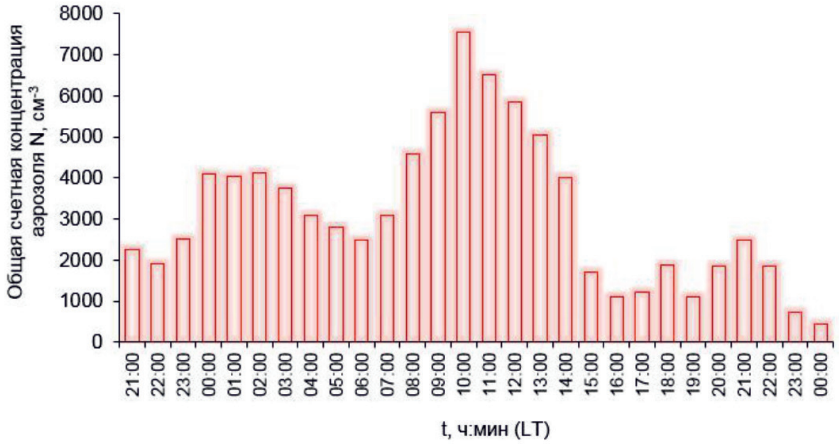


Рис. 3. Суточный ход среднечасовых значений общей счетной концентрации субмикронной фракции аэрозоля в приземном слое атмосферы г. Закаменска

По данным акустического метеокомплекса АМК-03 в период измерений часто наблюдалось преобладание северо-восточного и восточного ветра со стороны Барун-Нарынского хвостохранилища, что может служить основной причиной аэрозольного загрязнения атмосферы в пункте 4. Следует отметить, что подобные высокие концентрации аэрозолей характерны для пустыни Гоби в период прохождения пыльной бури, когда общая счетная концентрация увеличивалась до 8000 частиц/см^3 [9]. В ночные и вечерние часы также наблюдается повышенный уровень счетной концентрации аэрозоля (до 4131 частиц/см^3). Дополнительный вклад в аэрозольное загрязнение атмосферы вносит автотранспорт, выхлопные газы которого оказывают существенное влияние на состояние приземного аэрозоля в окрестностях пункта 4.

Содержание тяжелых металлов в мелкодисперсной фракции аэрозоля PM_{10}. Проведен химический анализ на тяжелые металлы мелкодисперсной фракции аэрозоля PM_{10}, отобранной в пункте 1. Содержание химических элементов, представляющих собой приоритетные загрязнители, прежде всего обусловлено их поступлением из нескольких источников: хвостохранилищ с высокими концентрациями тяжелых металлов, от завода «Литейщик», от котельной города и автотранспорта. Анализ полученных экспериментальных данных показал, что тяжелые металлы образуют следующий ряд концентраций: Pb > Ni > Cu > Cr > Cd > As > Zn. Результаты элементного анализа мелкодисперсной фракции аэрозоля PM_{10} представлены на рис. 4.

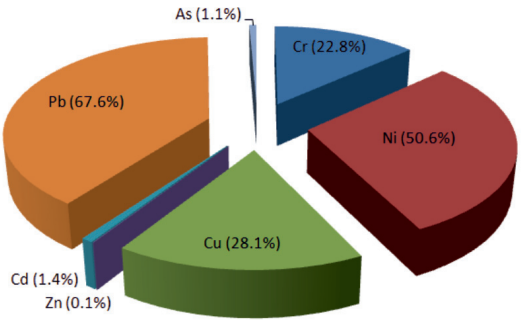


Рис. 4. Процентное содержание тяжелых металлов в мелкодисперсной фракции аэрозоля PM_{10}

В мелкодисперсной фракции аэрозоля PM_{10} по массовой доле преобладают свинец Pb и никель Ni, концентрации, которых в течение дня изменялись от $43{,}64*10^{-5}$ до $73{,}6*10^{-5}$ мг/м^3 и от $35{,}80*10^{-5}$ до $64{,}29*10^{-5}$ мг/м^3 соответственно. В суточном ходе практически по всем анализируемым элементам максимальные концентрации тяжелых металлов отмечаются в дневные часы. Выявлено, что содержание свинца превышало в 2 раза предельно допустимую среднесуточную концентрацию (ПДК = $30*10^{-5}$ мг/м^3). Отметим, что свинец по своему воздействию на организм человека относится к веществам 1 класса опасности. Содержание остальных тяжелых металлов в атмосферном воздухе не превышает соответствующие им гигиенические нормативы [10].

Заключение

Проведенные экспериментальные исследования пространственно-временного

распределения мелкодисперсной фракции аэрозоля позволяют сделать вывод, что в атмосфере г. Закаменска наблюдается увеличение концентрации PM_{10} при восточном и северо-восточном направлении ветра со стороны Барун-Нарынского хвостохранилища. Наиболее подверженными влиянию антропогенной нагрузки являются пункты 1 и 3, находящиеся в непосредственной зоне воздействия техногенных песков хвостохранилищ Джидинского вольфрамо-молибденового комбината. Выявлено высокое содержание аэрозольных частиц субмикронной фракции с общей счетной концентрацией, равной 7538 частиц/см^3, сравнимое с концентрацией в пустыне Гоби в период прохождения пыльных бурь. Обнаружено, что содержание свинца в атмосфере Закаменска превышает предельно допустимую среднесуточную концентрацию в 2 раза.

Результаты исследования пространственно-временного распределения мелкодисперсной и субмикронной фракций аэрозоля в атмосфере г. Закаменска могут быть использованы для оценки риска здоровью населения, для успешного осуществления мероприятий по ликвидации накопленных экологических последствий деятельности Джидинского вольфрамо-молибденового комбината в рамках реализации федеральной целевой программы «Охрана озера Байкал и социально-экономическое развитие Байкальской природной территории на 2012–2020 годы».

Работа выполнена в рамках базового финансирования проекта № 0336-2019-0007.

Список литературы / References

1. Иметхенов А.Б., Иметхенов О.А., Иметхенова О.В. Влияние техногенных песков Джидинского вольфрамо-молибденового комбината (Джидакомбината) на окружающую среду (Республика Бурятия) // Вестник ВСГУТУ. 2016. № 6. С. 47–53.

Imetkhenov A.B., Imetkhenov O.A., Imetkhenova O.V. The influence of technogenic sand of Dzhidinsky tungsten and molybdenum plant (Dzidakompinat) on the environment (Republic of Buryatia) // Vestnik Esstu. 2016. № 5. P. 47–53 (in Russian).

2. Махонько К.П. Возникновение ветрового переноса пыли над подстилающей поверхностью. Обнинск: ГМЦ СССР, 1968. 49 с.

Makhonko K.P. The emergence of wind transfer of dust over the underlying surface. Obninsk: GMT USSR, 1968. 49 p. (in Russian).

3. Информационный бюллетень. Воздействие взвешенных частиц на здоровье. Значение для разработки политики в странах Восточной Европы, Кавказа и Центральной Азии. Европейское региональное бюро Всемирной организации здравоохранения. Копенгаген: ВОЗ, 2013. 20 с.

Bulletin. The effects of suspended particles on health. Significance for policy development in Eastern Europe, the Caucasus and Central Asia. World Health Organization Regional Office for Europe. Copenhagen: WHO, 2013. 20 p. (in Russia).

4. РД 52.04.830-2015. Массовая концентрация взвешенных частиц PM10 и PM2,5 в атмосферном воздухе. Методика измерений гравиметрическим методом. СПб.: ГГО им. А.И. Воейкова, 2015. 41 с.

RD 52.04.830-2015. Mass concentration of suspended particles PM10 and PM2.5 in atmospheric air. Measurement method gravimetric method. SPb.: GGO A.I. Voeikova, 2015. 41 p.

5. Анкилов А.Н., Бакланов А.А., Еременко С.И., Дубцов С.Н., Митроченко В.Г., Валиулин С.В., Овчинникова Т.Э., Карасев В.В. Спектрометр для оперативного контроля размеров и концентрации наночастиц в газовой фазе // Фундаментальные основы МЭМС- и нанотехнологий: доклады IV Всероссийской конференции (г. Новосибирск, 06-08 июня 2012 г.). Новосибирск: Изд-во НГАСУ (Сибстрин), 2012. С. 41–46.

Ankilov A.N., Baklanov A.A., Eremenko S.I., Dubtsov S.N., Mitrochenko V.G., Valiulin S.V., Ovchinnikova T.E., Karasev V.V. Spectrometer for operative control of size and concentration of nanoparticles in gaseous phase // Fundametalnie osnovi MEMS- i nanotechnologiy: dokladi IV Vserosiyskoy konferencii (g. Novosibirsk, 06-08 iunya 2012 g.). Novosibirsk: Izd-vo NGASU (Sibstrin), 2012. P. 41–46 (in Russian).

6. Азбукин А.А., Богушевич А.Я., Кобзев А.А., Корольков В.А., Тихомиров А.А., Шелевой В.Д. Автоматические метеостанции АМК-03 и их модификации // Датчики и системы. 2012. № 3. С. 47–52.

Azbukin A.A., Bogushevich A.Ya., Kobzev A.A., Korolkov V.A., Tikhomirov A.A., Shelevoy V.D. AMK-03 Automatic weather stations, their modifications and applications // Datchiki and Systemi. 2012. № 3. P. 47–52 (in Russian).

7. Пашкевич М.А., Понуров И.К. Геологические особенности техногенного загрязнения природных экосистем зоны воздействия хвостохранилищ Михайловского ГОКа // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2006. № 5. С. 349–356.

Pashkevich M.A., Ponurov I.K. Geological features of technogenic pollution of natural ecosystems of the impact zone of the tailings of the Mikhailovsky GOK // Gorny Analytical Bulletin. 2006. № 5. P. 349–356 (in Russian).

8. Тимофеев И.В., Касимов Н.С., Кошелева Н.Е. Геохимия почвенного покрова горнопромышленных ландшафтов на юго-западе Забайкалья (город Закаменск) // География и природные ресурсы. 2016. № 3. С. 49–61.

Timofeev I.V., Kasimov N.S., Kosheleva N.E. Soil cover geochemistry of mining landscapes in the South-East of Transbaikalia (City of Zakamensk) // Geography and Natural Resources. 2016. № 3. P. 49–61 (in Russian).

9. Заяханов А.С., Жамсуева Г.С., Сунграпова И.П., Цыдыпов В.В. Особенности суточной изменчивости микродисперсной фракции аэрозоля в атмосфере прибрежной зоны озера Байкал и аридной зоны Монголии // Оптика атмосферы и океана. 2018. Т. 31. № 8. С. 17–23.

Zayakhanov A.S., Zhamsueva G.S., Sungrapova I.P., Tsydypov V.V. Features of diurnal variability of ultrafine fraction aerosol in the atmosphere of the coastal zone of Lake Baikal and the arid zone of Mongolia // Atmospheric and Oceanic Optics. 2018. № 8. P. 17–23 (in Russian).

10. РД 52.04.186-89. Руководство по контролю загрязнения атмосферы (в ред. РД 52.04.667-2005). М.: Росгидромет, 2006. 556 с.

УДК 911:556.5:543.3

КУПАНИЕ КАК ВИД РЕКРЕАЦИОННОГО ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДОЕМОВ ЦФО РОССИИ

Чекмарева Е.А.

Иваньковская НИС – филиал ФГБУН Институт водных проблем РАН, Конаково, Тверская область, e-mail: s_taya@list.ru

Рекреационное водопользование в центральной части России связано с различными видами досуга (отдыха) вблизи (либо на) водных объектов. Этот вид водопользования оказывает антропогенное влияние на качество воды в водном объекте, в то время как сам объект представляет химическую и микробиологическую угрозу для здоровья человека. Целью исследования было изучить качество воды ряда водоемов и выявить: как изменяется химический состав воды при купании, какие показатели (ПДКв или фоновые значения) позволяют эффективно оценить качество воды в местах рекреационного водопользования. Объектами исследования являлись водоемы, расположенные в ЦФО: Иваньковское водохранилище, Большой Люберецкий карьер, Константиновский карьер и оз. Чистое. Отбор проб воды проводили из поверхностного горизонта или в трех точках: урез, 0,8 м, 2 м; или в одной: с глубины 0,4–0,5 м в местах рекреационного водопользования. Химический анализ воды включал: физико-химические показатели (температура, pH, мутность), главные ионы (HCO_3, Ca, Mg, SO_4, Cl, Na и K), биогенные элементы (Fe, Si, соединения N и P), показатели содержания органических соединений ($БПК_5$, цветность). Исследования проведены в летний период 2018 г. Подтверждены выводы, сделанные ранее: высокая рекреационная нагрузка на водоемы может приводить к увеличению вблизи берега концентраций ионов аммония, нитритов, нитратов и фосфора общего в воде. Для оценки качества воды в водоёме при рекреационном водопользовании рекомендовано использовать данные по качеству воды фоновых водоемов.

Ключевые слова: качество воды, водоемы, ЦФО, рекреация, купание, химический анализ

BATHING AS A KIND RECREATIONAL WATER USE OF RESERVOIRS OF THE CENTRAL FEDERAL DISTRICT OF RUSSIA

Chekmareva E.A.

Ivankovskaya Research Station the Department of Water Problems Institute of Russian Academy of Science, Konakovo, Tver region, e-mail: s_taya@list.ru

Recreational water use in the central part of Russia is associated with various types of leisure (recreation) near (on) the reservoirs. This type of water use has an anthropogenic effect on water quality in a reservoir. The reservoirs also pose a chemical and microbiological threat to human health. The purpose of the study was to study the water quality of reservoirs and to identify: how the chemical composition of water changes during bathing, which indicators make it possible to effectively assess the quality of water in places of recreational water use. The objects of study are: Ivankovo reservoir, Big Lyuberetsky guarry, Konstantinovsky guarry and lake Clean. Water was sampled from the surface horizon or at three points: the edge of the shore, 0.8 m, 2 m; or in one: from a depth of 0.4-0.5 m in places of recreational water use. Chemical analysis of water quality was carried out by physicochemical parameters (temperature, pH, turbidity), macro component composition (HCO_3, Ca, Mg, SO_4, Cl, Na and K), biogenic elements (Fe, Si, compounds N and P), indicators of the content of organic compounds (BOD_5, chromaticity). The studies were conducted in the summer of 2018. Author confirmed conclusions drawn earlier: high load on recreational waters may lead to an increase in near shore concentrations of ammonium, nitrite, nitrate and total phosphorus in the water. To assess the quality of water in the reservoir at recreational water recommended to use data on the quality of background water reservoirs.

Keywords: water quality, reservoir, Central Federal District, recreation, bathing, chemical analysis

Исследования были проведены в Центральном федеральном округе (ЦФО), занимающем площадь 650,2 тыс. км^2. Население ЦФО составляет 39,3 млн человек, из них в г. Москва – 12,5 млн чел., Московской области – 7,5 млн чел. (за 2018 г.), по [1]. В ЦФО насчитывается 31 тыс. водотоков, 49,9 тыс. озер и искусственных водоемов общей площадью 9250 км^2, по [2]. Несмотря на обилие водоемов, в округе существует проблема доступных для рекреации водоемов, что связано с высокой плотностью населения.

Под «рекреационным водопользованием» обычно понимают использование водных объектов, включая береговую полосу, для удовлетворения потребностей населения в досуге (отдыхе) [3, 4]. Рекреационное водопользование оказывает прямое или косвенное (опосредованное) воздействие на качество воды и экосистемы водных объектов [4], и является потенциальным источником химической и микробиологической опасности для здоровья человека.

Основную нагрузку на водоем оказывают купание, рыболовство и отдых с использование маломерных судов [5]. Под купанием мы понимаем погружение человека в поверхностные воды. Этот вид рекреационного водопользования оказывает микро-

биологическое и химическое воздействие на водоем, которое выражается в смыве с тела человека и выделении в воду продуктов жизнедеятельности. В течение 10-минутного купания в воду попадают свыше 3 млрд сапрофитовых бактерий, от 100 тыс. до 20 млн кишечных палочек; при одноразовом выделении продуктов жизнедеятельности в воду – 2,3 г хлора, 0.55 г оксида фосфора, 0,136 г аммиака, 0,073 г мочевой кислоты, 5,5 г мочевины, 45,5 г аминокислот, 0,021–0,051 г фенолов, сульфатов и других веществ, по [5–7].

Цель исследования: изучить изменение качества воды водоемов при купании в периоды высокой рекреационной нагрузки, выяснить, какие показатели (ПДКв или фоновые значения) позволяют эффективно оценить качество воды в местах рекреационного водопользования.

Материалы и методы исследования

Для исследования были выбраны водоемы Московской и Тверской областей, используемые в рекреационных целях: Иваньковское водохранилище, Большой Люберецкий карьер, Константиновский карьер и оз. Чистое.

Для оценки нагрузки от купания на водоемы в районе городского пляжа г. Конаково на Иваньковском водохранилище и пляжной зоны у центрального моста на р. Донховка (рис. 1, а) использовали методику забора воды с поверхностного слоя по горизонтальному профилю: у уреза, на глубине 0,8 м и ~2 м [5, 7]. Отбор проб воды по данной методике проводили в июне-июле 2010–2011, 2016 и 2018 гг., всего отобрано 106 проб воды.

В Большом Люберецком и Константиновском карьерах (рис. 1, б, в) исследования проведены впервые, пробы воды отбирали однократно в летний период 2018 г. Это связано со спецификой исследования: определить качество воды в водоемах в данный момент времени, в местах рекреационного водопользования. Отбор проб воды в озере Чистое (рис. 1. г) проводили летом 2016–2018 гг., для выявления межгодовых изменений качества воды в период высокой рекреационной нагрузки. Пробы воды отбирали согласно ГОСТ 31861-2012 [8] с глубины 0,4–0,5 м.

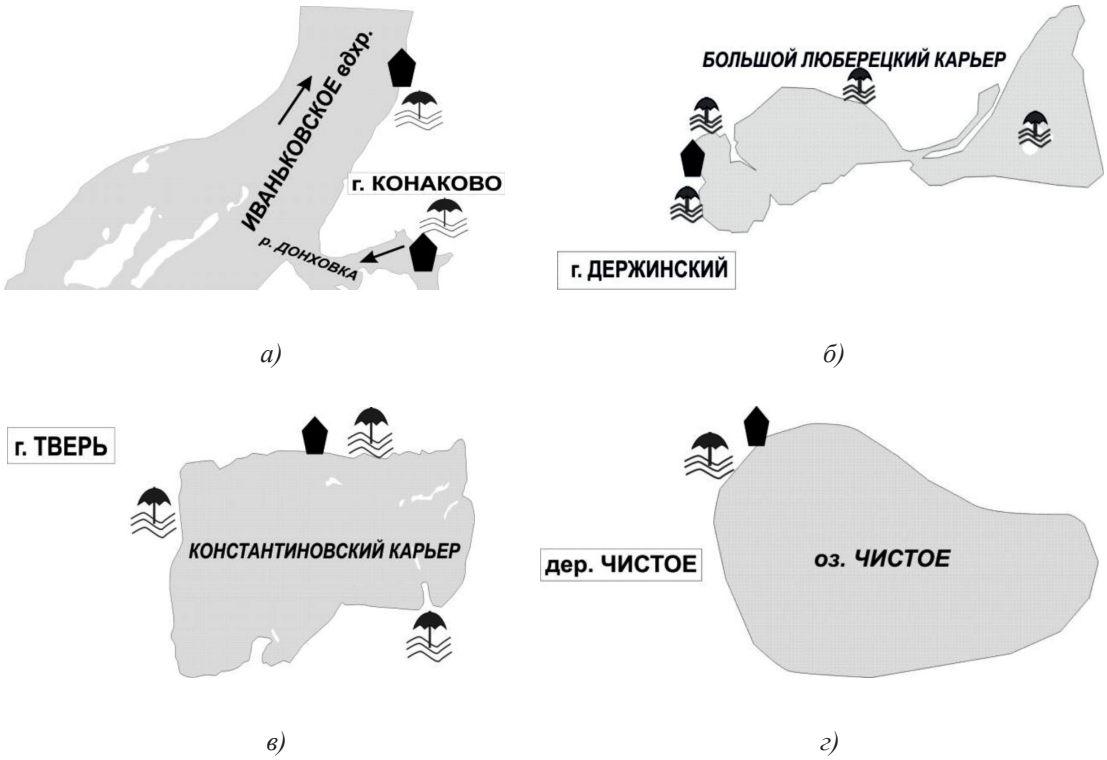


Рис. 1. Карта-схема объектов исследования: а) Иваньковское вдхр. и р. Донховка, б) Большой Люберецкий карьер, в) Константиновский карьер, г) оз. Чистое (фон).
– место отбора проб воды, – пляжная зона

Иваньковское водохранилище осуществляет сезонное регулирование стока. Оно является мелководным, акватории с глубинами менее 2 м занимают 48%. Полный объем при нормальном подпорном уровне (НПУ – 124 м) составляет 1120 млн м^3, площадь водного зеркала – 327 км^2, длина береговой линии – 520 км, средняя глубина – 3,4 м, по [9]. Река Донховка является правобережным притоком Иваньковского водохранилища. Ее длина составляет 27 км, а водосборная площадь – 158 км^2 [10].

Большой Люберецкий карьер – искусственный водоем, занимающий дно бывшего карьера площадью 0,38 км^2. Он находится в г. Держинский (Московская область), плотность населения которого составляет 3555 чел/км^2. Пляж в западной части Большого Люберецкого карьера (вдоль ул. Угрешская, г. Держинский) – живописное место, вода визуально привлекает отдыхающих, прозрачная, хорошо прогревается в зоне купания. Для рекреационного отдыха на берегах карьера организована пляжная зона, отдельно присутствует зона туалетов, зона питания, зона активного (виндсёрфинг, аттракционы и другое) и пассивного (беседки) отдыха.

Константиновский карьер площадью 0,38 км^2 расположен в окрестностях г. Твери (плотностью населения – 2763 чел/км^2), вдоль Савватьевского шоссе. Это одно из самых популярных мест отдыха у воды в г. Твери, вокруг водоема сосновый бор, берег песчаный, вода в карьере прозрачная. Еще один водоем (фоновый) – оз. Чистое с площадью акватории 1,8 км^2, находится в Тверской области, в Торопецком районе (д. Чистое), где плотность населения составляет 5 чел/км^2. Водоем живописный, прозрачность воды достигает 3 м, есть причал, небольшой заход в водоем, кабинки для переодевания.

Пробы проанализированы в химической лаборатории ИвНИС ИВП РАН по аттестованным методикам (аттестат аккредитации RA.RU.21АН36 от 21.11.2016 г.). Химический анализ качества воды проводили по физико-химическим показателям (температура, pH, мутность), главным ионам (HCO_3, Ca, Mg, SO_4, Cl, Na и K), биогенным элементам (Fe, Si, соединения N и P), показателям содержания органических соединений ($БПК_5$, цветность).

Оценку качества воды проводили в сравнении с ПДКв, используемой для водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования [11], и с фоновыми значениями концентрации химических элементов. Фоновый водоем – оз. Чистое, расположен в одном регионе со всеми изучаемыми объектами, плотность населения водосборной территории небольшая для ЦФО (5 чел/км^2), рекреационная нагрузка на водоем невысокая, химический состав воды отличается низким содержанием главных и биогенных элементов, органических показателей.

Метеопараметры измерялись портативной метеостанцией Kestrel 5000 (США).

Результаты исследования и их обсуждение

В период отбора (июль 2018 г.) по горизонтальному профилю (урез, 0,8 м, ~2 м) погодные условия способствовали увеличению нагрузки на исследуемые пляжи (на Иваньковском вдхр. и р. Донховка в г. Конаково). Было жарко и довольно ветрено: температура воздуха изменялась в пределах от 27,1 до 29,4°С, средняя скорость ветра составила 2,8 м/с, влажность – 57,1%. Средняя температура воды составила 24,3°С. В середине дня количество отдыхающих было 554 человека (городской пляж г. Конаково), из них купалось 106 человек. Максимальная рекреационная нагрузка за период наблюдения на городском пляже г. Конаково отмечена в 2010 г. и составляет 1067 человек в середине дня (с 14 до 15 часов) при температуре воды – 25,3°С и средней температуре воздуха в июле – 24,9°С [5].

Выявлено, что концентрации сульфатов, натрия и калия, аммонийного иона, нитратов, нитритов, фосфора общего и $БПК_5$ в воде не имеют четкого распределения по горизонтальному профилю (табл. 1).

Таблица 1

Распределение концентраций некоторых химических элементов по горизонтальному профилю пляжа г. Конаково, дм/мг^3 (кр. $P_{общ.вал.}$ – мгР/дм^3), июль 2010, 2011, 2016, 2018 гг.

Глубина, м	SO_4			Na + K		NH_4				$P_{общ.}$		
	2011	2016	2018	2010	2018	2010	2011	2016	2018	2010	2011	2018
ур.	10,7	9,4	16,0	4,5	13,3	0,32	0,30	0,15	0,11	0,133	0,104	0,061
0,8	9,9	8,6	16,4	5,5	14,8	0,31	0,39	0,17	0,09	0,099	0,126	0,074
~2	10,1	13,4	16,0	5,3	16,0	0,32	0,42	0,12	0,06	0,164	0,140	0,061

Исследования 2010 [5] и 2018 гг. позволяют отметить, что в водоемах с замедленным водообменном, в периоды высокой рекреационной нагрузки, у уреза воды концентрации соединений азота и фосфора выше, чем на глубине, на 0,14 дм/мг^3 (NH_4), 0,012 дм/мг^3 (NO_2), 0,12 дм/мг^3 (NO_3), 0,021 дм/мг^3 ($P_{общ.}$). Анализ данных 28 горизонтальных профилей выявил, что вероятность (Р) накопления высоких концентраций соединений азота и фосфора у уреза водоема невысока (Р = 57%). Для использования методики отбора по горизонтальному профилю в местах высокой рекреационной нагрузки необходимо учитывать множество факторов: водообмен, температуру воды и воздуха, количество отдыхающих и другое.

Ранее было установлено, что под воздействием массового купания наблюдается увеличение концентраций сульфатов, аммонийного иона, нитратов и нитритов, общего фосфора, БПК$_5$ [5, 7].

В 2018 г. по всем показателям превышения ПДКв [11] не зафиксировано.

Следующим этапом исследования было выявление водоемов со схожими условиями формирования природного качества воды и разными уровнями рекреационных нагрузок. Рекреационные нагрузки оценивали в зависимости от плотности населения вблизи водоемов.

Проведен сравнительный анализ качества воды Большого Люберецкого и Константиновского карьеров, оз. Чистое в июле 2018 г.

Воды исследуемых водоемов гидрокарбонатные (по О.А. Алекину), с низкой и средней минерализацией (0,1–0,4 г/дм^3), слабощелочные (pH изменяется в диапазоне 7,85–8,26 ед. pH), малоцветные (8–10 градусов Pt–Co шкалы), с низким показателем БПК$_5$ (1–1,6 мгО/дм^3), низкой мутностью (менее 10 мг/дм^3), невысоким содержанием гидрокарбонатов (54,9–11,9 мг/дм^3), железа общего (0,03–0,06 мг/дм^3), марганца (0,02–0,05 мг/дм^3), кремния (0,17–0,39 мг/дм^3). По показателю жесткости вода в водоемах: «мягкая» в оз. Чистое и Константиновском карьере (менее 2 мг-экв/дм^3) и средней жесткости (4,75 мг-экв./дм^3) в Большом Люберецком карьере. Концентрации ионов аммония выше в Большом Люберецком карьере (0,41 мг/дм^3), концентрации нитратов – в оз. Чистое и Константиновском карьере (0,48 и 1,0 мг/дм^3 соответственно), концентрации фосфора общего валового изменяются в воде водоемов от 0,036 до 0,059 мгР/дм^3.

Превышения ПДКв [11] ни по одному показателю в воде исследуемых водоемов не было выявлено, поэтому оценку качества воды водоемов проводили в сравнении с фоновыми значениями (оз. Чистое). Озеро Чистое характеризуется низкими концентрациями химических элементов в воде (табл. 2), поэтому подходит в качестве фонового водоема.

В результате сравнения данных химического анализа воды Большого Люберецкого и Константиновского карьеров с оз. Чистое мы получили наибольшие концентрации сульфатов – 179,8 мг/дм^3 (выше в 45 раз фоновых значений), концентрации хлоридов – 36,5 мг/дм^3 (в 11 раз выше фоновых значений), концентрации натрия и калия – 22,8 мг/дм^3 (в 4 раза выше фоновых значений) отмечены в Большом Люберецком карьере (рис. 2, в).

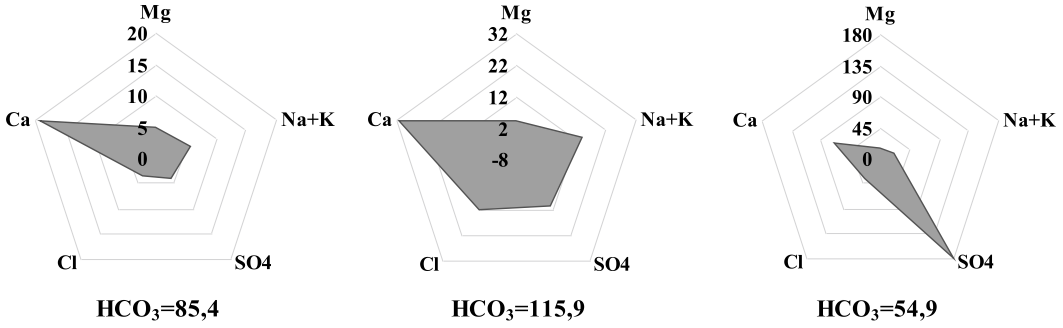
Купание оказывает положительное воздействие на физическое и психологическое состояние человека. Тем не менее в водоемах ЦФО все чаще можно видеть таблички с запретом на купание. Это связано с качеством воды водоемов центральной части России. За последние десятилетия вода в водных объектах ЦФО характеризуется классами качества от «загрязненной» до «грязной», за исключением некоторых единичных озер и участков рек, водохранилищ. Неудовлетворительное качество воды часто связывают со сбросом коммунально-бытовых и промышленных сточных вод, наличием урбанизированных территорий, в том числе с высокой плотностью населения.

Наблюдая за качеством воды различных водоемов и водотоков ЦФО, мы не всегда видим зависимость концентрации сульфатов и хлоридов, соединений азота и фосфора (рис. 3) от плотности населения. Это связано с особенностями формирования качества воды в каждом водном объекте.

Таблица 2

Диапазон концентраций некоторых химических элементов в воде оз. Чистое, дм/мг^3 (кр. БПК$_5$-мгО/дм^3), июль 2016–2018 гг.

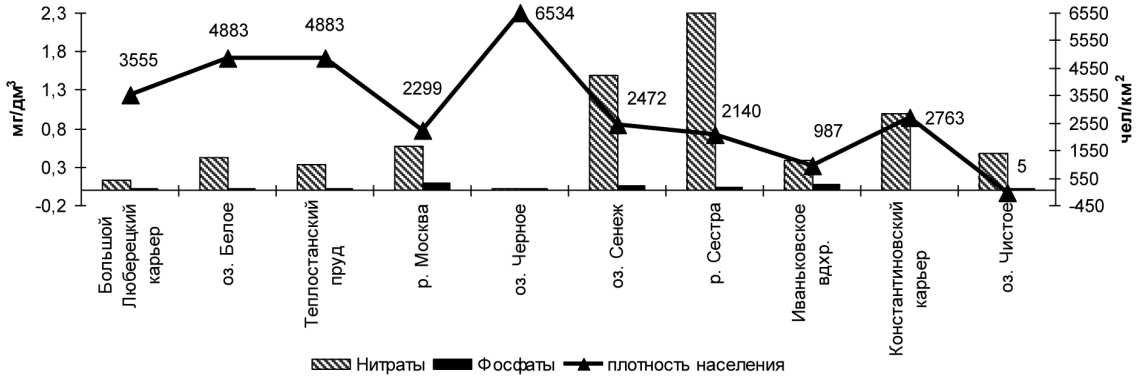
HCO_3	Cl	SO_4	Na + K	NH_4	NO_3	PO_4	БПК$_5$
67,1–103,7	1,3–3,4	3,8–4	0,3–7,3	0,05–0,32	0,38–0,50	0,012–0,132	1–1,4



а) *б)* *в)*

Рис. 2. Диаграмма-роза. Концентрации главных ионов, мг/дм³, июль 2018 г.:
а) оз. Чистое (фон), б) Константиновский карьер, в) Большой Люберецкий карьер

а)



б)

Рис. 3. Изменение концентраций сульфатов, хлоридов (а) и нитратов, фосфатов (б) водоемов и водотоков ЦФО в зависимости от плотности населения, 2018 г.

Следовательно, в городской черте можно иногда встретить водный объект с удовлетворительным для купания качеством воды.

Выводы

В водоемах с замедленным водообменом, в периоды высокой рекреационной на-

грузки концентрации у уреза воды выше, чем на глубине, по следующим элементам: ионы аммония (на 0,14 дм/мг^3), нитриты (на 0,012 дм/мг^3), нитраты (на 0,12 дм/мг^3), фосфор общий (на 0,021 дм/мг^3). При этом вероятность распределения концентраций соединений азота и фосфора по горизонтальному профилю (урез, 0,8 м, ~2 м) невысока (57%).

Наши исследования показали, что для оценки качества при рекреационном водопользовании наиболее эффективно использовать сравнение с фоновыми значениями. Так, в Большом Люберецком карьере (г. Держинский, Московская область) выше фоновых значений (оз. Чистое, Тверская область) были концентрации: сульфатов (в 45 раз), хлоридов (в 11 раз), натрия и калия (в 4 раза)

Не выявлено тесной зависимости между концентрациями сульфатов, хлоридов, соединений азота и фосфора в воде водоемов и водотоков ЦФО и плотностью населения на их водосборах. На плотно заселенных территориях можно встретить водный объект с удовлетворительным для рекреационного водопользования качеством воды.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-35-00609 мол_а.

Список литературы / References

1. Численность населения РФ по муниципальным на 1 января 2018 г. // Федеральная служба государственной статистики. [Электронный ресурс]. URL: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/afc8ea004d56a39ab251f2bafc3a6fce (дата обращения: 13.03.2019).

The number of the Russian population in the municipality January 1, 2018 // Federal`naya sluzhba gosudarstvennoj statistiki. [Electronic resource]. URL: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/afc8ea004d56a39ab251f2bafc3a6fce (date of access: 13.03.2019) (in Russian).

2. Центральный федеральный округ // Научно-популярная энциклопедия «Вода России». [Электронный ресурс]. URL: http://www.water-rf.ru (дата обращения: 13.03.2019).

Central Federal District // Popular scientific encyclopedia «Water of Russia». [Electronic resource] URL: http://www.water-rf.ru (date of access: 13.03.2019) (in Russian).

3. Демин А.П. Водопользование // Научно-популярная энциклопедия «Вода России». [Электронный ресурс]. URL: http://www.water-rf.ru (дата обращения: 13.03.2019).

Demin A.P. Water use // Popular scientific encyclopedia «Water of Russia». [Electronic resource] URL: http://www.water-rf.ru (date of access: 13.03.2019) (in Russian).

4. Авакян А.Б., Бойченко В.К., Салтанкин В.П. Рекреационное использование водных объектов Московской области (состояние, проблемы, перспективы) // Водные ресурсы. 1983. № 4. С. 125–133.

Avakyan A.B., Bojchenko V.K., Saltankin V.P. Recreational use of water bodies of the Moscow region (state, problem and prospects) // Vodny`e resursy`. 1983. № 4. P. 125–133 (in Russian).

5. Григорьева И.Л., Чекмарева Е.А. Влияние рекреационного водопользования на качество воды Иваньковского водохранилища // Известия РАН. Серия географическая. 2013. № 3. С. 63–70. DOI: 10.15356/0373-2444-2013-3-63-70.

Grigorieva I.L., Chekmareva E.A. The Influence of the Recreation on Water Quality of the Ivankovo Reservoir // Izvestiya RAN. Seriya geograficheskaya. 2013. № 3. P. 63–70 (in Russian).

6. Соловьева Т.А. Купание как причина загрязнения воды // Гигиена и санитария. 1953. № 3. С. 55–58.

Solovyova T.A. Bathing as a cause of water pollution // Gigiena i sanitariya. 1953. № 3. P. 55–58 (in Russian).

7. Ланцова И.В. Рекреационное водопользование как фактор формирования качества воды // Вода: Химия и экология. 2009. № 2. С. 2–7.

Lanczova I.V. Recreational use of water as a factor to control water quality // Voda: Ximiya i e`kologiya. 2009. № 2. P. 2–7 (in Russian).

8. ГОСТ 3161-2012 «Вода. Общие требования к отбору проб». М.: Стандартинформ, 2013. 32 с.

9. Салтанкин В.П., Григорьева И.Л. Иваньковское водохранилище // Научно-популярная энциклопедия «Вода России». [Электронный ресурс]. URL: http://www.water-rf.ru/ (дата обращения: 13.03.2019).

Saltankin V.P., Grigor`eva I.L. Ivankovskoye reservoir // Nauchno-populyarnaya e`nciklopediya «Voda Rossii». [Electronic resource]. URL: http://www.water-rf.ru/ (date of access13.03.2019) (in Russian).

10. Государственный водный реестр // Федеральное агентство водных ресурсов. [Электронный ресурс]. URL: http://www.textual.ru (дата обращения: 13.03.2019).

State Water Registry. [Electronic resource]. URL: http://www.textual.ru (date of access: 13.03.2019) (in Russian).

11. СанПиН 2.1.5.980-00. Гигиенические требования к охране поверхностных вод, дата введения: 01.01.2001 г. М.: Стандартинформ, 2000. 18 с.