

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 Кузьяков О.Н. (Тюмень); д.г.-м.н., проф. Кучеренко И.В. (Томск); Д.б.н., проф. Ларионов М.В. (Саратов); д.г.-м.н., проф. Лебедев В.И. (Кызыл); д.ф.-м.н., проф. Лерер А.М. (Ростов-на-Дону); д.г.н., проф. Луговской А.М. (Москва); д.г.-м.н., проф. Мельников А.И. (Иркутск); д.т.н., проф. Мусаев В.К. (Москва); д.т.н., доцент Нехорошева А.В. (Ханты-Мансийск); д.с.-х.н., Никитин С.Н. (Ульяновск); д.с.-х.н., Оказова З.П. (Владикавказ); д.с.-х.н., проф. Партоев К. (Душанбе); д.с.-х.н., проф. Петелько А.И. (Мценск); д.т.н., проф. Петров М.Н. (Красноярск); д.т.н., проф. Пирумян Г.П. (Ереван); д.с.-х.н., проф. Проездов П.Н. (Саратов); д.г.-м.н., проф. Сакиев К.С. (Бишкек); д.б.н. Сибикеев С.Н. (Саратов); д.с.-х.н., доцент Сокольская О.Б. (Саратов); д.т.н., проф. Степанов В.В. (Санкт-Петербург); д.т.н., проф. Тарасенко А.А. (Тюмень); д.т.н. Теплухин В.К. (Октябрьский); д.э.н., проф. Титов В.А. (Москва); д.с.-х.н., проф. Титов В.Н. (Саратов); д.с.-х.н., проф. Тихановский А.Н. (Салехард); д.г.-м.н., проф. Трофименко С.В. (Нерюнгри); д.т.н., проф. Ульрих Е.В. (Кемерово); д.г.н., проф. Чодураев Т.М. (Бишкек); д.с.-х.н., проф. Шамшиев Б.Н. (Ош); д.т.н., проф. Шантарин В.Д. (Тюмень); д.т.н., проф. Шатов А.А. (Уфа); д.ф.-м.н., проф. Ширапов Д.Ш. (Улан-Удэ); д.т.н., проф. Шишелова Т.И. (Иркутск); д.ф.-м.н., проф. Шугунов Л.Ж. (Нальчик); д.г.-м.н., проф. Юргенсон Г.А. (Чита); д.г.н., проф. Яковенко Н.В. (Воронеж); д.т.н., проф. Ямалетдинова К.Ш. (Челябинск)

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

Свидетельство – **ПИ № ФС 77-63398.**

Все публикации рецензируются. Доступ к электронной версии журнала 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 ВИНТИ.

Учредитель, издательство и редакция:
ИД «Академия Естествознания»

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

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

Подписано в печать – 28.01.2019
Дата выхода номера – 28.02.2019

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. 16
Тираж – 1000 экз. Заказ. УСЕ/1-2019
Подписной индекс 70878

© ИД «Академия Естествознания»

СОДЕРЖАНИЕ

Химические науки (02.00.00)

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ТЕРРИТОРИИ ЧЕЧЕНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ В 2017 Г. <i>Асхабова Х.Н., Оздыханов М.С., Солтамурадов Г.Д.</i>	7
ОПРЕДЕЛЕНИЕ УГЛА ИЗБИРАТЕЛЬНОГО СМАЧИВАНИЯ ПОЛИДИСПЕРСНЫХ ИЗОМОРФНЫХ ТВЕРДЫХ ЧАСТИЦ <i>Нуштаева А.В.</i>	13
МИКРОЭЛЕМЕНТНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СЫРЫХ НЕФТЕЙ РЯДА МЕСТОРОЖДЕНИЙ РЕСПУБЛИКИ КАЛМЫКИЯ <i>Цомбуева Б.В., Сохорова З.В., Фадеева И.Ю., Убушаева Б.В.</i>	18

Сельскохозяйственные науки (06.01.00, 06.03.00)

РАЗРАБОТКА ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОЙ ТЕХНОЛОГИИ РАЗМНОЖЕНИЯ РЯБИНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В УСЛОВИЯХ ОМСКОЙ ОБЛАСТИ <i>Барайшук Г.В., Шевченко Н.Ю.</i>	24
ВЛИЯНИЕ РЕЛЬЕФА НА СОДЕРЖАНИЕ ГУМУСА, ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ И ВОДОПРОЧНЫХ АГРЕГАТОВ В СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВАХ ВЛАДИМИРСКОГО ОПОЛЬЯ <i>Винокуров И.Ю., Окорков В.В., Чернов О.С., Бибиб Т.С., Корчагин А.А., Шукин И.М.</i>	30
ОБЕСПЕЧЕННОСТЬ СПЕЛЫХ И ПЕРЕСТОЙНЫХ СВЕТЛОХВОЙНЫХ НАСАЖДЕНИЙ ЗАПАДНО-УРАЛЬСКОГО ТАЁЖНОГО ЛЕСНОГО РАЙОНА ПОДРОСТОМ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ГЕНЕРАЦИИ <i>Залесова Е.С., Залесов С.В., Терехов Г.Г., Толкач О.В., Луганский Н.А., Шубин Д.А.</i>	39
СВЯЗЬ КАЧЕСТВА МЕСТООБИТАНИЙ И ПЛОТНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ СОБОЛЯ В ЛЕСАХ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ <i>Леонтьев Д.Ф., Рыков В.П., Суворова К.А.</i>	45
ЛЕКАРСТВЕННЫЕ РАСТЕНИЯ ПРИРОДНОГО ПАРКА «ВИШТЫНЕЦКИЙ» (КАЛИНИНГРАДСКАЯ ОБЛАСТЬ) КАК ЦЕННЫЙ ИСТОЧНИК БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ФЕНОЛЬНОЙ ПРИРОДЫ <i>Скрыпник Л.Н., Пунгин А.В., Алейникова Н.А., Николаева Н.В., Петрова В.М., Данилова М.В.</i>	51
СОЗДАНИЕ И ОЦЕНКА НОВЫХ ИСТОЧНИКОВ АМИЛОПЕКТИНОВОГО КРАХМАЛА НА ОСНОВЕ ЛИНИЙ ВОСКОВИДНОЙ КУКУРУЗЫ (<i>ZEA MAYS CERATINA</i>) ИЗ КОЛЛЕКЦИИ ВИР <i>Хатефов Э.Б., Аппаев С.П., Коцева А.Р.</i>	57
ГЕНЕТИЧЕСКАЯ КОЛЛЕКЦИЯ МНОГОЛЕТНИХ БОБОВЫХ ТРАВ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ: ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ, ПУТИ МОБИЛИЗАЦИИ И СЕЛЕКЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ <i>Чернявских В.И., Думачева Е.В.</i>	63

Науки о Земле (25.00.00)

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПОВЕДЕНИЯ НЕКОТОРЫХ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В МИНЕРАЛЬНЫХ ОЗЕРАХ ВОСТОЧНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ <i>Борзенко С.В., Фёдоров И.А.</i>	69
НОВЫЕ ДАННЫЕ О МИНЕРАЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЯХ РОССЫПНОГО ЗОЛОТА ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ АНАБАРСКОГО МАССИВА <i>Герасимов Б.Б., Желонкин Р.Ю., Кравченко А.А.</i>	75

МОНИТОРИНГ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОДУКЦИОННО-ДЕСТРУКЦИОННЫХ ОТНОШЕНИЙ В ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ <i>Дмитриев В.В., Боброва О.Н., Грачева И.В., Колодкин П.А., Примак Е.А., Седова С.А., Четверова А.А.</i>	82
РАСЧЕТЫ МЕСТНОГО ЭЛЕМЕНТАРНОГО СТОКА ПО МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИМ ДАНЫМ С СУТОЧНОЙ ДЕТАЛЬНОСТЬЮ <i>Карнацевич И.В., Мезенцева О.В., Волковская Н.П.</i>	88
ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ И ОПЫТ РЕАЛИЗАЦИИ МОНИТОРИНГА ПОДЗЕМНЫХ ИСТОЧНИКОВ ВОДОСНАБЖЕНИЯ В ПРЕДГОРНЫХ И ГОРНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ НА ЮГЕ РОССИИ <i>Компаниец Е.В.</i>	94
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОСТУЛАТОВ ФОРМАЛЬНОЙ КИНЕТИКИ ДЛЯ ОПИСАНИЯ ПРОЦЕССА ПОВЕРХНОСТНОЙ ВОДНОЙ ЭРОЗИИ <i>Мельникова Е.А., Лукашов С.В.</i>	99
СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ДАЧНЫХ И САДОВОДЧЕСКИХ НЕКОММЕРЧЕСКИХ ОБЪЕДИНЕНИЙ ГОРОДА УЛАН-УДЭ И ЕГО ПРИГОРОДА <i>Мотошкина М.А., Норбоева Б.С., Аюшеева Д.М.</i>	104
РУБКИ УХОДА В ЛЕСНЫХ СООБЩЕСТВАХ ПРИРОДНОГО ЗАКАЗНИКА КАК ФАКТОР МИГРАЦИИ ЖЕЛЕЗА В ПОЧВЕ <i>Несговорова Н.П., Савельев В.Г., Калегина А.В.</i>	111
МАЯТНИКОВАЯ МИГРАЦИЯ СЕЛЬСКОГО НАСЕЛЕНИЯ НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ <i>Шевченко И.А., Соткина С.А., Голованева А.А., Макарова И.С., Бикмаева А.В.</i>	117
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНИЦ БИОМОВ НА ТЕРРИТОРИИ ЕВРАЗИИ ПО ДИНАМИКЕ ДИСПЕРСИИ NDVI НА ОСНОВЕ СПУТНИКОВОГО МОНИТОРИНГА <i>Шевырногов А.П., Ларько А.А., Высоцкая Г.С., Сомова Л.А.</i>	123

CONTENTS
Chemical sciences (02.00.00)

EVALUATION OF THE ECOLOGICAL STATE OF THE ENVIRONMENT IN THE TERRITORY OF THE CHECHEN REPUBLIC IN 2017 <i>Askhabova Kh.N., Ozdykhanov M.S., Soltamuradov G.D.</i>	7
DETERMINATION OF THE ANGLE OF SELECTIVE WETTING OF POLYDISPERSE ISOMORPHIC SOLID PARTICLES <i>Nushtaeva A.V.</i>	13
TRACE ELEMENT CHARACTERISTICS OF CRUDE OILS OF SOME DEPOSITS OF THE REPUBLIC OF KALMYKIA <i>Isombueva B.V., Sokhorova Z.V., Fadeeva I.Yu., Ubushaeva B.V.</i>	18

Agricultural sciences (06.01.00, 06.03.00)

DEVELOPMENT OF ENVIRONMENTALLY SAFE TECHNOLOGY FOR REPRODUCTION OF THE ROWAN ORDINARY IN CONDITIONS OF THE OMSK REGION <i>Barayshchuk G.V., Shevchenko N.Yu.</i>	24
RELIEF IMPACT ON CONTENT OF HUMUS, NUTRIENTS AND WATER STABLE AGGREGATES IN GRAY FOREST SOILS OF VLADIMIR OPOLYE <i>Vinokurov I.Yu., Okorkov V.V., Chernov O.S., Bibik T.S., Korchagin A.A., Shchukin I.M.</i>	30
SELF-SUFFICIENCY OF MATURE AND OVERMATURE SOFTWOOD FORESTS OF WEST URAL TAIGA REGION IN UNDERGROWTH OF PRE-GENERATION <i>Zalesova E.S., Zalesov S.V., Terekhov G.G., Tolkach O.V., Luganskiy N.A., Shubin D.A.</i>	39
HABITAT QUALITY AND POPULATION DENSITY OF SABLE RELATION IN THE FORESTS OF THE IRKUTSK REGION <i>Leontev D.F., Rykov V.P., Suvorova K.A.</i>	45
MEDICINAL PLANTS OF THE NATURE PARK «VISHTYNETSKY» (KALININGRAD REGION) AS A VALUABLE SOURCE OF PHENOLIC BIOLOGICALLY ACTIVE COMPOUNDS <i>Skrypnik L.N., Pungin A.V., Aleynikova N.A., Nikolaeva N.V., Petrova V.M., Danilova M.V.</i>	51
SOURCES OF AMYLOPECTIN STARCH CREATED BASED ON LINES FROM THE COLLECTION OF CORN VIR <i>Khatefov E.B., Appaev S.P., Kotseva A.R.</i>	57
GENETIC COLLECTION OF LONG-TERM BODY GRASSES OF THE BELGOROD REGION: FORMATION STAGES, MOBILIZATION WAYS AND SELECTION POTENTIAL <i>Chernyavskikh V.I., Dumacheva E.V.</i>	63

Earth sciences (25.00.00)

SOME TRACE ELEMENTS BEHAVIOR REGULARITY IN MINERAL LAKES OF EASTERN TRANSBAIKALIA <i>Borzenko S.V., Fedorov I.A.</i>	69
NEW DATA ON MINERALOGICAL FEATURES OF PLACER GOLD OF THE ANABAR MASSIF <i>Gerasimov B.B., Zhelonkin R.Yu., Kravchenko A.A.</i>	75
MONITORING AND MODELING OF PRODUCTION AND DESTRUCTION RELATIONS IN AQUATIC ECOSYSTEMS <i>Dmitriev V.V., Bobrova O.N., Gracheva I.V., Kolodkin P.A., Primak E.A., Sedova S.A., Chetverova A.A.</i>	82

CALCULATIONS OF LOCAL ELEMENTARY RIVER FLOW WITH USING THE METEOROLOGICAL DATA WITH DAILY DETAIL <i>Karnatsevich I.V., Mezentseva O.V., Volkovskaya N.P.</i>	88
PROBLEM ISSUES AND EXPERIENCE OF IMPLEMENTATION OF MONITORING OF UNDERGROUND SOURCES OF WATER SUPPLY IN FOOTHNESS AND MOUNTAIN TERRITORIES IN SOUTH RUSSIA <i>Kompaniets E.V.</i>	94
USING THE POSTULATES OF FORMAL KINETICS TO DESCRIBE THE PROCESS OF SURFACE WATER EROSION <i>Melnikova E.A., Lukashov S.V.</i>	99
MODERN PROBLEMS OF SUBURBAN AND GARDENING NON-COMMERCIAL ASSOCIATIONS OF THE CITY OF ULAN-UDE AND ITS SUBURBS <i>Motoshkina M.A., Norboeva B.S., Ayusheeva D.M.</i>	104
CARE CUTTERS IN FOREST COMMUNITIES OF NATURAL RESERVATION AS A FACTOR OF IRON MIGRATION IN SOIL <i>Nesgovorova N.P., Savelev V.G., Kalegina A.V.</i>	111
CIRCULAR MIGRATION OF THE RURAL POPULATION OF THE NIZHNY NOVGOROD REGION <i>Shevchenko I.A., Sotkina S.A., Golovaneva A.A., Makarova I.S., Bikmaeva A.V.</i>	117
DETERMINATION OF THE BIOMES LIMITS IN THE EURASIA TERRITORY BY THE NDVI DISPERSION DYNAMICS BASED ON SATELLITE MONITORING <i>Shevyrnogov A.P., Larko A.A., Vysotskaya G.S., Somova L.A.</i>	123

УДК 543:574(470.661)

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ТЕРРИТОРИИ ЧЕЧЕНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ В 2017 Г.

¹Асхабова Х.Н., ²Оздыханов М.С., ¹Солтамурадов Г.Д.

¹Чеченский государственный университет, Грозный, e-mail: zoia77@bk.ru;

²ГБУ «Лаборатория экологического контроля», Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды, Грозный, e-mail: ozdyhanov90@mail.ru

Целью работы являлось исследование экологического состояния окружающей среды (воздушного бассейна, почвенного покрова и крупных водных объектов – Терека и Сунжи на территории Чеченской Республики в 2017 г. В течение 2017 г. исследование воздушного бассейна Чеченской Республики: г. Грозного и 5 районов (Шалинского, Шелковского, Курчалоевского, Гудермесского, Веденского) показало, что содержание неорганических загрязнителей (оксиды азота и углерода, сероводород, озон, аммиак) и пыли не превышало предельно допустимые концентрации (ПДК). Пары ртути отсутствовали, радиационный фон также был в норме. Экологическое состояние воздушного бассейна соответствует требованиям санитарных норм. В почвенном покрове содержание тяжелых металлов, таких как мышьяк, ртуть, медь, цинк, свинец, кадмий, соответствовало санитарным нормам. Содержание нефтепродуктов также соответствовало санитарным нормам и не выходило за пределы ПДК, что указывает на благоприятную экологическую ситуацию на территории всех районов г. Грозного. Содержание тяжелых металлов в почве районов Чеченской Республики (Ачхой-Мартановский, Веденский, Грозненский, Итум-Калинский, Курчалоевский, Наурский, Ножай-Юртовский, Сунженский, Урус-Мартановский, Шалинский, Шатойский, Шелковской) было в ничтожно малых количествах, нефтепродуктов в отобранных пробах варьировалось в пределах 50,0–98,2 мг/кг, что на порядок ниже предельно допустимой концентрации (ПДК 500мг/кг), табл. 2. Исследование экологического состояния крупных водных объектов – Терек и Сунжа, выявило достаточно низкое содержание загрязняющих веществ в пробах воды этих рек в 2017 г. Достаточно высокий уровень растворенного кислорода 5,8 мгО₂/дм³ и 6,3 мгО₂/дм³ в реках Терек и Сунжа соответственно, при нормативе не менее 4,0 мгО₂/дм³, и водородный показатель рН 7,5 обеих рек указывают на хорошее качество воды, что свидетельствует об удовлетворительном состоянии водных объектов в 2017 г.

Ключевые слова: Чеченская Республика, крупные реки, Терек, Сунжа, загрязняющие вещества, экологическое состояние

EVALUATION OF THE ECOLOGICAL STATE OF THE ENVIRONMENT IN THE TERRITORY OF THE CHECHEN REPUBLIC IN 2017

¹Askhabova Kh.N., ²Ozdykhanov M.S., ¹Soltamuradov G.D.

¹Chechen State University, Grozny, e-mail: zoia77@bk.ru;

²Laboratory of Environmental Control, Ministry of Natural Resources and Environmental Protection, Grozny, e-mail: ozdyhanov90@mail.ru

The aim of the work was to study the ecological state of the environment (air basin, soil cover and large water bodies – Terek and Sunzha in the Chechen Republic in 2017. For 2017, the study of the air basin of the Chechen Republic: in Grozny and in 5 districts (Shali, Shelkovskoy, Kurchaloy, Gudermes, Vedeno) showed that the content of inorganic pollutants (oxides of nitrogen and carbon, hydrogen sulfide, ozone, ammonia) and dust did not exceed maximum permissible concentration (MPC). Mercury vapors were absent, radiation background was also normal. The ecological state of the air basin meets the requirements of sanitary norms. In the soil cover the content of heavy metals such as arsenic, mercury, copper, zinc, lead, cadmium met sanitary standards. The oil content also corresponded to sanitary norms, and do not go beyond the MPC, which indicates favorable ecological situation on the territory of all districts of Grozny. The content of heavy metals in the soil of the districts of Chechnya (Achkoj-Martan, Vedeno, Grozny, Itum-Kalinskiy, Kurchaloy, Naur, Nozhai-Yurt, Sunzha, Urus-Martan, Shali, Shatoi, Shelkovskaya) was in infinitesimal amounts, of petroleum products in the samples varied in the range 50,0-98,2 mg/kg, which is much below the maximum permissible concentration (MPC 500mg/kg) table. 2. The study of the ecological status of large water bodies – Terek and Sunzha, revealed a fairly low content of pollutants in the water samples of these rivers in 2017. A sufficiently high level of dissolved oxygen of 5,8 mg O₂/dm³ and 6,3 mg O₂/dm³ in the Terek and Sunzha rivers, respectively, with a standard of not less than 4,0 mg O₂/dm³, and the hydrogen pH of 7,5 of both rivers indicate good water quality, which indicates a satisfactory state of water bodies in 2017.

Keywords: Chechen Republic, large rivers, Terek, Sunzha, pollutants, ecological state

Экологический кризис становится реальной угрозой для всего человечества. И чтобы его избежать и сохранить природу, нужно пересмотреть свое отношение к использованию природных ресурсов на территории Российской Федерации, отметил Президент Российской Федерации

В.В. Путин. Согласно Указу Президента Российской Федерации В.В. Путина от 19.04.2017 г. № 176 «Стратегия экологической безопасности РФ на период до 2025 г.» для минимальных энерго- и ресурсозатрат возникла острая необходимость в использовании инновационных технологий, по-

звolyающих получать высокоэффективные результаты по переработке и очистке газообразных, жидких и твердых отходов техногенной деятельности [1].

Чеченская Республика является субъектом Российской Федерации, и общей проблемой для всего региона является охрана окружающей среды. Поэтому указ президента Российской Федерации имеет непосредственное отношение к охране окружающей среды Чеченской Республики. В результате военных действий с 1994 по 2001 г. произошла экологическая катастрофа на территории Чеченской Республики. Экологическому состоянию окружающей среды был нанесен огромный ущерб химическими, радиоактивными и биологическими загрязняющими веществами, также пожарами на предприятиях добычи, переработки, хранения нефти и нефтепродуктов. Водные объекты [2, 3], воздушный бассейн [4] и огромные территории республики были загрязнены тяжелыми нефтепродуктами, химическими веществами и неконтролируемыми радиоактивными источниками [5].

Последствия военных событий и антропогенной деятельности человека были ликвидированы в 2011 г. В результате принятых мер (широкомасштабная очистка территории от загрязнений тяжелыми нефтепродуктами, радиоактивных источников, стихийных свалок бытовых и промышленных отходов) экологическая ситуация значительно улучшилась по содержанию загрязняющих веществ в воздушном бассейне, почве и водных объектах [6].

Несмотря на широкомасштабные мероприятия по ликвидации последствий военных событий и улучшение состояния окружающей среды, необходим мониторинг экологии окружающей среды на территории Чеченской Республики. Развитие промышленности, рост численности населения, увеличение антропогенной нагрузки – всё это оказывает негативное влияние как на водные объекты, так и почвенный покров, и воздушный бассейн.

Постановка задачи: исследовать экологическое состояние воздушного бассейна, почвенного покрова и крупных рек Чеченской Республики.

Исследовательские вопросы: определить лабораторными методами концентрации загрязняющих веществ: оксиды углерода и азота, озон, сероводород, аммиак в воздушном бассейне. В почвенном покрове – содержание тяжелых металлов

и нефтепродуктов. В водных объектах – содержание нитрат-, хлорид-, сульфат-ионов. Также определить показатель БПК₅ (биологическое потребление кислорода) содержание сухого остатка и кислорода.

Цель исследования: оценить экологическое состояние воздушного бассейна, почвенного покрова и крупных водных объектов (Терек, Сунжа) на территории Чеченской республики.

Материалы и методы исследования

Содержание пыли и загрязняющих веществ в воздушном бассейне анализировала передвижная лаборатория, оснащённая современным оборудованием и пробоотборником вертикального зондирования «АТМОС-ФЕРА», позволяющая идентифицировать 8 неорганических загрязнителей и пыль.

Анализы проб почвы и воды проводили в лаборатории ГБУ (Государственное бюджетное управление) «Лаборатория экологического контроля» Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды. Определение содержания тяжелых металлов в почве проводили инверсионным вольтамперометром, нефтепродуктов – концентратомером КН-2М. Гидрохимический состав воды рек Терека и Сунжи определяли физико-химическими методами: хромато-масс-спектрометром (ИТQ700), ИК-спектроскопией, спектрофотометром, инверсионным вольтамперометрическим анализатором.

Результаты исследования и их обсуждение

В настоящей работе приведены лабораторные данные по оценке экологического состояния воздушного бассейна, почвенного покрова, водных объектов на территории республики в 2017 г. Установлено: ухудшение экологического состояния воздушного бассейна влияет на увеличение числа самых тяжелых заболеваний не только живущих в настоящее время, но и будущих поколений.

В течение 2017 г. проводили исследование воздушного бассейна Чеченской Республики: г. Грозного и 5 районов (Шалинского, Шелковского, Курчалоевского, Гудермесского, Веденского). Полученные среднегодовые лабораторные данные приведены в табл. 1.

Для исследования концентрации неорганических загрязнителей в воздушном бассейне г. Грозного было отобрано 35 проб атмосферного воздуха. Из полученных данных видно, что загрязняющие

химические вещества: аммиак, азот, озон, оксиды и сероводород, – и также пыль – не превышали предельно допустимые концентрации, что свидетельствует о благоприятном экологическом состоянии атмосферного воздуха на территории г. Грозного. Например, содержание оксида углерода в воздушном бассейне районов Октябрьского, Ленинского, Заводского и Старо-промыслового не превышало предельно допустимую концентрацию (5,0 мг/м³) и сохранялось в пределах 0,25–0,53 мг/м³.

Концентрация аммиака составляла 0,01–0,05 мг/м³ (ПДК 0,20 мг/м³) в атмосферном воздухе г. Грозного в течение всего 2017 г. Необходимо отметить, что в воздушном бассейне г. Грозный не обнаружен сероводород в течение всего года во всех пробах атмосферного воздуха (табл. 1).

Исследование воздушного бассейна на территориях 5 районов: Веденского, Гудермесского, Курчалоевского, Шалинского, Шелковского – выявило, что содержание сероводорода составляло 0,006 мг/м³ в пробах воздушного бассейна Шалинского района и не превышало предельно допустимую концентрацию (ПДК 0,008 мг/м³).

Неорганические загрязнители, такие как NO, NO₂, SO₂, CO, O₃, H₂S и NH₃ также находились в пределах допустимых величин и в основном концентрация была на порядок ниже ПДК.

Сероводород отсутствовал в пробах атмосферного воздуха 4 районов: Шелковского, Курчалоевского, Гудермесского, Веденского. В воздушном бассейне Шалинского района концентрация сероводорода приближалась к предельно допустимой концентрации (ПДК 0,008 мг/м³) и составляла 0,006 мг/м³.

Предельно допустимая радиация составляет 20 мкР/ч, но необходимо отметить, что на территории всей Чеченской Республики средний показатель радиации находился в пределах 2–9 мкР/ч.

Мониторинг загрязнения почвы тяжелыми металлами и нефтепродуктами проводят на территории Чеченской Республики с 2009 г. В работе приведены результаты исследований содержания тяжелых металлов в почве городов Аргун, Грозный, Гудермес и 12 районов: Ачхой-Мартановский, Веденский, Грозненский, Итум-Калинский, Курчалоевский, Наурский, Ножай-Юртовский, Сунженский, Урус-Мартановский, Шалинский, Шатойский, Шелковской.

В течение 2017 г. было отобрано около 200 проб почвы на территориях городов (Аргун, Грозный, Гудермес) и районов (Ачхой-Мартановский, Веденский, Грозненский, Итум-Калинский, Курчалоевский, Наурский, Ножай-Юртовский, Сунженский, Урус-Мартановский, Шалинский, Шатойский, Шелковской). Средние показатели лабораторных данных по тяжелым металлам и нефтепродуктам в почвенном покрове приведены в табл. 2.

Почвенный покров является аккумулятором загрязнителей из окружающей среды, которые попадают с водными потоками и из воздуха с отходами тяжелой промышленности, отопительных котлов, установок для сжигания мусора и т.д. Процессы самоочищения почвы протекают медленно, что способствует постепенному изменению химического состава почв и накоплению в почве вредных веществ, нарушающих единство геохимической среды и живых организмов. Поэтому мониторинг загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами является обязательным, так как тяжелые металлы являются приоритетными загрязняющими веществами.

Исследование содержания тяжелых металлов, таких как цинк, свинец, кадмий, мышьяк, ртуть, никель, показало, что концентрации этих металлов в почвенном покрове Чеченской Республики не превышали ПДК в 2017 г. (табл. 2).

Таблица 1

Среднегодовые концентрации загрязняющих веществ в воздушном бассейне г. Грозный, 2017 г., мг/м³

№ п/п	г. Грозный, районы	Пыль	NO	NO ₂	SO ₂	CO	O ₃	H ₂ S	NH ₃
1	Заводской	0,02	0,15	0,15	0,01	0,28	0,00	0,00	0,05
2	Ленинский	0,02	0,13	0,10	0,01	0,39	0,00	0,00	0,05
3	Октябрьский	0,04	0,08	0,13	0,01	0,25	0,00	0,00	0,01
4	Старопромысловский	0,02	0,15	0,25	0,01	0,53	0,00	0,00	0,02

Таблица 2

Среднегодовые концентрации химических загрязнителей в почвенном покрове на территории Чеченской Республики в 2017 г., мг/кг

№ п/п	Населенный пункт	Химические загрязнители								
		Cu	Zn	Pb	Cd	As	Hg	Ni	Mn	нефте-продукты
Города										
1	Грозный	1,00	1,16	1,31	<0,10	0,10	0,10	<0,50	247,70	63,50
2	Аргун	1,00	<1,00	1,21	<0,10	<0,10	<0,10	<0,50	236,10	65,90
3	Гудермес	<1,00	1,32	1,64	<0,10	<0,10	<0,10	<0,50	242,60	74,00
Районы										
1	Ачхой-Мартановский	<1,00	1,15	1,20	<0,10	<0,10	<0,10	<0,50	338,80	50,00
2	Веденский	<1,00	1,16	1,03	<0,10	0,10	0,10	<0,50	308,80	75,1
3	Грозненский	<1,00	1,36	0,94	<0,10	0,10	0,10	<0,50	240,00	54,00
4	Итум-Калинский	<1,00	1,08	1,25	<0,10	<0,10	<0,10	<0,50	210,60	58,00
5	Курчалоевский	<1,00	–	–	<0,10	<0,10	<0,10	<0,50	227,40	72,50
6	Наурский	<1,00	1,32	1,64	<0,10	<0,10	<0,10	<0,50	297,00	98,20
7	Ножай-Юртовский	<1,00	<1,00	1,54	<0,10	<0,10	<0,10	<0,50	342,60	63,50
8	Сунженский	<1,00	1,44	0,93	<0,10	0,10	0,10	<0,50	236,90	65,40
9	Урус-Мартановский	<1,00	1,16	1,25	<0,10	<0,10	<0,10	<0,50	302,40	82,80
10	Шалинский	<1,00	1,24	1,28	<0,10	<0,10	<0,10	<0,50	242,80	64,02
11	Шатойский	<1,00	1,36	1,00	<0,10	<0,10	<0,10	<0,50	258,70	50,00
12	Шелковской	<1,00	1,36	1,00	<0,10	<0,10	<0,10	<0,50	258,70	50,00

Также определяли содержание марганца в отобранных пробах почвы на всей исследуемой территории республики. Из табл. 2 видно, что концентрация марганца не превышала ПДК и не выходила за пределы 210,6–342,6 мг/кг (ПДК 1500 мг/кг). Значительную опасность для природной среды в городах, также и в пригородах, представляют нефтепродукты, являясь источником загрязнения почв, грунтовых и поверхностных вод. В настоящее время серьезной экологической проблемой Чеченской Республики является расширение парка автотранспорта и несоответствие экологическим требованиям качества топлива и технического состояния автопарка. Поэтому мониторинг содержания нефтепродуктов на территории Чеченской Республики обязателен во всех средах. Содержание нефтепродуктов в почве городов Грозный, Аргун, Гудермес составляло 63,5; 65,9; 74,0 мг/кг соответственно при предельно допустимой концентрации 500 мг/кг.

Содержание нефтепродуктов в отобранных пробах остальных районов варьировалось в пределах 50,0–98,2 мг/кг, что на порядок ниже предельно допустимой концентрации (ПДК 500 мг/кг) (табл. 2).

Важнейшим показателем экологического состояния окружающей среды являются свойства и качество поверхностных вод, которые зависят от состава и концентрации содержащихся в ней химических веществ.

Среднегодовые значения гидрохимических показателей качества воды рек Терек и Сунжа в 2017 г. приведены в табл. 3.

В работе приведены результаты исследований по следующим показателям: нитраты, хлориды, водородный показатель pH, содержание кислорода, БПК₅, сульфаты, окисляемость, сухой остаток (табл. 3).

Опасность нитратов заключается в их вредном влиянии на санитарный режим водных объектов, повреждающем различные виды рыб. В организме они вступают в реакцию с гемоглобином крови и вызывают кислородное голодание органов и тканей. Поэтому, мониторинг содержания нитрат-анионов в водных ресурсах является необходимым условием. Среднегодовые показатели значений нитратов в водах рек Терек и Сунжа за весь 2017 г. представлены в табл. 3. В среднем за 2017 г. концентрация нитрат-ионов в пробах воды Терека и Сунжи не превышала ПДК, предельно допустимая концентрация (ПДК) нитрат-анионов в водных объектах составляет 45 мг/дм³.

Таблица 3

Среднегодовые гидрохимические показатели качества воды рек Терек и Сунжа в 2017 г., мг/дм³

Реки	Загрязняющие вещества							
	Нитраты	pH	Хлориды	Сульфаты	Содержание кислорода	БПК ₅	Перманганатная окисляемость	Сухой остаток
Терек	19,6	7,5	69,6	237,8	5,8	1,6	1,6	371,0
Сунжа	17,5	7,5	68,5	231,0	6,3	1,3	1,4	344,0

Содержание хлоридов и перманганатная окисляемость служат одним из индикаторов загрязненности водных объектов бытовыми стоками. Например, показатель перманганатная окисляемость отражает самую разную природу загрязняющих веществ – и химические соединения антропогенного происхождения, и сложные органические соединения растений, и гуминовые кислоты почв. Показатель перманганатная окисляемость в пробах воды р. Сунжа и Терек оставался в пределах гигиенического норматива – 1,4 и 1,6 мг/дм³ соответственно (гигиенический норматив не более 5,0 мг/дм³). В 2017 г. среднегодовая концентрация хлоридов составляла в Сунже 69,6 мг/дм³, а в Треке 68,5 мг/дм³ (ПДК 350 мг/м³).

Основными источниками сульфат-ионов в поверхностных водных объектах являются сточные воды предприятий, сельскохозяйственных угодий и бытовые стоки. Динамика изменения сульфатов выявила различное их распределение в воде Терека и Сунжи за весь исследуемый период. Однако для сульфата-ионов среднегодовой показатель не превышал предельно допустимую концентрацию 500 мг/дм³ в 2017 г. и составлял 237,8 мг/дм³ и 231,0 мг/дм³ соответственно, несмотря на существенную разницу в среднегодовых колебаниях за весь 2017 г.

В поверхностных водных объектах природными источниками органических веществ могут являться разрушающие останки живых организмов растительного и животного происхождения. Например, как жившие в водном объекте, так и попавшие в воду по воздуху, с берегов, с растений и т.п. Техногенными источниками органических веществ являются транспортные (нефтепродукты) и сельскохозяйственные

(мясокомбинаты) предприятия, также лесоперерабатывающие и целлюлозно-бумажные комбинаты. Соответствующий показатель качества воды БПК₅ (биохимическое потребление кислорода) характеризует суммарное содержание органических веществ в водном объекте.

По величине биохимическое потребление кислорода отмечалось достаточно низкое значение среднегодового показателя БПК₅ в воде реки Терек и воде реки Сунжа. Этот показатель не выходил за пределы установленного гигиенического норматива (не более 4,0 мгО₂/дм³) и колебался в пределах 1,3–1,6 мгО₂/дм³ в течение всего 2017 г.

Относительное содержание кислорода в водных объектах зависит от концентрации отравляющих веществ, температуры воды и парциального давления. Химиико-аналитические исследования показали неравномерное содержание растворенного кислорода в Тереке и Сунже. Среднегодовые концентрации растворенного кислорода в водных объектах Терек и Сунжа составляли 5,8 мгО₂/дм³ и 6,3 мгО₂/дм³ соответственно при нормативе не менее 4,0 мгО₂/дм³ (табл. 3). Растворимость кислорода зависит от количества бактерий, концентрации отравляющих веществ и других водных организмов, подвергающихся химическому и биохимическому окислению. Среднегодовой показатель растворенного кислорода в реках Терек и Сунжа был на высоком уровне (табл. 3) и кислородный режим воды обеих рек по этому показателю относится к 1-му классу качества в 2017 г.

Содержание сухого остатка (суммарная минерализация) в водах рек Терек и Сунжа не превышало нормативные показатели (1000 мг/дм³) в течение исследуемого периода. Минерализация воды рек незначительно менялась в 2017 г. и среднегодовой пока-

затель сохранялся в пределах 371,0 мг/дм³ воды Терека и 344,0 мг/дм³ – Сунжи, что соответствовало гигиеническим нормативам в течение всего исследуемого периода.

По ходу исследований определяли рН (гигиенический норматив 6,5–8,5) важнейший водородный показатель, характеризующий качество воды. Значение водородного показателя рН 7,5 обеих рек в 2017 г. указывает на хорошее качество воды. Также необходимо отметить, что пробы воды рек Терек и Сунжа не обладали запахом в течение всего 2017 г.

Выводы

1. Исследование экологического состояния окружающей среды воздушного бассейна, почвенного покрова и крупных водных объектов (Терек, Сунжа) на территории Чеченской Республики выявило, что воздушный бассейн соответствует гигиеническим нормативам по содержанию неорганических загрязнителей (оксид азота (II), оксид азота (IV), оксид серы (IV), оксид углерода (II), озон, сероводород, аммиак); пары ртути отсутствовали, радиационный фон также был в норме.

2. Состояние почвенного покрова, по содержанию тяжелых металлов и нефтепродуктов, также соответствовало санитарным нормам и не превышало ПДК на территории г. Грозного и всех районов Чеченской Республики.

3. Экологическое состояние крупных рек (Терек, Сунжа) соответствовало требованиям, предъявляемым качеству воды по содержанию загрязняющих веществ таких как сульфаты, нитраты и хлориды, концентрации которых не превышали ПДК. Таким образом, можно сделать вывод о незначительном антропогенном влиянии на качество воды, что указывает на удовлетворительное состояние водных объектов в 2017 г.

Заключение

Для развития агропромышленного комплекса, туризма и санаторно-курортной сферы сложились благоприятные условия на территории Чеченской Республики. Экологическое состояние воздушного бассейна соответствует требованиям санитарных норм, концентрации тяжелых металлов и нефтепродуктов в почвенном покрове составляли ничтожно малые количества, качество водных объектов соответствовало ги-

гиеническим нормам. Однако присутствие загрязнителей в ничтожно малых количествах в воздушном бассейне, почве, реках указывает на необходимость наблюдения и контроля по выявлению и изучению источников попадания отравляющих веществ в окружающую среду.

Список литературы / References

1. Указ Президента Российской Федерации от 19.04.2017 г. № 176. О Стратегии экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года [Электронный ресурс]. URL: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71559074/> (дата обращения: 25.12.2018).

Decree of the President of the Russian Federation № 176 of April 19, 2017. About the Strategy of Environmental Security of the Russian Federation for the period up to 2025 [Electronic resource]. URL: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71559074/> (date of access: 25.12.2018) (in Russian).

2. Бутаев А.М., Кабыш Н.Ф., Костров Б.Г., Сайпулаев Б.Н., Попова А.В., Монахов С.К. Экологическое состояние природных вод Дагестана // Сборник материалов 5-го Международного конгресса «Экватек-2002. Вода: экология и технология». Москва, 2002. С. 185–186.

Butaev A.M., Kabysh N.F., Kostrov B.G., Saypulaev B.N., Popova A.V., Monakhov S.K. Ecological condition of natural waters of Dagestan // Collection of materials of the 5th international Congress «ECWATECH-2002. Water: ecology and technology». Moscow, 2002. P. 185–186 (in Russian).

3. Бутаев А.М., Костров Б.Г., Исиев А.Р., Монахов С.К., Адаева П.Ф., Гуруев М.А., Кабыш Н.Ф. Токсико-генетическое состояние природных вод Дагестана // Вестник Дагестанского научного центра РАН. 2002. № 12. С. 66–75.

Butaev A.M., Kostrov B.G., Isuev A.R., Monakhov S.K., Adaeva P.F., Guruev M.A., Kabysh N.F. Toxic-a genetic condition of natural waters of the Dagestan Republic // Bulletin of the Dagestan scientific center, Russian Academy of Sciences. 2002. № 12. P. 66–75 (in Russian).

4. Бердукаева Э.М., Исаева С.Х. Мониторинг атмосферного воздуха ЧР // 5 – Ежегодная республиканская научно-практическая конференция молодых учёных, аспирантов и студентов «Наука и молодёжь». Грозный, 2011. С. 202–204.

Berdukaeva E.M., Isaeva S.H. Monitoring atmospheric air CHR // 5 – Annual Republican scientific-practical conference of young scientists, postgraduates and students «Science and youth». Grozny, 2011. P. 202–204 (in Russian).

5. Асхабова Х.Н. Джабраилова Л.Х. Экологические проблемы ЧР и пути их решения // 3 – Ежегодная республиканская научно-практическая конференция молодых учёных, аспирантов и студентов «Наука и молодёжь». Грозный, 2009. С. 218–220.

Askhabova H.N., Dzhabrailova L.H. Environmental problems of the CHR and ways of their decision // 3 – the Annual Republican scientific-practical conference of young scientists, postgraduates and students «Science and youth». Grozny, 2009. P. 218–220 (in Russian).

6. Асхабова Х.Н., Оздыханов М.С., Сапаев Х.Х. Охрана окружающей среды на территории Чеченской республики: состояние, проблемы, перспективы // Материалы V-ой Международной Бергмановской конференции. Физико-химический анализ в образовании, науке и технике. Махачкала, 2017. С. 176–178.

Askhabova H.N., Ozdyhanov M.S., Sapaev H.H. Protection environmental on the territory of the Chechen Republic: state, problems, perspectives // Materials of the V – th international Bergman conference. Physico-chemical analysis in education, science and technology. Makhachkala, 2017. P. 176–178 (in Russian).

УДК 544.773

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УГЛА ИЗБИРАТЕЛЬНОГО СМАЧИВАНИЯ ПОЛИДИСПЕРСНЫХ ИЗОМОРФНЫХ ТВЕРДЫХ ЧАСТИЦ

Нуштаева А.В.

ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства», Пенза,
e-mail: nushtaeva.alla@yandex.ru

Основная характеристика избирательного смачивания твердых частиц – угол θ_{ow} , который образует отдельная частица при контакте с межфазной поверхностью вода – масло. С углом θ_{ow} связано гидрофильно-липофильное отношение HLR, которое также является характеристикой смачивания. В данной работе калориметрическим методом измеряли теплоту смачивания твердых частиц нерастворимого сухого порошка водой ΔH_w и теплоту смачивания маслом ΔH_o . По значениям ΔH_w и ΔH_o определяли гидрофильно-липофильное отношение HLR как отношение теплот смачивания и рассчитывали краевой угол θ_{ow} . Исследовались полидисперсные изоморфные твердые частицы различной природы: пластинчатые частицы микроталька Талькон Т-20, а также частицы пищевых твердых эмульгаторов. В качестве пищевых эмульгаторов использовались порошки растительного происхождения: корица молотая, имбирь молотый, горчичный порошок, мускатный орех молотый. Для частиц талька микрометрического размера значения краевых углов θ_{ow} составили 97° (и HLR < 1 соответственно) для межфазной поверхности вода – оливковое масло и 85° (HLR > 1) для межфазной поверхности вода – гексан. В случае пищевых порошков значения краевых углов θ_{ow} находились в пределах 56–66° (и HLR > 1 соответственно). Все полученные значения HLR и краевого угла θ_{ow} хорошо согласуются с результатами применения данных частиц в качестве стабилизаторов эмульсий Пикеринга. При величине гидрофильно-липофильного отношения HLR больше 1 формировались устойчивые прямые эмульсии с применением пищевых порошков и талька в случае использования предельного углеводорода в качестве неполярной фазы. При величине HLR меньше 1 формировались устойчивые обратные эмульсии (из частиц талька в случае использования оливкового масла в качестве неполярной фазы).

Ключевые слова: микрочастицы, тальк, эмульсии, краевой угол

DETERMINATION OF THE ANGLE OF SELECTIVE WETTING OF POLYDISPERSE ISOMORPHIC SOLID PARTICLES

Nushtaeva A.V.

Penza State University of Architecture and Construction, Penza, e-mail: nushtaeva.alla@yandex.ru

The main characteristic of selective wetting of solid particles is the angle θ_{ow} that a single particle forms at contact with the water-oil interface. A hydrophilic-lipophilic ratio HLR is associated with the angle θ_{ow} and it is also a wetting characteristic. The wetting heat of solid particles of insoluble dry powder with water ΔH_w and the wetting heat with oil ΔH_o were measured by the calorimetric method in this work. By the values ΔH_w and ΔH_o the hydrophilic-lipophilic ratio was determined as the ratio of the wetting heats, and the contact angle θ_{ow} was calculated. The polydisperse isomorphous solid particles of different nature were investigated: lamellar microtalc particles Talcon T-20 and particles of food solid emulsifiers. As food emulsifiers, powders of plant origin were used: ground cinnamon, ground ginger, mustard powder, ground nutmeg. In the case of talc particles of micrometric size, the value of the contact angle θ_{ow} was equal to 97° (and HLR < 1, respectively) for the water – olive oil interface and it was equal to 85° (HLR > 1) for the water – hexane interface. In the case of food powders, the values of the contact angles θ_{ow} were in the range of 56–66° (and HLR > 1, respectively). All the values of HLR and the contact angle θ_{ow} are in good agreement with the results of using these particles as stabilizers of Pickering emulsions. When the ratio HLR was greater than 1, stable direct emulsions were formed using food powders or talc in the case of using a saturated hydrocarbon as the non-polar phase. When the ratio HLR is less than 1, stable reverse emulsions were formed (from talc particles in the case of using olive oil as a non-polar phase).

Keywords: microparticles, talc, emulsions, contact angle

Основной характеристикой избирательного смачивания твердых частиц является краевой угол θ_{ow} , который образует поверхность частицы при контакте с межфазной поверхностью вода – масло. От угла θ_{ow} зависит гидрофильно-липофильное отношение (hydrophile-lipophile ratio – HLR) твердой частицы и, следовательно, положение, которое занимает отдельная частица на межфазной поверхности вода – масло. Способность твердых частиц стабилизировать эмульсии также определяется краевым углом θ_{ow} и гидрофильно-липофильным от-

ношением частицы. Эмульсии, стабилизированные твердыми частицами, традиционно называют эмульсиями Пикеринга.

Для частиц микронного (и меньшего) размера нет однозначного метода для определения реальных углов избирательного смачивания, поэтому обычно для маленьких твердых частиц краевые углы измеряют на макроскопической поверхности такого же или подобного химического состава. Эти методы позволяют получить значения гистерезисных углов краевых углов – углов оттекания и натекания воды [1]. Первый способ

получения макроскопической поверхности из порошка с частицами микроскопического размера заключается в том, что модифицированный, а затем высушенный порошок спрессовывают в плоскую «таблетку». Методом сидячей капли или методом прижатой капли можно измерить гистерезисный угол смачивания водой (капля воды в воздушной среде) или угол избирательного смачивания (капля воды в фазе масла).

Второй способ состоит в применении стеклянной пластины или шара, которые модифицируют добавками поверхностно-активных веществ вместе с навеской твердого эмульгатора. Стеклянная макроскопическая поверхность идеально подходит, например, для твердых частиц кремнезема, поскольку химический состав стекла близок к составу кремнезема SiO_2 . Лабораторное стекло приблизительно на 75% состоит из SiO_2 . Поверхность стекла так же, как и поверхность кремнезема, отрицательно заряжена в нейтральных и щелочных водных растворах. К тому же в процессе модификации коллоидные частицы (или их агрегаты) самопроизвольно закрепляются на поверхности стеклянной пластины. Это явление называется контактной коагуляцией.

Некоторые авторы [2, 3] считают, что краевой угол, измеренный на макроскопической поверхности, отличается от угла, образующегося на микроскопических частицах, даже если химически они идентичны. Методы, с помощью которых можно рассчитать угол смачивания непосредственно коллоидных сферических частиц, основаны на измерении двумерного поверхностного давления в монослое частиц [2] или на измерении теплоты смачивания (энтальпии иммерсии) сухого порошка [3, 4].

Материалы и методы исследования

В работе использовался микротальк Талькон Т-20 (Байкальские минералы, Россия) с размером частиц от 0,5 до 20 мкм (средний диаметр $d_{50} = 6$ мкм), плотностью частиц 2,7–2,8 г/см³, рН водной вытяжки 7,5–9,5, согласно данным производителя. А также применялись пищевые твердые частицы: корица молотая, имбирь молотый, горчичный порошок, мускатный орех молотый.

В качестве водной фазы применяли дистиллированную воду. В качестве фазы масла мы использовали предельные углеводороды н-гексан (ос.ч., НПК Криохром) с плотностью 0,655 г/см³ и вязкостью $0,294 \cdot 10^{-3}$ Па·с (при температуре 25 °С), н-октан (99%, Acros Organics, США) с плотностью 0,708 г/см³ и вяз-

костью $0,508 \cdot 10^{-3}$ Па·с (при 25 °С); а также оливковое масло (марка Pomace olive oil, Villa Dorada, Испания) с плотностью 0,910 г/см³ и вязкостью $65,5 \cdot 10^{-3}$ Па·с (при температуре 25 °С), измеренной в данной работе вискозиметрическим методом с помощью капиллярного вискозиметра ВПЖ-2-0,56.

Определение краевого угла (метод теплоты смачивания) (рис. 1). Для определения теплоты смачивания твердых частиц нерастворимого сухого порошка водой ΔH_w или маслом ΔH_o использовали калориметр «Эксперт-001К» (производство «Эконикс-Эксперт»). Навеску порошка 4–7 г предварительно высушивали при температуре 105 °С до постоянной массы, охлаждали до комнатной температуры 25 °С и осторожно помещали на поверхность смачивающей жидкости (воды или масла) объемом 200 мл в калориметрическом стакане Дювара с магнитной мешалкой. Измеряли изменение температуры Δt_1 в процессе погружения навески порошка в жидкую фазу. Рассчитывали теплоту смачивания:

$$\Delta H = \frac{U^2 \Delta \tau}{R \Delta t_2} \Delta t_1,$$

где Δt_1 и Δt_2 – изменение температуры при иммерсии и при нагревании (для измерения константы калориметра), соответственно; U – напряжение постоянного тока, подаваемое на нагреватель; R – электрическое сопротивление нагревателя; $\Delta \tau$ – время нагревания.

Мы рассчитывали гидрофильно-липофильное отношение HLR, выраженное через теплоты смачивания (П.М. Кругляков в [4]):

$$HLR_w = \frac{\Delta H_w}{\Delta H_o}. \quad (1)$$

С другой стороны, гидрофильно-липофильное отношение можно выразить через краевой угол θ_{ow} (угол избирательного смачивания твердой частицы при контакте с межфазной поверхностью вода – масло) (П.М. Кругляков в [4]):

$$HLR_\theta = \left(\frac{1 + \cos \theta_{ow}}{1 - \cos \theta_{ow}} \right)^2. \quad (2)$$

Таким образом, значение HLR определяется только краевым углом в отличие от теплот смачивания ΔH_w или ΔH_o , которые зависят как от краевого угла, так и от размера зерен порошка. Если считать что выражения (1) и (2) равны, то из HLR можно определить величину краевого угла θ_{ow} .

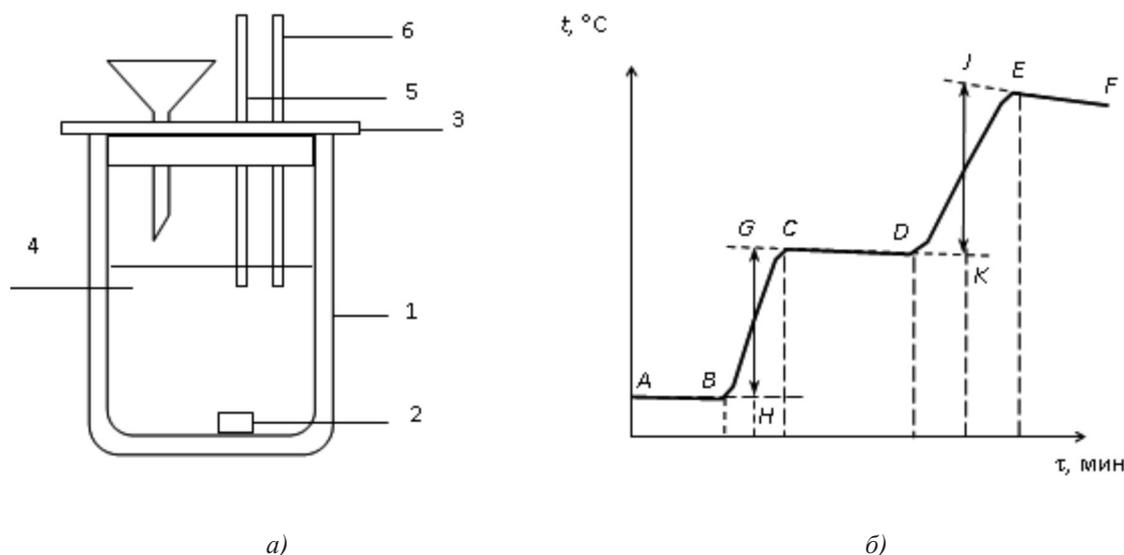


Рис. 1. Метод теплоты смачивания: а) калориметр; б) температурная кривая; $GH = \Delta t_1$; $JK = \Delta t_2$; 1 – калориметрический стакан; 2 – магнитная мешалка; 3 – крышка; 4 – смачивающая жидкость; 5 – термометр; 6 – нагреватель

Получение эмульсий. В пробирку помещали навеску порошка твердого стабилизатора, добавляли дистиллированную воду и углеводородную фазу (масло). Общий объем жидкой фазы составлял 10 мл. Объемную долю масла в жидкой фазе Φ_o рассчитывали по формуле

$$\Phi_o = V_o / (V_o + V_w),$$

где V_o и V_w – объем масла и воды соответственно. Эмульсии получали методом встряхивания данной смеси в пробирке с притертой крышечкой. Эмульсии оставляли для хранения и наблюдения при комнатной температуре 25 °С. Наблюдение за устойчивостью эмульсионных систем велось в течение недели. Концентрацию твердой фазы рассчитывали в % по массе в пересчете на водную фазу. Тип эмульсии определяли по направлению седиментации капель.

Результаты исследования и их обсуждение

Методом теплоты смачивания были определены смачивающие характеристики, такие как гидрофильно-липофильное отношение HLR_{wt} и избирательный краевой угол θ_{ow} для ряда порошков, которые использовались в качестве твердых стабилизаторов эмульсий Пикеринга (таблица). Для микроталька Талькон Т-20 значения углов избирательного смачивания θ_{ow} , полученные в нашей работе, составили 97° (и, следовательно, $HLR < 1$) для поверхности раздела вода – оливковое масло и 85° (и $HR > 1$) для межфазной по-

верхности вода – гексан. Данные значения краевых углов косвенно подтверждает и тот факт, что при встряхивании или взбивании смеси воды, гексана (или октана) и талька формируются эмульсии прямого типа (масло в воде, М/В), а из смеси воды, оливкового масла и талька – эмульсии обратного типа (вода в масле, В/М) при прочих равных условиях (доля масла в жидкой фазе $\Phi_o = 0,5$; концентрация талька от 5 до 30% (мас.) в пересчете на воду). В соответствии с правилом Банкрофта частицы твердого стабилизатора формируют эмульсии, в которых дисперсионной средой становится более смачивающая жидкость. Таким образом, при краевом угле $\theta_{ow} < 90^\circ$ формируются прямые эмульсии, а при $\theta_{ow} > 90^\circ$ – обратные.

При объемной доле масла $\Phi_o = 0,75$ из талька, гексана (или октана) и воды получались эмульсии В/М. В случае оливкового масла в качестве углеводородной фазы всегда получались эмульсии В/М, даже при доле масла $\Phi_o = 0,25$ (в этом случае формировалась обратная, но очень неустойчивая эмульсия).

Тальк – природный слоистый минерал с частицами пластинчатой формы (рис. 2), продукт механического измельчения горной породы талькит. По химическому содержанию тальк представляет собой гидрат магниевого силиката $4SiO_2 \cdot 3MgO \cdot nH_2O$, который не растворим ни в воде, ни в органических растворителях. На поверхности талька есть базальные гидрофобные грани и боковые гидрофильные грани. Угол смачивания такой

частицы зависит от соотношения базальной и боковой поверхностей, а значит, и от степени помола [5, 6]. Средний краевой угол на границе вода – воздух θ_w (угол смачивания водой) для молотого талька, измеренный в [5], составляет 70–73°. При уменьшении среднего медианного размера частиц от 15,2 мкм до 2,9 мкм угол θ_w уменьшается от 70 до 65° [6] за счет увеличения доли боковых поверхностей. Поверхностно-активные компоненты оливкового масла могут адсорбироваться на боковых гидрофильных гранях частиц талька, увеличивая, таким образом, угол избирательного смачивания θ_{ow} на границе вода – оливковое масло по сравнению углом θ_{ow} для поверхности вода – гексан.

Теоретически микрочастицы талька обладают оптимальными характеристиками, необходимыми для стабилизации пен, стабилизированных твердыми частицами, и эмульсий Пикеринга, поскольку из многочисленных опытных данных известно, что лучшими стабилизаторами являются твердые частицы с размером от нескольких десятков нм до нескольких мкм и краевым углом $\sim 70^\circ$ (для формирования однослойных пенных или эмульсионных пленок) или $\sim 86^\circ$ (для бислойных пленок) [7]. Одно-

слойная пленка представляет собой один слой твердых частиц, перекрывающих эмульсионную или пенную пленку как мостики. Бислойная пленка состоит из двух контактирующих слоев частиц, каждый из которых представляет собой межфазный слой на поверхности капли или пузыря.

Другие образцы в таблице являются натуральными пищевыми порошками растительного происхождения с полидисперсными частицами различной формы (рис. 3). Корицу получают помолом коры дерева *Cinnamomum verum* (сем. *Lauraceae*), имбирь – из корневища *Zingiber officinale* (сем. *Zingiberaceae*), порошок мускатного ореха – из плода (ореха) растения *Myristica fragrans* (сем. *Myristicaceae*), горчичный порошок – из семян травянистых растений *Sinapis alba* или *Brassica juncea* (сем. *Brassicaceae*). Натуральные твердые эмульгаторы активно применяются для получения пищевых эмульсий [4, 8, 9 и др.]. Как видно из таблицы, все исследованные пищевые порошки являются относительно гидрофильными. Значения углов избирательного смачивания θ_{ow} находились в пределах от 56 до 66° для межфазной поверхности вода – оливковое масло, а величина гидрофильно-липофильного отношения $HLR > 1$.

Характеристики смачивания частиц

Порошок	Теплота смачивания водой ΔH_w , Дж/г	Теплота смачивания маслом ΔH_o , Дж/г	HLR_{wt}	Краевой угол θ_{ow} , °
Микротальк	31,02	47,64 19,87 гексан*	0,65 1,56	97 85
Корица молотая	72,2 ± 5,6	12,8 ± 1,3	5,6	66
Имбирь молотый	41,7 ± 5,8	6,6 ± 1,7	6,3	64,5
Горчичный порошок	49,5 ± 1,1	7,6 ± 0,7	6,5	64
Мускатный орех	41,9 ± 4,3	3,3 ± 0,8	12,7	56

Примечание. *в остальных случаях фаза масла представляет собой оливковое масло.

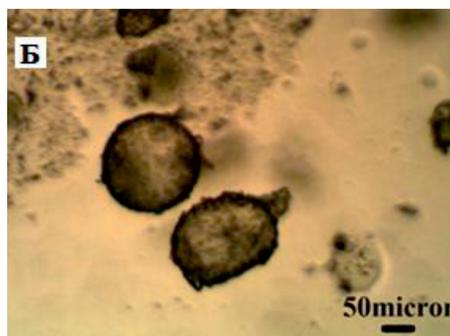


Рис. 2. Микрофотографии частиц микроталька Талькон Т-20 на поверхности сидячей капли воды (а) и капель эмульсии октана в воде, стабилизированных этими частицами (б)

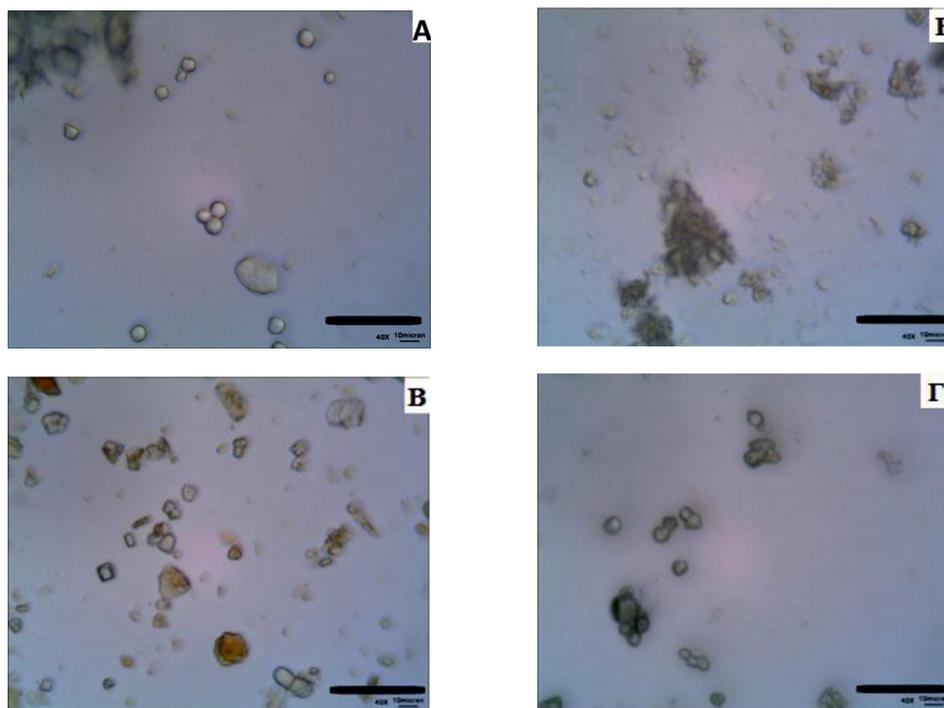


Рис. 3. Микрофотографии частиц пищевых порошков на поверхности сидячей капли воды: (а) имбирь, (б) горчичный порошок, (в) корица, (з) мускатный орех. Длина метки 50 мкм

Твердые частицы всех исследованных пищевых порошков формировали устойчивые эмульсии прямого типа (углеводородная фаза – оливковое масло), что согласуется с полученными для них значениями краевого угла θ_{ow} . Эмульсии были устойчивы против коалесценции при концентрации твердой фазы, превышающей значение в пределах от 0,3% (горчичный порошок) до 4% (молотый имбирь). Данные эмульсии также проявляли устойчивость против седиментации при достаточно высокой концентрации твердых частиц: от 15% (горчичный порошок и молотая корица) до 30% (молотый имбирь и молотый мускатный орех) [4]. Устойчивость систем и против коалесценции, и против седиментации одновременно выражалась в том, что прямые эмульсии, полученные при доле масла $\phi_o = 0,5$, не выделяли ни дисперсную фазу (масло), ни дисперсионную среду (воду) в течение длительного времени.

Заключение

Методом теплоты смачивания были получены значения гидрофильно-липофильного отношения HLR_{wt} и краевого угла θ_{ow} (угла избирательного смачивания) для полидисперсных твердых частиц различной природы, хорошо согласующиеся с результатами применения данных частиц в каче-

стве твердых стабилизаторов эмульсий прямого или обратного типа.

Список литературы / References

1. Nushtaeva A.V. Contact angles of selective wetting of hexylamine- modified silica surface. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. 2014. vol. 451. P. 101–106. DOI: 10.1016/j.colsurfa.2014.03.050.
2. Douillard J.M., Zajac J., Malandrini H., Claus F. Contact angle and film pressure: study of a talk surface. *Journal of Colloid and Interface Science*. 2002. vol. 255. P. 341–351.
3. Yan N., Maham Y., Masliyah J.H., Gray M.R., Mather A.E. Measurement of contact angles for fumed silica nanospheres using heat of immersion data. *Journal of Colloid and Interface Science*. 2000. vol. 228. P. 1–10.
4. Nushtaeva A.V. Natural food-grade solid particles for emulsion stabilization. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. 2016. vol. 504. P. 449–457. DOI: 10.1016/j.colsurfa.2016.05.084.
5. Tarasevich Y.I., Aksenenko E.V. Hydrophobicity of talc basal surface. *Colloid Journal*. 2014. vol. 76. no. 4. P. 483–489. DOI: 10.1134/S1061933X14040140.
6. Миронюк А.В., Сикорский А.А., Караваев Т.А., Сви́дерский В.А. Реологическое поведение водных суспензий талька // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2012. Т. 6. № 6. С. 12–14.
7. Myronyuk A.V., Sikorsky A.A., Karavaev T.A., Svider-sky V.A. Rheological Behavior of Talc Aqueous Suspensions // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2012. Vol. 6. № 6. P. 12–14 (in Russian).
8. Horozov T.S. Foams and foam films stabilized by solid particles. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*. 2008. vol. 13. P. 134–140.
9. Tavernier I., Wijaya W., der Meeren P.V., Dewettinck K., Petel A.R. Food-grade particles for emulsion stabilization. *Trend in Food Science & Technology*. 2016. vol. 50. P. 159–174. DOI: 10.1016/j.tifs.2016.01.023.
10. Xiao J., Li Y., Huang Q. Recent advances on food-grade particles stabilized Pickering emulsions: Fabrication, characterization and research trends. *Trend in Food Science & Technology*. 2016. vol. 55. P. 48–60. DOI: 10.1016/j.tifs.2016.05.010.

УДК 665.61:54.061(470.47)

**МИКРОЭЛЕМЕНТНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СЫРЫХ НЕФТЕЙ
РЯДА МЕСТОРОЖДЕНИЙ РЕСПУБЛИКИ КАЛМЫКИЯ****Цомбуева Б.В., Сохорова З.В., Фадеева И.Ю., Убушаева Б.В.***ФГБОУ ВО «Калмыцкий государственный университет им. Б.Б. Городовикова»,
Элиста, e-mail: bairacom@mail.ru*

Методом атомно-абсорбционной спектроскопии определено содержание Cu, Ni, V, Pb, Cr, Co, Ag, Mo, Be, Sr, Fe в нефтях трех месторождений на территории Республики Калмыкия: Северо-Камышанского, Бairsкого и Курганного. В ходе изучения микроэлементной структуры исследуемых месторождений было выявлено в целом достаточно низкое содержание микроэлементов, исключение составляют железо и стронций. Содержание Fe и Sr в нефтях лежит в пределах 5437,9–7377,9 мкг/кг и 712,1–1169,2 мкг/кг соответственно. По результатам исследования микроэлементного состава нефти изучаемых месторождений исследуемые нефти можно отнести к типу железосных нефтей ($Fe > Ni > V$). Наибольшее суммарное содержание металлов отмечено в нефти Курганного месторождения. Статистическая обработка результатов измерений выявила сильную парную корреляционную зависимость между содержаниями Cu-Ni, Cu-V, Ni-V, Cr-Ag, Co-Mo, Co-Be, Mo-Fe. Множественная корреляция концентраций тяжелых металлов в нефтяных залежах Республики Калмыкия выделила семиэлементный кластер Ni-Co-Ag-Cr-Mo-V-Cu, выявлению данного кластера послужила сходимость в содержаниях, так же выявлены пары подкластеров Ag-Cr и Mo-V с сильной корреляцией концентраций. Изучение геохимических особенностей распределения микроэлементов в нефти трех месторождений показало, что значениями отношений V/Cu (от 0,3011 до 0,413) и V/Fe (от 0,00413 до 0,00628) в исследованных пробах нефтей в целом характеризуются весьма низкими значениями. Геохимический показатель – отношение V/Cu может служить показателем существования катагенетических изменений нафтидов в нефти. Отношение микроэлементов Ni/Cu в нефтях исследуемых месторождений изменяется в пределах от 2,121 до 2,762, что позволяет предполагать отсутствие как существенной миграции нафтидов, так и достаточно низкую степень их катагенетических преобразований. Показатель суммы $V + Ni + Fe$ для нефтей всех исследуемых месторождений значительно меньше 1 г/т, что позволяет отнести данные нефти к ряду «обедненных».

Ключевые слова: нефть, тяжелые металлы в нефти, геохимия, катагенез, нафтиды, месторождения нефти**TRACE ELEMENT CHARACTERISTICS OF CRUDE OILS
OF SOME DEPOSITS OF THE REPUBLIC OF KALMYKIA****Tsombueva B.V., Sokhorova Z.V., Fadeeva I.Yu., Ubushaeva B.V.***Kalmyk State University named B.B. Gorogovikov, Elista, e-mail: bairacom@mail.ru*

The content of Cu, Ni, V, Pb, Cr, Co, Ag, Mo, Be, Sr, Fe was determined by the method atomic absorption spectroscopy in oil of three deposits of the Republic of Kalmykia: North-Kamyshanskoe, Bairskoe, Kurgannoe. It has been established that there are low metal contents in all oil samples of the explored deposits in general, with the exception of iron and strontium. Based on the results obtained, the studied oil can be attributed to the type of iron-bearing oils. The highest total metal content was observed in the Kurganskoe oil field. Static processing of measurement results showed a strong correlation between the contents of Cu-Ni, Cu-V, Ni-V, Cr-Ag, Co-Mo, Co-Be, Mo-Fe. Multiple correlation of trace element content in Kalmykia oil revealed a cluster of Cu-V-Mo-Cr-Ag-Co-Ni with a high level of similarity of concentrations and showed a strong relationship in the content of pairs of V-Mo Cr-Ag subclusters. The study of the geochemical characteristics of the distribution of trace elements showed that the studied samples of oils are characterized by very low values of the ratio V / Cu (from 0.3011 to 0.413) and V / Fe (from 0.00413-0.00628) in general, indicating the presence of catagenetic changes of naphthides, the median values of Ni / Cu range from 2.121 to 2.762, which suggests the absence of both substantial migration of naphthides and a rather low degree of their catagenetic transformations. The $V + Ni + Fe$ index for the oils of all explored deposits is significantly less than 1 g / t, which classifies these oils as a number of «lean» and ferrous ($Fe > Ni > V$).

Keywords: oil, heavy metals in oil, Geochemistry, catagenesis, naphthides, oil deposit

На сегодняшний день освоение металлоносного потенциала нефтей является актуальной темой изучения в современной науке. Известно, что в составе нефти обнаружено более 45 элементов: Na, Al, V, Ni, Fe, Ba, Mn, Mg, Cu, Ca, Mo, K, Pb, Cr, Si, Ru, Li, Be, Co, Sr, U, Cd, Ti, Bi, Ag, Au, Th, Nd, Ce, La, Zn, As, Sb и другие.

Микроэлементная структура извлекаемой нефти является одной из важнейших составляющих геохимической характеристики и оказывает сильное влияние на про-

цессы добычи, транспортировки и переработки нефтяного сырья, это подтверждается значительным количеством трудов [1, 2]. Выявлено, что нефти различных нефтегазоносных провинций заметно различаются по содержаниям и соотношениям микроэлементов. Данные о содержаниях микроэлементов в нефтях используются для реконструкции процессов миграции, катагенеза и гипергенеза нефти, локального прогноза нефтегазоносности, а также диагностики типов углеводородных флюидов [3, 4].

Цель исследования заключалась в исследовании микроэлементной характеристики нефтей различных месторождений Республики Калмыкия для оценки использования их в качестве сырья при производстве металлов и решения проблемы более полного извлечения их из сырья.

Материалы и методы исследования

Объектами изучения микроэлементного состава сырой нефти были выбраны образцы трех нефтяных месторождений Республики Калмыкия: Курганного, Баирского, Северо-Камышанского.

В ходе исследования микроэлементного состава сырой нефти проб Курганного, Северо-Камышанского, Баирского месторождений залежей нефти брали навеску в 5 г пробы, предварительно очищенной от механических примесей. Далее пробоподготовку нефти проводили в соответствии с настоящим стандартом РД 153-34.1-44.202-2001 [5].

Определение количественного содержания тяжелых металлов в анализируемых пробах определяли при помощи атомно-абсорбционного спектрофотометра фирмы «Люмэкс» модели «МГА-915МД» (2014), при содействии центра коллективного пользования «БиоВет» ФГБОУ ВО КалмГУ.

Результаты исследования и их обсуждение

Микроэлементная характеристика сырых нефтей РК

При использовании атомно-абсорбционной спектрометрии в трех испытуемых пробах были определены следующие металлы: Cu, Ni, V, Pb, Cr, Co, Ag, Mo, Be, Sr,

Fe. Результаты исследований объединены в табл. 1.

В ходе изучения микроэлементной структуры исследуемых месторождений было выявлено, что в целом достаточно низкое содержание микроэлементов, исключение составляют железо и стронций, максимальное присутствие выявлено в месторождении Курганное. Исходя из полученных данных, выбранные месторождения нефтяного сырья можно отнести к типу «железоносных».

Среди определяемых металлов, максимальный уровень показали железо и стронций, содержащиеся в определяемых образцах в пределах 5437,9–7377,9 мкг/кг и 712,1–1169,2 мкг/кг соответственно. Наибольшее содержание Fe установлено в пробе нефти, отобранной на Курганном месторождении – 7377,9 мкг/кг, что касается, содержания железа в остальных образцах нефтяного сырья, то можно наблюдать, что оно лежит в пределах максимального значения. По результатам исследований в составе Баирского и Курганного месторождений, было отмечено высокое содержание стронция, 1169,2 мкг/кг и 1081,2 мкг/кг соответственно. Образец Северо-Камышанского месторождения показал довольно низкое содержание Sr – 712,1 мкг/кг.

Анализ нефтяного сырья на присутствие никеля показал, что содержание данного элемента лежит в пределах от 177,4 до 326,2 мкг/кг. При изучении распределения никеля в пробах нефти была зафиксирована его положительная корреляция с концентрациями ванадия. Данную зависимость можно объяснить общим концентрированием этих микроэлементов в никель- и ванадилпорфириновых комплексах.

Таблица 1

Микроэлементная характеристика нефтяного сырья Калмыкии (мкг/кг)

Месторождение	Курганное	Северо-Камышанское	Баирское
Co	17,1	10,4	95,5
Fe	7377,9	6796,8	5437,9
Cu	153,8	67,9	69,1
Be	–	–	0,7
Ag	11,6	67,3	11,2
Pb	–	–	–
Cr	14,3	78,8	41,1
Sr	1081,2	712,1	1169,2
Ni	326,2	187,7	177,4
Mo	25,5	25,4	13,3
V	46,3	28,1	23,4

Концентрация Cu в пробах трех месторождений изменяется в диапазоне 67–154 мкг/кг. Наибольший показатель концентрации меди – 153,8 мкг/кг отмечен у Курганного месторождения.

При исследовании микроэлементного состава выбранного нефтяного сырья присутствие свинца не обнаружено. В образце Баирского месторождения отмечено небольшое концентрирование Be (0,7 мкг/кг), в Курганном и Северо-Камышанском нефтяных залежах бериллия не выявлено.

Предельное значение хрома и серебра обнаружено в пробе сырья Северо-Камышанских нефтяных залежей – 78,8 мкг/кг и 67,3 мкг/кг соответственно. Полученные концентрации данных микроэлементов в Северо-Камышанском месторождении в 2–8 раз преобладают над показателями Курганной и Баирской проб нефти.

Установление максимального количественного присутствия Со и Мо показало положительную корреляцию в отношении концентраций исследуемых металлов в Курганном и Северо-Камышанском залежах. Данный вывод был сделан на основании схожих результатов исследований, содержание кобальта и молибдена в Баирском месторождении показало обратную зависимость.

На основании полученных в ходе исследований результатов построен график количественного распределения микроэлементов в нефтях (рис. 1).

Сопоставление микроэлементного состава нефтяных залежей РК и различных месторождений Оренбуржья, проведенное М.В. Захарченко, М.М. Люшиным и Э.А. Мустафиной [6] выявило ошутимое различие в характеристических показателях нефтей. Нефти Бузулукской

впадины (Оренбургская область) имеют в своем составе достаточно высокий уровень концентрации Ni (7500–15000 мкг/кг) и V (3500–30000 мкг/кг), вследствие чего данные нефти относят к типу тяжелых или «обогащенных». Нефтяные залежи Калмыкии нельзя причислить к тяжелым нефтям, поскольку концентрации соответствующих элементов не являются основой металлоносности добываемого сырья. Нефтяное сырье калмыцкого региона, в сравнении с нефтью Оренбуржья, отличается отрицательной корреляционной зависимостью содержания Fe и Sr, что говорит о различии в процессах образования, в возрасте и глубине залегания. В значительной степени превышает уровень ценности нефти, добываемой на территории Калмыкии, тот факт, что нефтяные залежи Республики выделяются своей «малосернистостью». В работе, проведенной М.В. Захарченко и другими исследователями, показатели серы в пробах Бузулукского нефтяного района в 3,5–4 раза превосходят значение концентраций серы в нефтях РК. Данная «исключительность» в совокупности с достаточно высоким содержанием Fe и Sr, отсутствием в исследуемых образцах каталитического яда – Pb, оказывает положительное влияние на процессы добычи и переработки данного сырья.

По итогам статистической обработки данных, полученных в ходе исследовательской работы, были рассчитаны показатели парной корреляции и проведена работа по построению кластерного скелета проб нефти Курганного, Северо-Камышанского и Баирского месторождений. В табл. 2 предложена корреляционная матрица, показывающая зависимость микроэлементов в изучаемых нефтях.

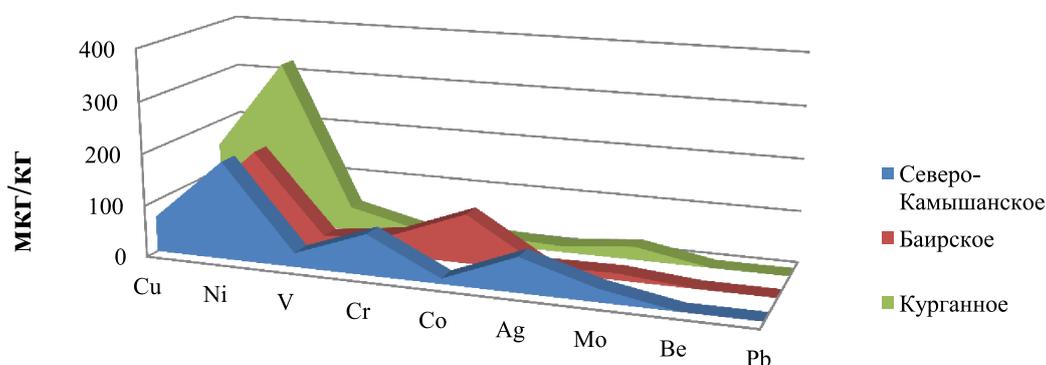


Рис. 1. Количественное распределение микроэлементов в нефтях

Таблица 2

Корреляционная матрица парной корреляции ТМ в нефти РК

	Cu	Ni	V	Cr	Co	Ag	Mo	Be	Sr	Fe
Cu	1									
Ni	0,998	1								
V	0,998	0,997	1							
Cr	-0,72	-0,76	-0,72	1						
Co	-0,593	-0,53	-0,57	-0,17	1					
Ag	-0,332	-0,429	-0,35	0,996	-0,57	1				
Mo	0,651	0,558	0,63	0,099	-0,989	0,509	1			
Be	-0,654	-0,554	-0,63	-0,098	0,995	-0,51	-1	1		
Sr	0,156	0,37	0,17	-0,897	0,71	-0,983	-0,66	0,66	1	
Fe	0,763	0,691	0,75	-0,07	-0,972	0,353	0,986	-0,987	-0,596	1

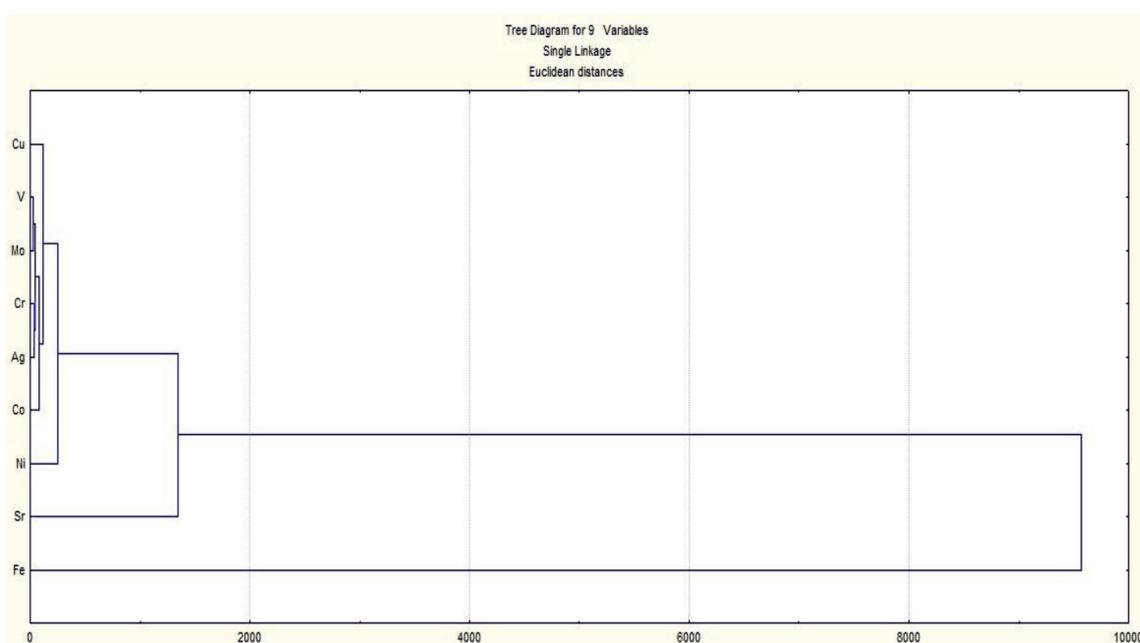


Рис. 2. Дендрограммы кластерного скелета взаимосвязи тяжелых металлов в нефти РК

При изучении межкомпонентной корреляции тяжелых металлов в нефтяном сырье прослеживается сильная взаимосвязанность концентраций между следующими элементами: Cu-Ni, Cu-V, Ni-V, Cr-Ag, Co-Mo, Co-Be, Mo-Fe.

Множественная корреляция в установленных значениях концентраций тяжелых металлов в нефтяных залежах Республики Калмыкия выделила семизлементный кластер Ni-Co-Ag-Cr-Mo-V-Cu, выявлению данного кластера послужила сходимость в содержаниях, так же выявлены пары подкластеров Ag-Cr и Mo-V с сильной корреляцией концентраций (рис. 2).

Геохимические особенности распределения микроэлементов в нефтях исследуемых месторождений

Из многочисленных трудов, посвященных изучению микроэлементной характеристики нефтей различных нефте-газоносных районов, можно сделать вывод о прямой зависимости состава нефти от таких факторов, как место и время происхождения, климатические условия месторасположения, глубины залегания и условий образования залежей, изучение данного вопроса показало, что микроэлементный состав является «отличительной особенностью» каждой

добываемой нефти. Данные о содержаниях тяжелых металлов в нефтяных залежах применяются для восстановления хронологии процессов миграции, катагенеза и гипергенеза нефти, построения локального прогноза нефтяного потенциала, а также диагностики типов углеводородных флюидов.

В ходе метаморфозных процессов в структуре нефти меняется ее исходный состав, соответственно, происходит изменение в количественном показателе элементов и их соотношении друг к другу. Было доказано, что при прохождении нефтью стадии катагенеза понижаются концентрации V/Pb, V/Fe и V/Cu, а при процессе миграции нафтидов в нефтяном сырье заметно снижаются показатели Co, V, Ni и взамен происходит рост содержания Cu, чья концентрация отрицательно влияет на соотношение таких индикаторных МЭ: Co/Cu, V/Cu, Ni/Cu. Стоит отметить, что такой тип биодегградации в значительной степени понижает содержание Zn в нефтях.

Для лучшего отображения геохимического преобразования, был произведен расчет соотношения основных индикаторных микроэлементов нефти (табл. 3).

вает на присутствие процессов миграции смол и нафтидов.

Аналогичным образом уменьшение содержаний большей части МЭ при процессах катагенеза вызывает снижение отношения Ni/Cu от 800–100 до 100–0,2. В использованных в анализе пробах нефтяного сырья медианные значения Ni/Cu варьируют от 2,121 до 2,762, что разрешает предположить отсутствие ощутимой миграции нафтидов и достаточно низкую степень их катагенетических модификаций в составе и строении нефти.

В своей работе С.А. Пунанова [7] четко обозначила два вида нефтяных залежей «обедненные» и «обогащенные». В соответствии ее исследованиям к первому «обедненному» виду стоит отнести нефти, в которых концентрирование биогенных микро- и макроэлементов ниже уровня, соответствующего 1 г/т. Ко второму виду «обогащенных» нефтей исследователь отнес нефти богатые содержанием V, Ni, Fe (биогенные элементы) выше, чем 10 г/т.

Согласно предложенной характеристике, большую часть нефтяного потенциала республики представляют собой «обедненные» нефти. Превалирование содержания

Таблица 3

Значения отношений ряда индикаторных микроэлементов в пробах нефтей

Параметр	Co/Cu	Ni/Cu	V/Fe	V/Cu	V/Ni	V + Ni + Fe (мкг/кг)
Курганное	0,11	2,121	0,00628	0,3011	0,142	7750,498
Северо-Камышанское	0,1534	2,762	0,00413	0,413	0,1494	7012,526
Баирское	1,3821	2,5685	0,00429	0,3386	0,132	5638,636

Полученные результаты о содержаниях и отношениях ряда индикаторных микроэлементов в нефтях (табл. 3) позволяют сделать несколько генетических выводов. Изученные образцы нефтей в целом описываются весьма низкими значениями отношения V/Cu (от 0,3011 до 0,413) и V/Fe (от 0,00413 до 0,00628), указывает на присутствие катагенетических процессов связанных с нафтидами.

Отношение Ni/Cu является одновременно показателем и «дальности миграции», и катагенетических трансформаций. Адсорбция породами при процессах миграции смол и асфальтенов ведет к уменьшению содержаний V, Ni и Co и, соответственно, к снижению значений Ni/Cu от 25–30 до <1. Отношение Ni/Cu в исследуемых нефтях варьирует в пределах 2,1–2,8, что указы-

вает на присутствие процессов миграции смол и нафтидов. Fe над Ni и V характеризует их к железистому типу. «Обедненность» нефти говорит об образовании залежей топлива в более молодых платформах, данное утверждение подтверждается расположением Курганного, Северо-Камышанского и Баирского месторождений на молодой Скифской плите [8].

Изменение состава характерно для соединений нефти, моделирование процесса катагенеза позволило вывести: уменьшение соотношений металлов-маркеров V/Fe, V/Cu, V/Pb; движение нафтидов, что ведет к понижению концентраций Ni, V, Co и росту содержания Cu.

Выводы

1. Изучение микроэлементного состава показало довольно низкие значения содержания металлов, исключение составляют

Fe и Sr. Согласно результатам исследования, нефти Республики Калмыкия можно назвать «железосодержащими». При изучении межкомпонентной корреляции тяжелых металлов в нефтяном сырье прослеживается сильная взаимосвязанность концентраций между следующими элементами: Cu-Ni, Cu-V, Ni-V, Cr-Ag, Co-Mo, Co-Be, Mo-Fe. Множественная корреляция в установленных значениях концентраций тяжелых металлов в нефтяных залежах Республики выделила семиэлементный кластер Ni-Co-Ag-Cr-Mo-V-Cu, выявлению данного кластера послужила сходимость в содержаниях, так же выявлены пары подкластеров Ag-Cr и Mo-V с сильной корреляцией концентраций.

2. Изучение геохимических особенностей распределения микроэлементов в нефти трех месторождений показало, что значениями отношений V/Cu (от 0,3011 до 0,413) и V/Fe (от 0,00413 до 0,00628) в исследованных пробах нефтей в целом характеризуются весьма низкими значениями. Геохимический показатель отношение V/Cu может служить показателем существования катагенетических изменений нафтидов в нефти. Согласно характеристике, разработанной С.А. Пуановой, большую часть нефтяного потенциала Республики представляют собой «обедненные» нефти, превалирование содержания Fe над Ni и V характеризует их к железистому типу.

Статья выполнена при поддержке гранта Российского фонда фундаментальных исследований 16-05-00916.

Список литературы / References

1. Колодяжный А.В., Ковальчук Т.Н., Коровин Ю.И., Антонович В.П. Определение микроэлементного состава нефтей и нефтепродуктов. Состояние и проблемы // Методы и объекты химического анализа. 2006. Т. 1. № 2. С. 90–104.

Kolodyazhny A.V., Kovalchuk T.N., Korovin Yu.I., Antonovich V.P. Determination of microelements of oil and oil products. Status and problems // Methods and objects of chemical analysis. 2006. Vol. 1. № 2. P. 90–104 (in Russian).

2. Маслов А.В., Ронкин Ю.Л., Изотов В.Г., Биглов К.Ш., Ситдикова Л.М. Распределение редких и рассеянных элементов в сырых нефтях ряда месторождений Западно-Сибирской Волго-Уральской провинции // Литосфера. 2015. № 3. С. 93–113.

Maslov A.V., Ronkin Y.L., Izotov V.G., Biglow K.S., Sitdikova L.M. Distribution of rare and trace elements in crude oils of some deposits of the West Siberian Volga-Ural province // Lithosphere. 2015. № 3. P. 93–113 (in Russian).

3. Пономарева Г.А., Панкратьев П.В., Хальзов А.А. Микроэлементный состав нефти Оренбургских месторождений // Вестник ОГУ. 2012. № 1. С. 164–171.

Ponomareva G.A., Pankratiev P.V., Halzov A.A. Microelement Content of Oil of Orenburg Oil Reserves // Vestnik OGU. 2012. № 1. P. 164–171 (in Russian).

4. Калинин Е.П. Геохимическая специфика нефти и ее природа // Вестник института геологии Коми научного центра Уральского отделения РАН. 2009. № 1. С. 6–12.

Kalinin E.P. Geochemical specificity of oil and its nature // Bulletin of the Institute of Geology of the Komi scientific center of the Ural branch of RAS. 2009. № 1. P. 6–12 (in Russian).

5. РД 153-34.1-44.202-2001. Нефть и нефтепродукты. Определение ванадия методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии. Введ. 2002-07-01. М.: Стандартинформ, 2010. 6 с.

6. Захарченко М.В., Люшин М.М., Мустафина Э.А. Соединения металлов в нефтях месторождений Оренбуржья // НефтеГазоХимия. 2016. № 1. С. 61–63.

Zakharchenko M.V., Lyushin M.M., Mustafina E.A. Compounds of metals in oil fields of Orenburg region // NefteGazoXimiya. 2016. № 1. P. 61–63 (in Russian).

7. Пуанова С.А. Геохимические особенности распределения микроэлементов в нафтидах и металлоносность осадочных бассейнов СНГ // Геохимия. 1998. № 9. С. 959–972.

Punanova S.A. Geochemical features of the distribution of trace elements in naphthides and metal content of sedimentary basins of the CIS // Geochemistry. 1998. № 9. P. 959–972 (in Russian).

8. Готтих Р.П., Писоцкий Б.И., Журавлев Д.З. Геохимические особенности нефти различных регионов и возможный источник металлов в ней // Доклады РАН. 2008. Т. 422. № 1. С. 88–92.

Gottikh R.P., Pisotskiy B.I., Zhuravlev D.Z. Geochemical characteristics of oil of different regions and potential source metals // Doklady RAN. 2008. V. 422. № 1. P. 88–92 (in Russian).

УДК 630*181.5:6308273(571.13)

РАЗРАБОТКА ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОЙ ТЕХНОЛОГИИ РАЗМНОЖЕНИЯ РЯБИНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В УСЛОВИЯХ ОМСКОЙ ОБЛАСТИ

Барайшук Г.В., Шевченко Н.Ю.

ФГБОУ ВО «Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина», Омск,
e-mail: gv.barayschuk@omgau.org

Рябиновые насаждения эстетизируют среду обитания, декоративные свойства рябины обыкновенной (*Sorbus aucuparia*) выражаются в форме кроны и листы, в окраске листы и плодов. Успешное выращивание рябиновых насаждений возможно при использовании качественного посадочного материала. Семенной способ размножения рябины обыкновенной (*Sorbus aucuparia*) показал низкий процент семенной всхожести – на уровне 20–30%, поэтому была предпринята попытка вегетативного размножения – зелеными черенками. Выращивание черенковых саженцев способствует увеличению долголетия сибирских садов и реакционных зон. Технология получения корнесобственных растений связана с применением ростстимулирующих веществ. Целью наших исследований явилось изучение размножения рябины обыкновенной с использованием экологически безопасных препаратов и оцениванием параметров условий роста и развития черенковых саженцев. Задача исследования – разработка элементов технологии выращивания посадочного материала рябины обыкновенной с использованием ростстимулирующих препаратов. В ходе исследований получены результаты применения микробиологических препаратов Черные дрожжи и Триходермин, обладающих ростстимулирующими и защитными свойствами в зеленом черенковании рябины обыкновенной. В качестве эталона использовался препарат Корневин, основой которого является индолилмасляная кислота – стимулятор роста. Установлено положительное влияние экологически безопасных препаратов на процесс корнеобразования и роста черенковых саженцев. Лучшим препаратом, существенно повышающим процент корнеобразования у зеленых черенков рябины обыкновенной, признан грибной микробиологический препарат Триходермин. Установлено существенное положительное стимулирующее влияние на прирост саженцев рябины обыкновенной под воздействием препарата Черные дрожжи. Грибной микробиологический препарат Триходермин способствовал лучшей сохранности посадочного материала рябины обыкновенной. Видимо, положительное влияние на рост и развитие саженцев рябины обыкновенной обусловлено действующим веществом препарата – почвенным грибом-антагонистом *Trichoderma viride*, самовозобновляющимся в почвенной среде, метаболиты которого очищают зону ризосферы от патогенных микроорганизмов и стимулируют рост растения.

Ключевые слова: экологически безопасные препараты, зеленые черенки, корнеобразование, прирост, посадочный материал

DEVELOPMENT OF ENVIRONMENTALLY SAFE TECHNOLOGY FOR REPRODUCTION OF THE ROWAN ORDINARY IN CONDITIONS OF THE OMSK REGION

Barayshchuk G.V., Shevchenko N.Yu.

Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education Omsk State Agrarian University
named after P.A. Stolypin, Omsk, e-mail: gv.barayschuk@omgau.org

Rowan plantings aestheticize habitat. Decorative properties of rowan ordinary (*Sorbus aucuparia*) are expressed in the form of crown and foliage, in the color of foliage and fruits. Seed propagation of rowan ordinary has shown a low percentage of seed germination (at the level of 20–30%), so this article presents the results of vegetative reproduction with green cuttings. Growing cuttings seedlings increases the longevity of the Siberian gardens and reaction zones. The technology of obtaining own-rooted plants is associated with the use of growth-stimulating substances. The aim of our research was to study the breeding of rowan ordinary with the use of environmentally safe products and the estimation of parameters of growth conditions and development of cuttings. Research's objective is development of elements of the technology for growing planting material of rowan ordinary using growth-stimulating preparations. The results of the use of microbiological preparations Black Yeast and Trichodermin, which have growth-stimulating and protective properties in green grafting of rowan ordinary, have been obtained in the course of research. The preparation Kornevin was used as a reference, the basis of which is indolyl butyric acid, which is a growth stimulator. The positive effect of environmentally safe preparations on the process of rooting and growth of cuttings was determined. The best preparation that significantly increases the percentage of root formation in green cuttings of rowan ordinary, is the fungal microbiological preparation Trichodermin. A significant positive stimulating effect on the apical growth of rowan ordinary under the influence of the preparation Black Yeast has been established. The fungus microbiological preparation Trichodermin promoted better preservation of planting stock of rowan ordinary. Apparently, the positive effect on the growth and development of rowan saplings is caused by the active ingredient of the preparation, the soil antagonist *Trichoderma viride*, self-renewing in the soil environment, which metabolites purify the rhizosphere zone from pathogenic microorganisms and stimulate plant growth.

Keywords: environmentally safe preparations, green cuttings, root formation, apical growth, plating stock

Зеленые насаждения в градостроительстве существенно улучшают санитарно-гигиеническую обстановку. В Омской области интенсивно увеличивается площадь

посадок древесных растений, имеющих элементы декоративности в кроне или форме ствола. Рябиновые насаждения эстетизируют среду обитания, снижают скорость

ветра, снижают воздействие шумов на человека, обогащают атмосферу кислородом. Декоративные свойства рябины обыкновенной (*Sorbus aucuparia*) выражаются в форме кроны и листвы, в окраске листвы и плодов. Эта древесная порода интересна как пищевой ресурс, медонос, имеет лекарственное, мелиоративное и другие значения. Древесина рябины обладает ценными механическими свойствами и используется в декоративно-художественном творчестве. К тому же рябина обыкновенная относительно неприхотлива, слабо поражается вредителями и болезнями. Успешное выращивание рябиновых насаждений возможно при использовании качественного посадочного материала. Семенной способ размножения рябины обыкновенной (*Sorbus aucuparia*) в предварительных опытах показал низкий процент семенной всхожести – на уровне 20–30%, что подтверждается данными других исследователей, поэтому была предпринята попытка вегетативного размножения – зелеными черенками [1, 2]. Многие ученые в своих трудах подчеркивали значение корнесобственных растений для увеличения долголетия сибирских садов и декоративных древесно-кустарниковых насаждений. Современная технология зеленого черенкования с использованием ростстимулирующих веществ позволяет значительно повысить укореняемость зеленых черенков, ускорить размножение клоновых подвоев, создать более долговечные в условиях Сибири корнесобственные сады, усовершенствовать выращивание здорового посадочного материала [3].

Цель исследования: изучение размножения рябины обыкновенной с использованием экологически безопасных препаратов и оценением условий роста и развития черенковых саженцев. Первостепенной задачей исследования служит разработка технологических параметров выращивания посадочного материала рябины обыкновенной в лесном питомнике.

Материалы и методы исследования

Объектом исследования были однолетние и двухлетние саженцы рябины обыкновенной, выращенные из зеленых черенков. Маточными растениями служили деревья, произрастающие в дендрологическом парке Омского государственного аграрного университета. Черенкование проводилось в условиях южной лесостепи Омской области по общепринятой методике Тимирязевской сельскохозяйственной академии.

Исследования по изучению роли микробиологических препаратов при размножении зелеными черенками проводили в 2016–2018 гг. на базе учебной лаборатории «Дендропарк» учебного опытного хозяйства Омского ГАУ, в пленочных парниках. Парник площадью 12 м² накрывали в конце мая. Поверхность участка выравнивали, ширина культивационной гряды составляла 100 см. Подготовку субстрата проводили в начале июня: сначала насыпали смесь дерновой земли и перегноя в соотношении 1:1 слоем 20–30 см, после выравнивания и уплотнения поверхности гряд насыпали субстрат слоем 5 см. При изучении регенерационной способности зеленых черенков рябины обыкновенной в качестве субстрата использовали смесь песка с торфом в соотношении 1:1 по объему.

В первой декаде июня заготавливали побеги с маточных растений рано утром, когда они находились в состоянии тургора. Для нарезки черенков использовали среднюю часть боковых побегов на приростах прошлого года, средней силы роста, с хорошо освещенных участков кроны. Высота зеленых черенков составляла 8–10 см, при посадке они заглублялись в субстрат на 3–3,5 см. Во время посадки черенки обрабатывались защитными и ростстимулирующими препаратами: Триходермин, Черные дрожжи. В качестве эталона использовали препарат Корневин, который содержит действующее вещество – 4-индол-3-ил масляную кислоту (ИМК), (5 г ИМК на 1000 г талька), которая, попадая на растение, слегка раздражает его покровные ткани, чем стимулирует появление каллюса («живых» клеток, образующихся на поверхности ранки) и корней. А сама ИМК, попадая в почву, в результате естественного синтеза преобразуется в фитогормон гетероауксин, который и стимулирует корнеобразование.

Все использованные препараты нарабатываются в биологической лаборатории ФГБУ «Омский референтный центр Россельхознадзора». Основой препарата Триходермин является почвенный гриб *Trichoderma viride*, штамм Омский. Препарат выпускается с титром 1–2×10⁷ конидий в 1 мл. Применяли 0,5% суспензию препарата двукратно сразу после посадки и через месяц, согласно рекомендациям производителя. Метаболиты грибов рода *Trichoderma* обладают защитным и стимулирующим эффектами. Это ферменты, антибиотики и другие биологически активные вещества. Так, антибиотики подавляют развитие фи-

топатогенов, тормозя их репродуктивную способность [4]. В момент создания препарата было известно три антибиотика (глиоксин, виридин, триходермин), в настоящее время открыто более десяти антибиотических веществ. Микроскопические грибы рода *Trihoderma* конкурируют за субстрат с другими почвенными микроорганизмами путем прямого паразитирования и выделения биологически активных веществ.

Микробиологическое удобрение Чёрные дрожжи нарабатывается на основе живой культуры дрожжеподобных микроорганизмов *Exophiala Nigrum*, а также ферментов и гормонов, продуцируемых этими микроорганизмами. Разработчиками данного препарата являются ученые НИИ биологии Иркутского государственного университета имени А.А. Жданова. Культура *Exophiala Nigrum* выделена из микрофлоры оз. Байкал. Омским референтным центром Россельхознадзора выпускается в препаративной форме «культуральная жидкость». Титр выпускаемого препарата не менее 10 млрд спор в 1 мл, он содержит живую культуру дрожжей и питательные элементы: азот, фосфор, калий. Применяли 2% суспензию препарата трехкратно: сразу после посадки черенков и через 15 дней. Биопрепарат Чёрные дрожжи обладает полифункциональным действием: оказывает общее положительное влияние на рост и развитие растений путем раскрытия потенциала собственной иммунной системы растения, стимулирует рост и развитие корневой системы, оптимизирует процессы обеспечения растений минеральным питанием. Эти свойства препарата обеспечиваются тем, что клетки уникальных микроорганизмов Чёрные дрожжи и продукты их жизнедеятельности обеспечивают растения гормонами, ферментами и другими биологически активными веществами. Разработчики биопрепарата обосновывают эффекты, получаемые от применения Чёрных дрожжей, уникальными свойствами микроорганизмов, которых нет у химических препаратов, заключаются в том, что находящиеся в нем живые клетки микроорганизмов образуют симбиотические ассоциации с растениями. Продукты метаболизма *Exophiala Nigrum* сохраняются в прикорневой зоне и используются растениями в процессе их роста и развития. Это ферменты оксигенезы, гормоны роста ауксины и цитокинины, гуминовые кислоты. Положительные результаты применения этого препарата известны на зерновых, овощных, плодово-ягодных культурах [5].

Препараты вносились методом полива рабочей жидкости. В приготовленный субстрат черенки высаживали рядами на глубину 1,5–2 см с расстоянием 3–3,5 см. Для защиты черенков от прямых солнечных лучей пленку снаружи покрыли известковым раствором. Для устойчивости покрытия добавили силикатный клей. Для этой цели можно также использовать полимерную оболочку или вододисперсионную краску.

Оптимальные параметры условий укоренения зеленых черенков поддерживали искусственно: влажность воздуха 80–90%, температура 25–27 °С. Во время опыта измеряли относительную влажность воздуха аспирационным психрометром, а температуру воздуха – ртутным термометром.

Статистическую обработку данных осуществляли с использованием стандартного приложения Excel методом дисперсионного анализа [4, 5].

Результаты исследования и их обсуждение

Результаты корнеобразования у зеленых черенков рябины обыкновенной в 2016–2018 гг. показали, что самый высокий процент корнеобразования на 30 сутки (от 56,7 до 63,3) отмечен под влиянием грибного микробиологического препарата Триходермина (рис. 1).

Дисперсионный анализ показывает влияние на увеличение корнеобразования по сравнению с контролем всех изучаемых препаратов, однако влияние препарата Чёрные дрожжи в 2018 г. существенно не отличается от действия индолилмасляной кислоты (ИМК) в составе препарата Корневина. Несмотря на различные метеорологические условия, складывающиеся на протяжении трех лет исследования, установленные закономерности подтверждаются ежегодно: наибольшее положительное влияние на процесс корнеобразования имеет препарат Триходермин. Разница в корнеобразовании под действием микробиологического удобрения Чёрные дрожжи и ИМК в составе Корневина не всегда достоверна на уровне значимости 95% (рис. 1).

Прирост однолетних черенковых саженцев рябины обыкновенной промерялся ежегодно с 1 августа по первую декаду сентября. Все изучаемые препараты влияли на увеличение прироста по сравнению с контролем. Препарат Чёрные дрожжи обеспечивал прирост черенковых саженцев, превышающий значения эталонного препарата Корневина (уровень достоверности 95%) (рис. 2).

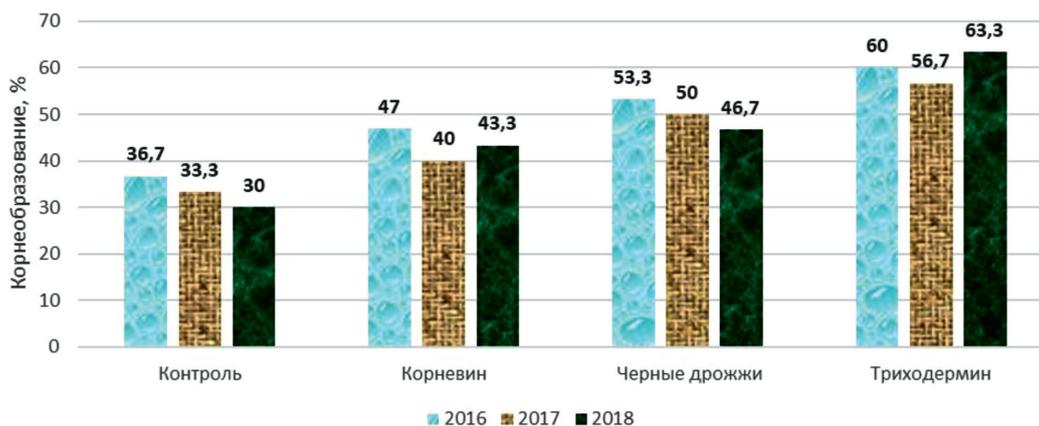


Рис. 1. Результаты корнеобразования у зеленых черенков рябины обыкновенной в 2016–2018 гг. на 30 сутки; $HCP_{05} = 3,7$

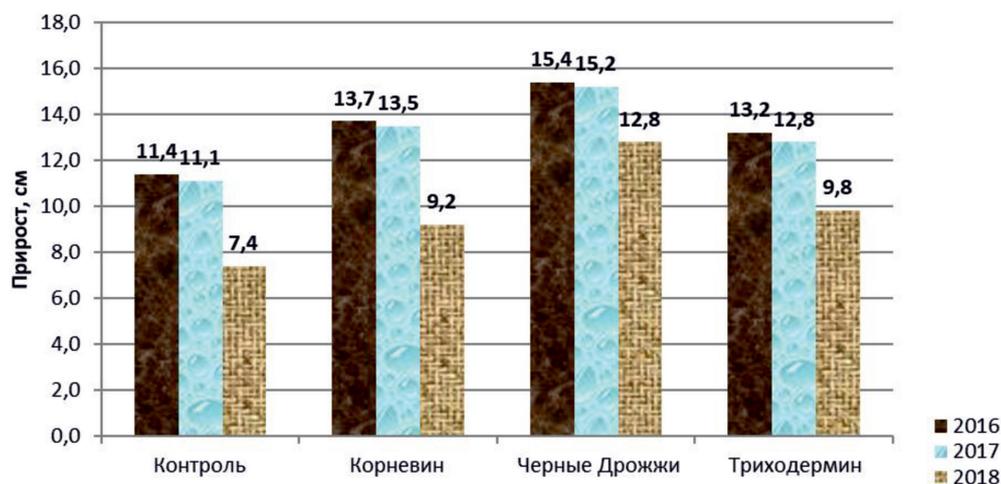


Рис. 2. Прирост однолетних черенковых саженцев рябины обыкновенной в 2016–2018 гг.; $HCP_{05} = 1,7$

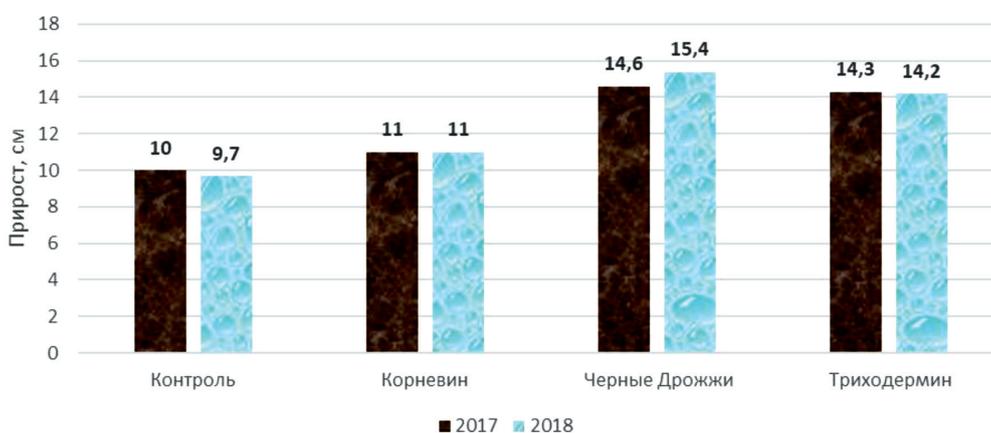


Рис. 3. Прирост двухлетних черенковых саженцев рябины обыкновенной в 2017–2018 гг.; $HCP_{05} = 3,1$

Прирост двухлетних саженцев определялся в те же сроки. Препарат Черные дрожжи влиял на увеличение прироста в большей степени, в то же время дисперсионный анализ показал существенную разницу в величине прироста не только с контролем, но и с эталонным препаратом Корневин, как микробиологического удобрения Черные дрожжи, так и биофунгицида Триходермин (рис. 3).

Результаты, полученные по сохранности однолетних и двухлетних саженцев, свидетельствуют о лучшем выходе посадочного материала под воздействием препарата Триходермин (рис. 4, 5). Процент сохранности определялся от количества укорененных черенковых саженцев. Стабильное положительное влияние препарата Триходермина обусловлено его действующим веществом *Trichoderma viride*,

почвенным грибом-антагонистом, самовозобновляющимся в почвенной среде, метаболиты которого очищают зону ризосферы от патогенных микроорганизмов и стимулируют рост растения.

Изучаемые микробиологические препараты оказывают положительное влияние на процесс корнеобразования, прироста, сохранности черенковых саженцев рябины обыкновенной на первом и втором году роста, поэтому их изучение и применение целесообразно.

Выводы

Установлена целесообразность включения в технологию размножения рябины обыкновенной методом зеленого черенкования применения экологически безопасных препаратов Триходермин и Черные дрожжи на этапе формирования корней.

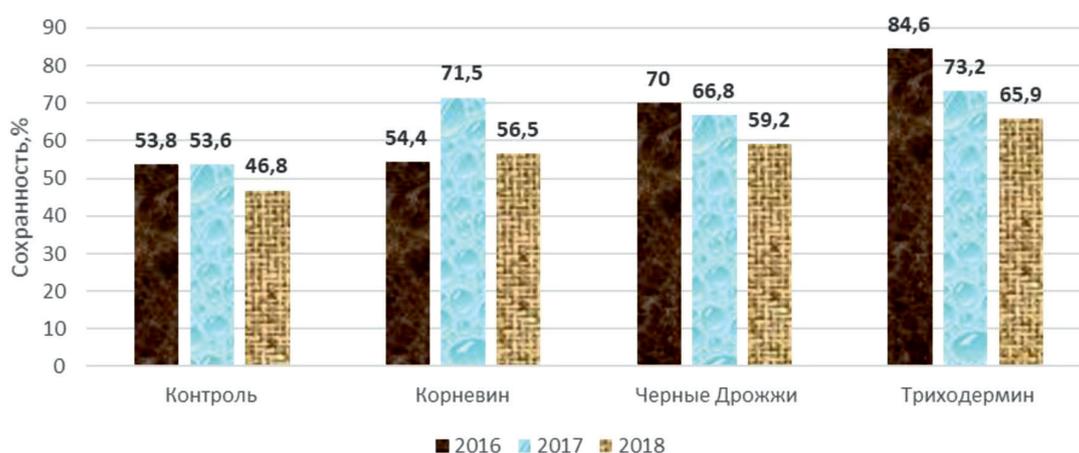


Рис. 4. Выход однолетних черенковых саженцев рябины обыкновенной в 2016–2018 гг.; $HCP_{05} = 19,0$

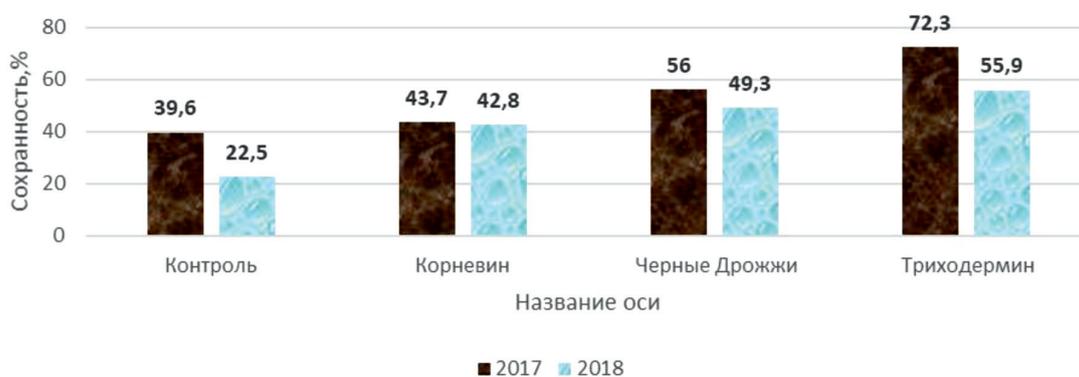


Рис. 5. Выход двухлетних черенковых саженцев рябины обыкновенной в 2017–2018 гг.; $HCP_{05} = 28,1$

Установлено существенное положительное стимулирующее влияние на процесс корнеобразования у зеленых черенков рябины обыкновенной под воздействием препарата Триходермин: на 30-е сутки корни образовывались у 57–63% зеленых черенков, в то время как в контроле – 30–37%.

Микробиологический препарат Черные дрожжи оказывал существенное положительное стимулирующее влияние на прирост однолетних и двухлетних саженцев рябины обыкновенной, который колебался от 12,8 до 15,4 см, в то время как в контроле он составлял 7,4–11,4 см.

Грибной микробиологический препарат Триходермин способствовал лучшей сохранности однолетних (от 70 до 85%) и двухлетних (от 60 до 72%) черенковых саженцев рябины обыкновенной.

Список литературы / References

1. Мулява В.В., Лобанов А.И. Индивидуальная изменчивость признаков плодов и семян у рябины обыкновенной в условиях г. Красноярска // Ботанические исследования в Сибири. Вып. 18. Красноярск: Поликом, 2010. С. 152–158.

Mulyava V.V., Lobanov A.I. Individual variability of the signs of fruits and seeds in a mountain ash ordinary in Krasnoyarsk // Botanicheskie issledovaniya v Sibiri. V. 18. Krasnoyarsk: Polikom, 2010. P. 152–158 (in Russian).

2. Соколова Т.А., Бочкова И.Ю. Декоративное растениеводство: Цветоводство. Учебник для студ. вузов. М.: Издательский центр «Академия», 2008. 432 с.

Sokolova T.A., Bochkova I.Yu. Ornamental plant growing: Floriculture. Textbook for stud. Universities. M.: Publishing Center «Academy», 2008. 432 p. (in Russian).

3. Сухоцкая С.Г., Кумпан В.Н. Анализ состояния и перспективы развития отрасли садоводства в Омской области //

Состояние и перспективы развития садоводства в Сибири: материалы II Национальной науч.-практич. конф., посвящ. 85-летию плодового сада Омского ГАУ имени профессора А.Д. Кизюрина (7–9 декабря 2016 года). Омск, С. 7–14. [Электронный ресурс]. URL: <http://e-journal.omgau.ru/images/conf/161207/sbornik161207.pdf> (дата обращения: 12.10.2018).

Sukhotskaya S.G., Kumpan V.N. Analysis of the state and prospects for the development of the horticultural industry in the Omsk region // State and prospects for the development of horticulture in Siberia: materials of the II National Scientific Practical. conf. is dedicated to The 85th anniversary of the orchard of the Omsk State Agrarian University named after Professor A.D. Kizyurina (December 7–9, 2016). Omsk, P. 7–14. [Electronic resource]. URL: <http://e-journal.omgau.ru/images/conf/161207/sbornik161207.pdf> (date of access: 12.10.2018) (in Russian).

4. Барайшук Г.В. Биозоологические основы использования безопасной защиты древесных насаждений Омского Прииртышья: монография. Омск: Изд-во ФГОУ ВПО ОмГАУ, 2009. 240 с.

Barayshchuk G.V. Bioecological basis for the use of safe protection of tree plantations of Omsk Irtysh: monograph. Omsk: Publishing house FGOU VPO OmGAU, 2009. 240 p. (in Russian).

5. Чёрные дрожжи – *Exophiala Nigrum* в растениеводстве. ООО НПФ «Лаборатория эффективных микроорганизмов» [Электронный ресурс]. URL: <http://blografica.ru/showpage/inrast.html> (дата обращения: 12.10.2018).

Black yeast – *Exophiala Nigrum* in plant growing. ООО NPF «Laboratory of effective microorganisms» [Electronic resource]. URL: <http://blografica.ru/showpage/inrast.html> (date of access: 12.10.2018) (in Russian).

6. Захарченко Н.И. Бизнес-статистика и прогнозирование в MS Excel. М.: Вильямс, 2004. 208 с.

Zakharchenko N.I. Business statistics and forecasting in MS Excel. M.: Williams, 2004. 208 p. (in Russian).

7. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Книга по требованию, 2012. 352 с.

Dospexov B.A. Technique of field experiment (with bases of statistical processing of results of researches). M.: Kniga po Trebovaniyu, 2012. 352 p. (in Russian).

УДК 631.811:631.417.2:631.58(470.314)

ВЛИЯНИЕ РЕЛЬЕФА НА СОДЕРЖАНИЕ ГУМУСА, ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ И ВОДОПРОЧНЫХ АГРЕГАТОВ В СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВАХ ВЛАДИМИРСКОГО ОПОЛЬЯ

¹Винокуров И.Ю., ¹Окорков В.В., ¹Чернов О.С., ¹Бибик Т.С.,
^{1,2}Корчагин А.А., ¹Щукин И.М.

¹ФГБНУ «Верхневолжский федеральный научный центр», п. Новый, Владимирская обл.,
e-mail: tabibik@yandex.ru;

²ФГБОУ ВПО «Владимирский государственный университет им. А.Г. и Н.Г. Столетовых»,
Владимир, e-mail: adm@vnish.elkom.ru

На серых лесных почвах Владимирского ополья обсуждаются вопросы влияния склонового рельефа на изменение содержания гумуса, элементов питания и водопрочных агрегатов по элементарным ареалам ландшафтной катены (ЭАЛ). Актуальность проблемы обусловлена необходимостью учета рельефных особенностей агрофитоценозов для эффективного их использования в сельскохозяйственном производстве. Содержание элементов питания и другие агрохимические параметры определяли по слоям 20 см почвы до глубины 1 м. Выявлено, что верхняя часть катены соответствует зональным серым лесным почвам, а нижняя – серым лесным полугидроморфным. Показано, что минимум содержания гумуса наблюдали на водоразделе. Это обусловлено снижением гумусообразования из-за недостатка влаги, смыва питательных веществ и гумуса с элювиальных элементов рельефа – к аккумулятивным элементам. Локальные максимумы содержания водопрочных почвенных агрегатов совпадали с максимумами величин pH_{KCl} почвы. Минимум содержания аммонийного азота приходился на плакорную часть катены. Он обусловлен активным протеканием в ней нитрификационных процессов в условиях повышенной аэрации. Более высокое увлажнение, снижение аэрации, поверхностный сток талых вод и ливневых осадков вели к повышению содержания аммонийного азота. Профиль содержания нитратов в почве по ландшафтной катене был антибатным профилю содержания $N-NH_4$ и совпадал с изменением констант нитрификации. На содержание подвижного фосфора сложным образом влияла активность кислотности почвы. Содержание обменного калия было наиболее высоким на плакоре и при движении вниз по склонам снижается. Величина pH_{KCl} почвы по ЭАЛ ландшафтной катены возрастала с увеличением нитрификационной способности почвы и с переходом бикарбонат-ионов в карбонат-ионы в периоды поверхностного иссушения почвы. Существенное влияние процессов нитрификации и карбонатно-кальциевого равновесия в серых лесных почвах прослежено и во влиянии на их гидролитическую кислотность.

Ключевые слова: ландшафтная катена, рельеф, водопрочные почвенные агрегаты, гумус, элементы питания

RELIEF IMPACT ON CONTENT OF HUMUS, NUTRIENTS AND WATER STABLE AGGREGATES IN GRAY FOREST SOILS OF VLADIMIR OPOLYE

¹Vinokurov I.Yu., ¹Okorkov V.V., ¹Chernov O.S., ¹Bibik T.S.,
^{1,2}Korchagin A.A., ¹Shchukin I.M.

¹Upper Volga federal Agricultural Scientific Center, Novyi, Vladimir region, e-mail: tabibik@yandex.ru;

²Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletovs, Vladimir, e-mail: adm@vnish.elkom.ru

The questions of slope relief impact on change in the content of humus, nutrients and water-powered aggregates by elementary areas of the landscape catena (EAL) for the gray forest soils of the Vladimir Opolye are discussed. The urgency of the problem is due to the need to consider the relief features of agrophytocenoses for their effective use in agricultural production. The content of nutrients and other agrochemical parameters were determined by layers of 20 cm of soil to a depth of 1 m. It was revealed that the upper catena part corresponds to zonal gray forest soils, and the lower part – to gray forest semi-hydromorphic ones. It was shown that a minimum of humus content was observed at the watershed. This is due to a decrease in humus formation due to lack of moisture, washing away of nutrients and humus from eluvial relief elements to accumulative elements. The local maxima of the content of water-resistant soil aggregates coincided with the maxima of the soil pH_{KCl} values. The minimum content of ammonium nitrogen accounted for the flat part of the catena. It is caused by the active flow of nitrification processes at the conditions of increased aeration. The higher moisture, lower aeration and surface runoff of melt water and heavy rainfall led to an increase in ammonium nitrogen. The profile of nitrates content in the soil in the landscape catena was opposite to the profile of the content of $N-NH_4$. This profile coincided with the change of the nitrification constants. The content of mobile phosphorus was influenced by the active acidity of the soil. The content of exchangeable potassium was the highest on the flat part of the catena. The soil pH_{KCl} value of the EAL of the landscape catena increased with an increasing of nitrification capacity in the soil and with the transition of bicarbonate ions to carbonate ions during periods of surface soil drying. A significant effect of nitrification processes and carbonate-calcium equilibrium for gray forest soils was also traced for the effect on their hydrolytic acidity.

Keywords: landscape catena, relief, water strong soil aggregates, humus, nutrient elements

Под ландшафтной катеной понимается функционально-динамическое сопряжение природных геосистем, последовательно сменяющихся друг друга в направлении от

местного водораздела к местному базису эрозии (реке, озеру, оврагу и т.п.). Катенарный ряд географических фаций объединяется в целостную геосистему одно-

направленным потоком вещества и энергии по склону – сверху вниз. Дифференциация ландшафтов подразумевает рассмотрение ландшафтной катены как дискретной системы. Ее обязательным условием становится выделение элементарных ареалов ландшафта (ЭАЛ) путем разграничений в пространстве [1–3]. В работе [4–5] проведено агроландшафтно-экологическое районирование природных кормовых угодий Центрального федерального округа России и Западной Сибири. Изучалось и влияние уклона местности на развитие корневой системы и эрозию почвы в зависимости от типа землепользования [6].

Дифференциация ландшафтов заложена в исходных условиях катенных исследований. Каждый ЭАЛ находится в границах выдела, внутри которого свойства ареала можно считать изотропными (однородными). В качестве первичной структурной единицы агроландшафта рассматривается элементарный ареал ландшафта, который представляет собой участок на элементе мезорельефа, ограниченный элементарной почвенной структурой, реже – элементарным почвенным ареалом, при одинаковых геологических и микроклиматических условиях [1–3].

Целью исследований стало выявление особенностей распределения элементов питания, гумуса, водопрочных агрегатов по элементарным ареалам ландшафтной катены.

Материалы и методы исследования

Для исследования распределения элементов питания по элементам ландшафт-

ной катены в весенний период полосой в 3,6 м внесены минеральные удобрения ($N_{60}P_{60}K_{60}$). Длина полосы на катене составляет 800 м. На рис. 1 приведен её профиль.

Каждый элементарный ареал ландшафта находится в границах выдела, внутри которого свойства ареала можно считать однородными. Верх катены (ЭАЛ № 4, 5) соответствует зональным серым лесным почвам, низ (ЭАЛ № 2, 3 и ЭАЛ № 6, 7) – полугидроморфным серым лесным почвам (с проявлением глеевых процессов). На эти ЭАЛ накладываются дополнительно геохимические различия: элювиальные (верх), аккумулятивные (низ) и транзитные между ними, а также экспозиционные – склоны северо-западной (ЭАЛ № 2, 3) и юго-восточной (ЭАЛ № 6, 7, 8) экспозиции с крутизной, соответственно, 0,86 и 0,97°.

Элементы питания (нитратный и аммонийный азот, фосфор, калий), а также другие агрохимические и агрофизические параметры определяли по слоям 20 см на глубину до 1 м. В почвенных образцах определяли содержание подвижного фосфора по Кирсанову, обменного калия – по Масловой, аммонийного азота – колориметрически по образованию индофеноловой зелени, нитратов – ион-селективным методом; гумуса – по Тюрину, гидролитическую и активную кислотность – по общепринятым методам агрохимического анализа почв. Содержание водопрочных агрегатов устанавливали при мокром просеивании почвенных образцов по Савинову. Погрешность определения указанных параметров не превышала 5%.

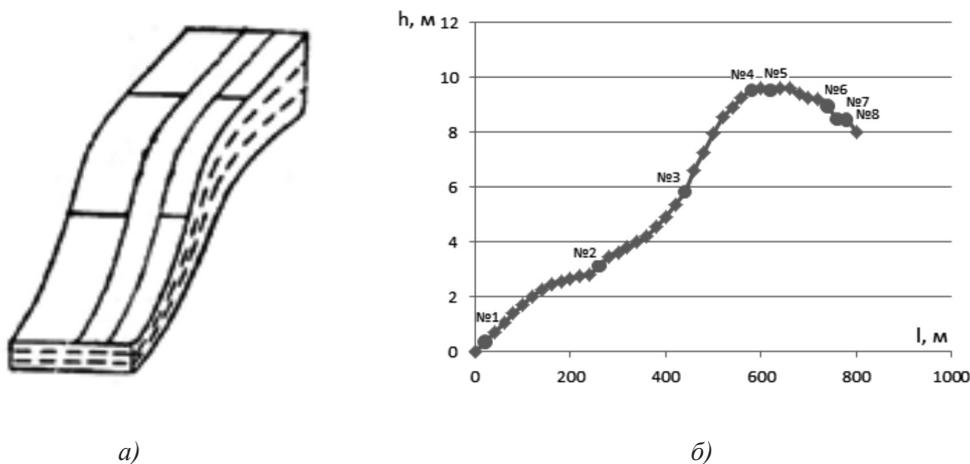


Рис. 1. Форма залегания почв в катенных моделях (а); профиль ландшафтной катены на исследованном агроландшафте (б)

Константы скорости нитрификации определены из кинетических кривых зависимости концентрации нитратов от времени. В основе их расчета использовалась модель Ферхюльста [7].

Результаты исследования и их обсуждение

Через транзитные части катены происходит смыв и передвижение питательных веществ и почвенных агрегатов под действием сил гравитации. ЭАЛ № 4 относится к элювиальной области катены, находящейся в центре ландшафта плоской формы, а ЭАЛ № 2 и ЭАЛ № 6, 7 оказываются в аккумулятивных областях катены. Эти особенности проявились на профиле содержания гумуса (рис. 2).

Как видно из рисунка, локальный минимум содержания гумуса относится к водоразделу (ЭАЛ № 4), а абсолютный – к ЭАЛ № 1. Первый соответствует более интенсивному испарению влаги, которое приводит к снижению его продуктивности и размеров образования гумуса. Этот процесс усиливается разрушением и смывом водой почвенных агрегатов, гумуса и питательных веществ с элювиальных элементов рельефа через транзитные к аккумулятивным элементам. Судя по низкому содержанию гумуса, ЭАЛ № 1 представляет выложенный эрозионный участок.

Следует принять во внимание, что склон ЮВ экспозиции (ЭАЛ № 5, 6, 7) значительно теплее склона СЗ экспозиции (ЭАЛ № 1, 2, 3), что в весенний период способствовало более раннему началу снеготаяния и усиливало эрозионные процессы. Однако сильные летние ветра северо-западного направ-

ления в значительной мере иссушали почву СЗ склона (ЭАЛ № 2, 3), чем ЮВ склона. Это обеспечивало более высокие продуктивность и накопление гумуса в ЭАЛ ЮВ экспозиции (ЭАЛ № 6 и 7).

На рис. 3 приведен профиль содержания водопрочных почвенных агрегатов в процентах при исследовании фракционного агрегатного состава почвенных образцов, отобранных с ЭАЛ катены. Видно, что в 2013 г. содержание водопрочных агрегатов в основном более низкое, чем в 2014 г. Это связано с погодными условиями этих лет. В 2013 г. за вегетационный период выпало 431 мм осадков, а в 2014 – 285 мм [8]. Более высокое увлажнение почвы способствовало пептизации почвенных коллоидов и снижению количества водопрочных почвенных агрегатов. Причем локальные максимумы их устойчивости совпадали с максимумами величин $pH_{КС1}$ почвы в слое 0–20 см (рис. 9), за исключением ЭАЛ № 7. В последнем, более теплом ЭАЛ, весной 2013 г. (склон ЮВ экспозиции) более активно протекали эрозионные процессы, вызывая перемещение высокодисперсных частиц на разные расстояния.

В 2014 г. более низкие величины выпадения осадков и гидротермического коэффициента (1,22 в 2014 г. против 1,74 в 2013, [8]) способствовали повышению содержания водопрочных агрегатов. Профиля содержания водопрочных агрегатов в 2013 и 2014 гг. на склоне СЗ экспозиции и водоразделе совпадали, на склоне ЮВ – заметно различались. Последнее, возможно, связано с более интенсивным развитием в 2013 г. эрозионных процессов, что повышало варьирование этого параметра.

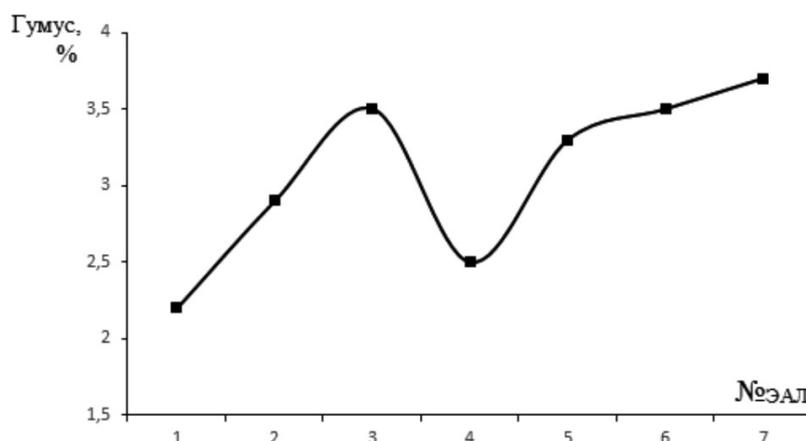


Рис. 2. Изменение содержания гумуса по ЭАЛ ландшафтной катены

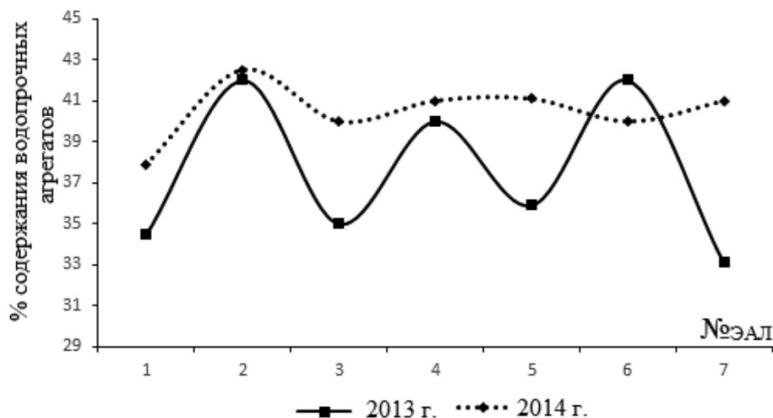


Рис. 3. Профили содержания водопрочных почвенных агрегатов

Более высокое варьирование содержания водопрочных агрегатов на склоновом рельефе по сравнению с плакорными почвами установлено в работе [9]. На плакоре варьирование этого параметра при воздействии различных технологий находилось в пределах 2%, на склоновом рельефе оно достигало 12% [9].

Профили на рис. 2, 3 соответствуют классическим геохимическим представлениям о движении воды и водных потоков по латеральной кривизне катены и об агрогенно-преобразованных почвах. Специфику их определяет новообразованный поверхностный агрогенно-преобразованный горизонт (АПГ), обычно формирующийся на месте одного или нескольких горизонтов природных почв в результате периодически повторяющихся механических турбаций, как правило, сопровождающихся внесением органических и минеральных удобрений [10].

Колеблющийся характер распределения почвенных агрегатов по ЭАЛ на склоновом рельефе согласуется с соответствующими изменениями продуктивности и профилей биогеохимических параметров, полученных в работе [11] в процессе исследований ландшафтов. Отметим, что их подобие может быть только частным случаем, так как продуктивность (плодородие) почвы определяется разнонаправленным влиянием ряда факторов и условий плодородия почвы [12].

Продуктивность серых лесных почв Ополя в первую очередь определяется запасами (содержанием) нитратного азота в ранний период вегетации культур в слое 0–40 см почвы [12]. Повышают ее и запасы аммонийного азота в этом слое, находящиеся в жидкой фазе почвы [8]. Доля их от запасов аммонийного азота в почве варьировала

чаще всего от 10 до 30%. Оптимальное содержание нитратного и аммонийного азота в серой лесной почве можно легко обеспечить применением азотных минеральных удобрений. Рассмотрим влияние расположения ЭАЛ в ландшафтной катене на содержание аммонийного и нитратного азота в почве.

Минимум содержания аммонийного азота в почве (рис. 4) приходился на плакорную часть (ЭАЛ № 1, 4 и 5) катены. Он обусловлен активным протеканием в ней нитрификационных процессов (рис. 5), чему благоприятствовала высокая аэрация этой формы катены. Более высокое увлажнение ЭАЛ № 2 и 3, № 6 и 7 из-за снижения аэрации вело к повышению в них содержания аммонийного азота и уменьшению нитратного азота по сравнению с серыми лесными плакорными почвами. Влияние рельефа на содержание $N-NH_4$ прослеживалось на большую глубину (до 1 м и более).

Способствовал накоплению аммонийного азота в ЭАЛ № 2 и 3, 6 и 7 и поверхностный сток талых вод и ливневых осадков, с которыми перемещались высокодисперсная минеральная часть почвы с поглощенными ионами аммония и подвижное органическое вещество, содержащее азот различных функциональных групп.

Из данных рис. 4 следует, что содержание $N-NH_4$ по профилю (глубине) отражает его многолетнее накопление, в то время как содержание $N-NO_3$ (рис. 5) – в основном годовое изменение. В последнем случае содержание $N-NO_3$ закономерно снижается с глубиной. Это подтверждается и тесной взаимосвязью содержания нитратного азота в слое 0–20 см с константой скорости нитрификации (τ) от ЭАЛ катены (рис. 6).

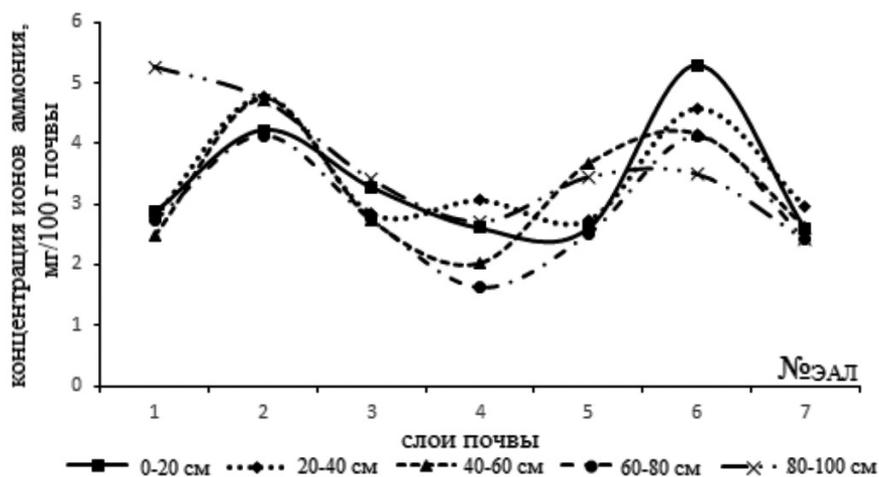


Рис. 4. Изменение концентрации ионов аммония по ЭАЛ ландшафтной катены

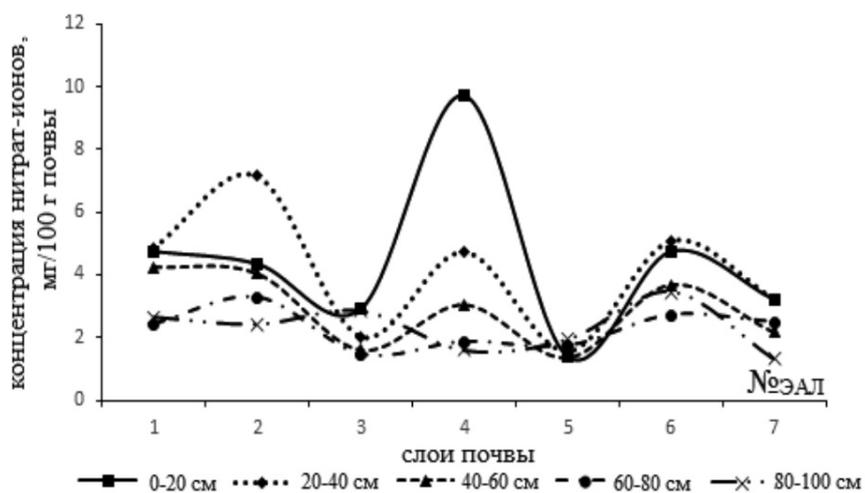


Рис. 5. Изменение концентрации нитрат-ионов по ЭАЛ ландшафтной катены

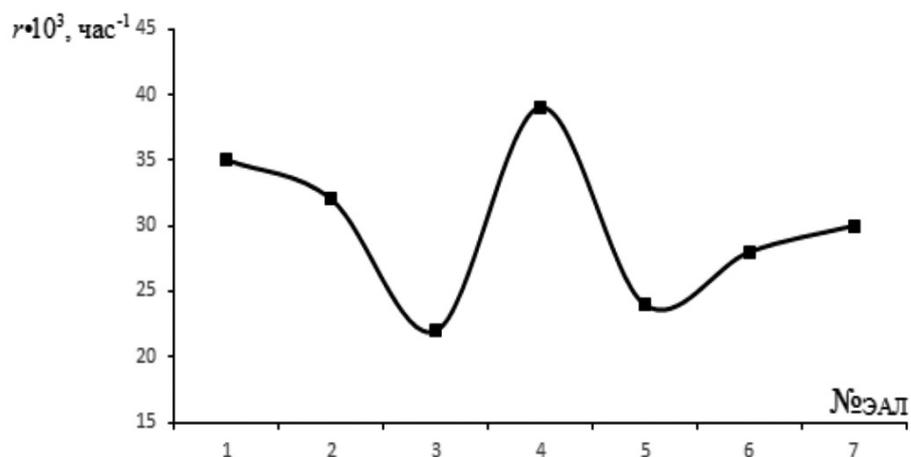


Рис. 6. Изменение константы скорости нитрификации (r) по ЭАЛ ландшафтной катены

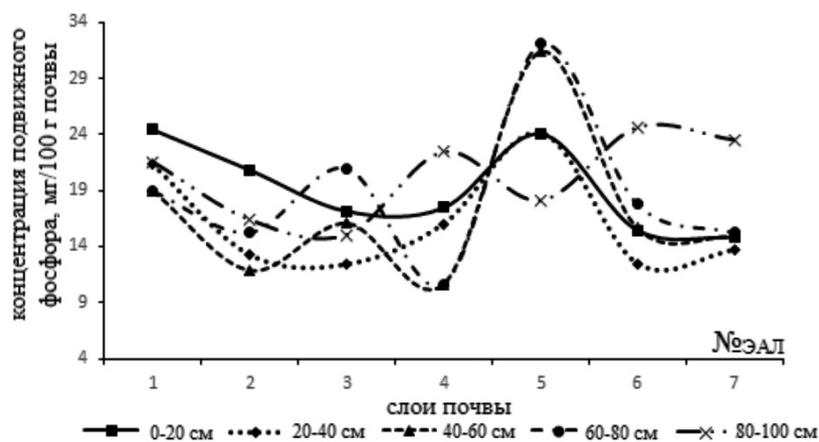


Рис. 7. Изменение концентрации подвижного фосфора (P_2O_5) по ЭАЛ ландшафтной catena

Фосфор в серых лесных почвах редко находится в 1-м минимуме. Однако при применении азотных удобрений содержание подвижного фосфора может быть недостаточным для получения высоких урожаев возделываемых культур. Из данных рис. 7 следует, что в гумусированном слое 0–20 см содержание подвижного фосфора для всех ЭАЛ высокое ($10 < P_2O_5 < 25$ мг/100 г почвы) [12]. Но в то же время для ЭАЛ № 3 и 4, 6 и 7 значения этого параметра варьировали от 15 до 20 мг/100 г почвы, а для ЭАЛ № 1, 2 и 5 – от 20 до 25 мг/100 г почвы.

Из сравнения рис. 7 и 9 следует, что в верхнем слое 0–20 см на содержание подвижного фосфора сильно влияет варьирование pH_{KCl} почвы. При росте pH_{KCl} почвы от 5,5 до 5,9 содержание подвижного фосфора слабо изменяется (ЭАЛ № 1, 2 и 5). Отмечается лишь небольшое снижение подвижного фосфора с некоторым снижением pH_{KCl} почвы для ЭАЛ № 3. Однако при pH_{KCl} выше 6 содержание его заметно падает (ЭАЛ № 4, 6 и 7). Максимум содержания подвижного фосфора установлен на ЭАЛ № 5, где $6,0 > pH_{KCl} > 5,7$.

Для подпахотных слоев с низким содержанием гумуса содержание P_2O_5 заметно снижается (ЭАЛ № 2, 3 и 4). Однако в карбонатных слоях (pH_{KCl} выше 6,0) на глубине 60–80 и 80–100 см (ЭАЛ № 3 и 4) при растворении основных фосфатов соляной кислотой (в момент определения) содержание подвижного фосфора заметно возрастает. Это установлено и для слоя 80–100 см в 5–7 ЭАЛ. В ЭАЛ № 5 при pH_{KCl} выше 5,2 в слоях 20–40, 40–60 и 60–80 см

выявлено наиболее высокое содержание подвижного фосфора.

Профиль содержания обменного калия по ЭАЛ catena (рис. 8) сильно отличался от профиля изменения других элементов питания. На водоразделе (ЭАЛ № 4) из-за передвижения влаги от ближайших к склону участков и её испарения наблюдалось наиболее высокое содержание обменного калия. При движении вниз по склону обеих экспозиций содержание этого элемента питания снижалось как под влиянием увеличивающейся инфильтрации влаги, так и делювиальных процессов.

На рис. 9 представлены результаты исследований по изменению активной кислотности почвы по ЭАЛ catena. Видно, что в верхнем 0–20-сантиметровом слое наиболее высокие значения pH_{KCl} почвы (выше 6,5) наблюдаются на ЭАЛ № 4, который соответствует плакору, где наиболее высока нитрификационная активность (рис. 5) и константы скорости нитрификации (рис. 6). Существенная роль нитрат-ионов в повышении pH_{KCl} почвы связана с выделением в нее ионов HCO_3^- , подщелачивающих её, в обмен на поглощаемые растениями нитрат-ионы.

На ЭАЛ № 5 со снижением константы скорости нитрификации уменьшаются как содержание нитратного азота (рис. 5), так и величина pH_{KCl} почвы (рис. 9). С ростом константы скорости нитрификации (рис. 6) на теплых склонах ЮВ экспозиции (ЭАЛ № 6 и 7) повышается содержание нитратного азота, величина pH_{KCl} становится выше 6,5. На более холодных ЭАЛ № 1–3 уменьшение нитратного азота приводит к снижению pH_{KCl} до 5,5–6,0.

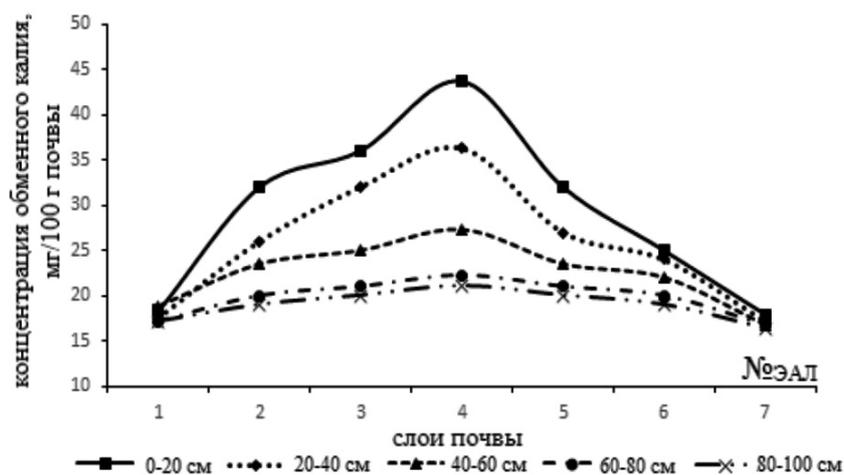


Рис. 8. Изменение концентрации калия (K_2O) по ЭАЛ ландшафтной катены

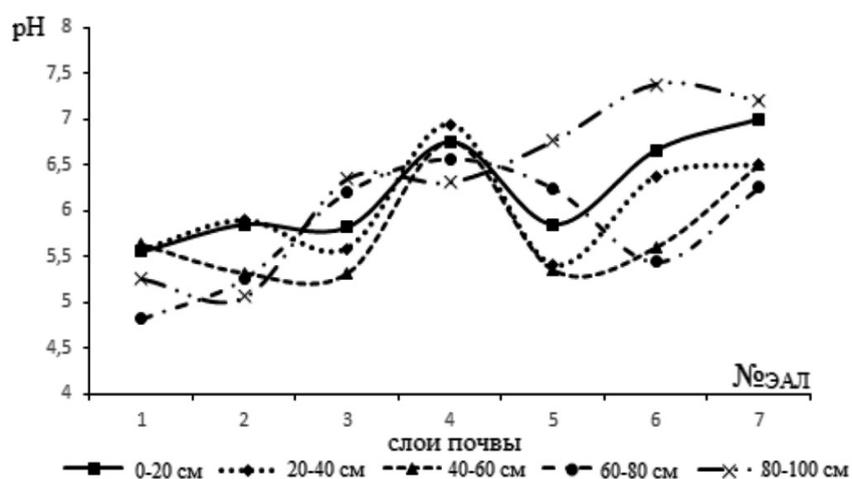


Рис. 9. Изменение величин актуальной кислотности по ЭАЛ ландшафтной катены

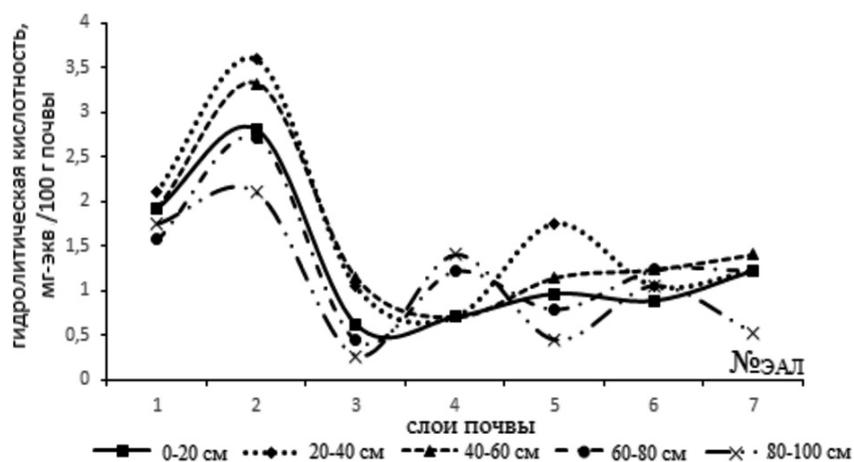


Рис. 10. Изменение величин гидролитической кислотности по ЭАЛ ландшафтной катены

На хорошо прогреваемом плакоре (ЭАЛ № 4) по всему почвенному профилю метровой глубины величины pH_{KCl} наиболее высокие (выше 6,2). Это связано не только с содержанием нитратного азота, но и с подтягиванием к верхнему горизонту и испарением из него почвенной влаги в засушливые периоды. В этот период происходит превращение HCO_3^- в CO_3^{2-} ($Ca(HCO_3)_2 \rightarrow CaCO_3 + CO_2 \uparrow$), что заметно повышает величину pH_{KCl} . Нисходящие и восходящие потоки влаги способствуют выравниванию pH по почвенному профилю.

В ЭАЛ № 6 и 7 величины pH_{KCl} до 80 см закономерно снижались с глубиной, что соответствует уменьшению содержания нитрат-ионов с глубиной. В слое 80–100 см почвы наличие карбонатов кальция резко повышает величину pH_{KCl} (до pH_{KCl} 7,0 и выше).

В ЭАЛ № 2 и 3 величина pH_{KCl} по сравнению с верхним слоем снижается до 5,1–5,2 на глубине 60 см. Для ЭАЛ № 3 резкое повышение pH_{KCl} на глубине 60–80 и 80–100 см обусловлено наличием в них невысоких количеств карбонатов кальция.

Существенная роль процессов нитрификации и карбонатно-кальциевого равновесия в серых лесных почвах Ополья проявляется не только во влиянии на pH_{KCl} , но и на гидролитическую кислотность (рис. 10).

Видно, что гидролитическая кислотность в слое 0–20 см почвы наиболее низка (менее 1,2 мг-экв/100 г почвы) на плакоре и склонах ЮВ экспозиции (ЭАЛ № 4–7), то есть на более теплых. Это находится в соответствии с решающей ролью активности нитрификационных процессов на кислотно-основные свойства серых лесных почв Ополья.

В ЭАЛ № 3 гидролитическая кислотность наиболее низкая (около 0,5 мг-экв/100 г почвы), что, по-видимому, обусловлено локальными максимумом содержания гумуса (рис. 2) и минимумом содержания водопрочных агрегатов (рис. 3). По-видимому, в этом ЭАЛ происходило активное взаимодействие гидроксидов железа и алюминия с кислотными группами органического вещества, что заметно снижало отрицательный заряд органоминеральных комплексов и величину гидролитической кислотности почвы.

Заключение

На серых лесных почвах Владимирско-го ополья проведены почвенные и геодезические исследования по изменению химических, агрохимических и агрофизических

свойств ЭАЛ ландшафтной катены. Установлено, что верхняя часть катены соответствует зональным серым лесным почвам, а нижняя – серым лесным полугидроморфным (с проявлением глеевых процессов). Показано, что минимум содержания гумуса наблюдается на водоразделе. Это обусловлено снижением гумусообразования из-за недостатка влаги, смывом питательных веществ и подвижного гумуса с элювиальных элементов рельефа через транзитные – к аккумулятивным элементам. Локальные максимумы содержания водопрочных агрегатов совпадали с максимумами величин pH_{KCl} почвы. Содержание водопрочных агрегатов в почве повышалось в более теплые и засушливые годы. Минимум содержания аммонийного азота приходился на плакорную часть катены. Он обусловлен активным протеканием в ней нитрификационных процессов в условиях повышенной аэрации. Более высокое увлажнение, снижение аэрации, поверхностный сток талых вод и ливневых осадков вели к повышению содержания аммонийного азота. Профиль содержания нитратов в почве по ландшафтной катене был антибатным профилю содержания $N-NH_4$ и совпадал с изменением констант нитрификации. На содержание подвижного фосфора сложным образом влияла активная кислотность почвы. Содержание обменного калия было наиболее высоким на плакоре из-за передвижения влаги от ближайших к склону участков и её испарения. При движении вниз по склону обеих экспозиций содержание K_2O снижалось как под влиянием увеличивающейся инфильтрации влаги, так и делювиальных процессов.

Величина pH_{KCl} почвы по ЭАЛ ландшафтной катены возрастала с увеличением нитрификационной способности почвы и с переходом бикарбонат-ионов в карбонат-ионы в периоды поверхностного иссушения почвы. В глубоких слоях она возрастала при наличии карбонатов кальция. Существенное влияние процессов нитрификации и карбонатно-кальциевого равновесия в серых лесных почвах Ополья прослежено и во влиянии на их гидролитическую кислотность.

Список литературы / References

1. Кирюшин В.И. Теория адаптивно-ландшафтного земледелия и проектирование агроландшафтов. М.: Колос, 2011. 442 с.
- Kiryushin V.I. The theory of adaptive-landscape agriculture and design of agricultural landscapes. M.: Kolos, 2011. 442 p. (in Russian).

2. Кирюшин В.И., Иванов А.Л. Состояние и перспективы освоения агротехнологий // *Агробизнес. Современные стратегии, технологии, менеджмент*. 2008. № 1. С. 13.
- Kiryushin V.I., Ivanov A.L. The State and prospects of development of agricultural technologies // *Agribusiness. Modern strategies, technologies, management*. 2008. № 1. P. 13 (in Russian).
3. Кирюшин В.И. Развитие территориального планирования на ландшафтно-экологической основе // *Агроэкология*. 2015. № 1. С. 4–9.
- Kiryushin V.I. Development of territorial planning on the landscape-ecological basis. // *Agroecology*. 2015. № 1. P. 4–9 (in Russian).
4. Добротворская Н.И. Агроэкологические особенности проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия в Западной Сибири // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2018. № 5 (73). С. 27–30.
- Dobrotvorskaya N.I. Agroecological features of design of adaptive-landscape systems of agriculture in Western Siberia // *Izvestiya Orenburg State Agrarian University*. 2018. № 5 (73). P. 27–30 (in Russian).
5. Трофимов И.А., Трофимова Л.С., Яковлева Е.П. Агроландшафтный подход к сохранению плодородия почв Центрального федерального округа России // *Плодородие*. 2018. № 3 (102). С. 14–17.
- Trofimov I.A., Trofimova L.S., Yakovleva E.P. Agro-landscape approach to preservation of soil fertility of the Central Federal District of Russia // *Plodorodie*. 2018. № 3 (102). P. 14–17 (in Russian).
6. Гочияева З.У., Гедиев К.Т., Токова Ф.М. Влияние уклона местности на развитие корневой системы и эрозию почвы в зависимости от типа землепользования // *Успехи современного естествознания*. 2018. № 5. С. 33–39.
- Gochiyayeva Z.U., Gediev K.T., Tokova F.M. The influence of slope for root system development and soil erosion depending for type land use // *Advances in current natural sciences*. 2018. № 5. P. 33–39 (in Russian).
7. Винокуров И.Ю. Стабильность и устойчивость агроэкосистем: Системный и системно-структурный подходы. LAP LAMBERT Academic Publishing Gmbh & Co, KG, Saarbrücken, Germany, 2014. 144 p.
- Vinokurov I.Yu., Stability and sustainability of agroecosystems: Systematic and systemic-structural approaches. LAP LAMBERT Academic Publishing Gmbh & Co, KG, Saarbrücken, Germany, 2014. 144 p. (in Russian).
8. Окорков В.В., Фенова О.А., Окоркова Л.А. Приемы комплексного использования средств химизации в севообороте на серых лесных почвах Верхневолжья в агротехнологиях различной интенсивности. Суздаль: ФГБНУ «Владимирский НИИСХ», 2017. 176 с.
- Okorokov V.V., Fenova O.A., Okorkova L.A. The Methods of complex use of chemicals in crop rotation for grey forest soils of the upper Volga region in the agricultural technologies of varying intensity. Suzdal: FGBNU «Vladimirskij NIISX», 2017. 176 p. (in Russian).
9. Винокуров И.Ю., Чернов О.С., Корчагин А.А. Вторичная сукцессия агрогенно-преобразованных серых лесных почв // *Владимирский земледелец*. 2016. № 2 (76). С. 2–5.
- Vinokurov I.Yu., Chernov O.S., Korchagin A.A. Secondary succession agrogene-converted gray forest soils // *Vladimirskij zemledecz*. 2016. № 2 (76). P. 2–5 (in Russian).
10. Лебедева И.И., Тонконогов В.Д., Шишов Л.Л. Агрогенно-преобразованные почвы: эволюция и систематика // *Почвоведение*. 1996. № 3. С. 351–358.
- Lebedeva I.I., Tonkonogov V.D., Shishov L.L. Agrogene transformed soils: evolution and taxonomy // *Soil science*. 1996. № 3. P. 351–358 (in Russian).
11. Винокуров И.Ю. Системно-структурный подход к управлению ландшафтами // *Проблемы региональной экологии*. 2013. № 1. С. 27–32.
- Vinokurov I.Yu. The structural approach to landscape management // *Problems of regional ecology*. 2013. № 1. P. 27–32. (in Russian).
12. Сафонов А.Ф., Гатаулин А.М., Платонов И.Г. Системы земледелия / Под ред. А.Ф. Сафонова. М.: Колос, 2009. 447 с.
- Safonov A.F., Gataulin A.M., Platonov I.G. Farming systems / Under the editorship of A.F. Safono. M.: Kolos, 2009. 447 p. (in Russian).

УДК 630.23:581.526.426.2(470.5)

ОБЕСПЕЧЕННОСТЬ СПЕЛЫХ И ПЕРЕСТОЙНЫХ СВЕТЛОХВОЙНЫХ НАСАЖДЕНИЙ ЗАПАДНО-УРАЛЬСКОГО ТАЁЖНОГО ЛЕСНОГО РАЙОНА ПОДРОСТОМ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ГЕНЕРАЦИИ

¹Залесова Е.С., ¹Залесов С.В., ²Терехов Г.Г., ²Толкач О.В., ¹Луганский Н.А., ¹Шубин Д.А.

¹ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет»,

Екатеринбург, e-mail: Zalesov@usfeu.ru;

²Ботанический сад УрО РАН, Екатеринбург

На основе электронных баз данных лесоустроительных материалов «ключевого» Чердынского лесничества Пермского края предпринята попытка анализа таксационных показателей светлохвойных насаждений Западно-Уральского таёжного лесного района и обеспеченности насаждений пятого и старше классов возраста подростом предварительной генерации. Установлено, что светлохвойные насаждения занимают 23,3% покрытой лесной растительностью площади. Они представлены преимущественно сосняками – 99,95%. На долю лиственничников приходится лишь 0,05%. Распределение светлохвойных насаждений по классам возраста неравномерное. Так, в частности, если на долю насаждений 7 класса возраста приходится 19,3% их общей площади, то на долю молодняков первого класса возраста лишь 5,4%. Среди светлохвойных преобладают насаждения III и IV классов бонитета с относительной полнотой 0,6–0,7. Обеспеченность подростом предварительной генерации невысокая, что вызывает необходимость проведения мероприятий по его накоплению. В целом 60,9% спелых и перестойных светлохвойных насаждений подростом под своим пологом не имеют. В то же время 10017,9 га (26,9%) светлохвойных насаждений имеют под пологом хвойных подрост в количестве более 2,0 тыс. шт/га, что позволяет обеспечить лесовосстановление вырубок за счет сохранения подростом предварительной генерации, не прибегая к искусственному лесовосстановлению. Наличие под пологом 3925,4 га (9,6%) светлохвойных насаждений хвойного подростом в количестве от 1,0 до 2,0 тыс. шт/га позволяет обеспечить лесовосстановление на вырубках комбинированным способом. Максимальной обеспеченностью подростом предварительной генерации характеризуются спелые и перестойные светлохвойные насаждения с полнотой 0,6, произрастающие в типах лесорастительных условий А₅ и А₄, то есть на мокрых и сырых песчаных почвах. Наличие подростом ели под пологом светлохвойных насаждений свидетельствует о возможной их смене на ельники, что нежелательно на бедных песчаных почвах, поскольку приведет к снижению производительности будущих насаждений.

Ключевые слова: Западно-Уральский таёжный лесной район, светлохвойные насаждения, сосняки, подрост предварительной генерации, таксационные показатели

SELF-SUFFICIENCY OF MATURE AND OVERMATURE SOFTWOOD FORESTS OF WEST URAL TAIGA REGION IN UNDERGROWTH OF PRE-GENERATION

¹Zalesova E.S., ¹Zalesov S.V., ²Terekhov G.G., ²Tolkach O.V., ¹Luganskiy N.A., ¹Shubin D.A.

¹Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education

«Ural State Forestry University», Ekaterinburg, e-mail: Zalesov@usfeu.ru;

²Botanical Garden of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg

On the base of electronic database of forest management materials of «key» Cherdansky forest division (Permsky kray) an attempt has been made to analyze the inventory data of light coniferous stands of west Ural taiga region as well as the provision of the fifth and older classes of undergrowth of preliminary generation. It has been established that light coniferous stands occupy 23.3% of area covered with forest vegetation. They are represented mainly with pine stands – 99.95%. The share of larch forests accounts for only 0.05%. The light coniferous stands are distributed unevenly according to age classes. In particular, if the stands of the 7th age class share constitute 19.3% of total square then the share of the 1st age class young growth constitutes only 5.4%. Among light coniferous stands of forest sites classes III and IV with relative density of 0.6-0.7 prevail. Self-sufficiency in preliminary generation of undergrowth is not light, which makes it necessary to take measures for its accumulation. In general, 60.9% of mature and overmature light coniferous stands have no undergrowth under their canopy. At the same time 10017.9 ha (26.9%) of light coniferous stands have coniferous undergrowth in the amount of more than 2.0 thousand pcs/ha, which makes it possible to ensure reforestation of trees by preserving the undergrowth of pre-generation without resorting to reforestation. The presence under the canopy of 3925.4 hectares (9.6%) of light coniferous plantations of coniferous undergrowth in the amount of from 1.0 to 2.0 thousand pcs / ha allows to ensure reforestation on cuttings by the combined method. The maximum provision with undergrowth of pre-generation is characterized by mature and overmature light-coniferous stands with a fullness of 0.6, growing in types of forest growing conditions A5 and A4, that is, on wet and damp sandy soils. Spruce undergrowth presence under light coniferous stands testifies their turning to spruce stands that is undesirable on poor sand soils since it will lead to a decrease in the productivity of future plantations.

Keywords: West Ural taiga forest region, light coniferous stands, pine stands, preliminary generation undergrowth, inventory data

Научно обоснованное ведение лесного хозяйства возможно лишь при наличии объективных данных о природе лесных насаждений. Так, в частности, не имея данных о количественных и качественных показателях подростом предварительной генера-

ции, трудно рассчитывать на объективное планирование лесовосстановительных мероприятий, а также правильный выбор способа рубок спелых и перестойных насаждений [1–3]. Особо следует отметить, что способ лесовосстановления назначается по данным отвода конкретной лесосеки и с выбором его, как правило, вопросов не возникает. Сложнее обстоит дело с проектированием способов лесовосстановления на арендном участке, т.е. при составлении арендного договора. В данном случае проектант не имеет возможности анализировать обеспеченность подростом предварительной генерации всех лесосек по данным натурного обследования и в основу проектирования может заложить только данные лесоустроительных материалов. Последнее нередко приводит к спорным вопросам. Нами на значительном экспериментальном материале экспериментально доказано, что ошибка в количестве подростка в конкретном выделе и по данным лесоустройства весьма существенная, что и вызывает необходимость учёта подростка при отводе лесосек. В то же время при анализе значительной совокупности выделов ошибка резко снижается и данные лесоустройства вполне могут быть использованы для целей планирования объёмов работ по способам лесовосстановления [4–6].

Целью наших исследований являлся анализ обеспеченности подростом предварительной генерации спелых и перестойных светлохвойных насаждений Западно-Уральского таёжного лесного района Пермского края и разработка на этой основе предложений по совершенствованию ведения лесного хозяйства.

Материалы и методы исследования

Для получения данных о доле светлохвойных насаждений и обеспеченности

их подростом предварительной генерации в Западно-Сибирском таёжном лесном районе Пермского края нами был использован метод «ключевых» лесничеств [7]. Для этого в пределах района было выбрано «ключевое» (типичное) лесничество на основании анализа данных, по которому получены основные выводы в целом по району. В нашем случае была использована для анализа равнинная часть Чердынского лесничества, характерная для Западно-Уральского таёжного района в целом.

На основании лесохозяйственного регламента Чердынского лесничества и электронной базы данных равнинной части данного лесничества были установлены как основные таксационные показатели светлохвойных насаждений, так и обеспеченность спелых и перестойных насаждений (пятый и старше классы возраста) подростом предварительной генерации.

При установлении обеспеченности подростом все насаждения, в соответствии с действующими нормативными документами [8], условно разделялись на четыре группы: без подростка, с густотой подростка до 1,0 тыс. шт/га, с густотой от 1,0 до 2,0 тыс. шт/га и с густотой более 2,0 тыс. шт/га. Указанное деление обусловлено различными способами лесовосстановления при проведении сплошнолесосечных рубок.

Результаты исследования и их обсуждение

Чердынское лесничество Пермского края, как было отмечено ранее, является типичным для Западно-Уральского таёжного лесного района. При общей площади лесничества чуть более 861,2 тыс. га на долю покрытых лесной растительностью земель приходится 85,1 %.

Таблица 1
Распределение светлохвойных насаждений по классам возраста, га/%

Преобладающая порода	Класс возраста								Итого
	1	2	3	4	5	6	7	8	
С	<u>9093,9</u> 5,3	<u>43626,1</u> 25,5	<u>43795,4</u> 25,6	<u>21096,1</u> 12,4	<u>12199,1</u> 7,1	<u>7943,9</u> 4,7	<u>33020,2</u> 19,4	<u>34</u> –	<u>170808,7</u> 100
Лц	<u>39,2</u> 46,8	<u>2,5</u> 3,0	<u>10,6</u> 12,7	<u>6,3</u> 7,5	<u>–</u> –	<u>2,2</u> 2,6	<u>22,9</u> 27,4	<u>–</u> –	<u>83,7</u> 100
Итого	<u>9133,1</u> 5,4	<u>43628,6</u> 25,5	<u>43806</u> 25,6	<u>21102,4</u> 12,3	<u>12199,1</u> 7,2	<u>7946,1</u> 4,7	<u>33043,1</u> 19,3	<u>34</u> –	<u>170892,4</u> 100

Светлохвойные насаждения представлены сосняками и лиственничниками (табл. 1).

Распределение светлохвойных насаждений по классам возраста неравномерное. В частности, доля молодняков I класса возраста не превышает 5,4%. Площадь светлохвойных насаждений пятого и старше классов возраста составляет 31,2%, при этом на долю насаждений 7 и старше классов возраста приходится 19,3% общей площади светлохвойных насаждений. Последнее свидетельствует о необходимости омоложения насаждений.

Продуктивность светлохвойных насаждений относительно невысокая (табл. 2).

Среди светлохвойных насаждений преобладают древостои III и IV классов бонитета. При этом на долю древостоев V–V^a классов бонитета приходится 27,0% общей площади светлохвойных насаждений. Класс бонитета лиственничников выше, чем сосняков, но доля их в лесном фонде очень мала.

Светлохвойные насаждения представлены очень широкой амплитудой полнот (табл. 3).

Как следует из материалов табл. 3, доля низкополнотных светлохвойных насаждений (0,3–0,4) составляет 9,9% при доле высокополнотных (0,8–1,0) – 22,6%.

Низкие классы бонитета и высокая доля низкополнотных светлохвойных насаж-

дений объясняется приуроченностью их к мокрым и песчаным почвам. Насаждения типов лесорастительных условий А₃ и А₄ занимают 26,1 и 19,8% площади светлохвойных.

Под пологом спелых и перестойных светлохвойных насаждений имеет место подрост ели, сосны сибирской, пихты и сосны обыкновенной. При этом на 66,88% площади подрост не зафиксирован (табл. 4).

Материалы табл. 4 свидетельствуют, что лишь 26,9% насаждений имеют под пологом жизнеспособный подрост хвойных пород в количестве более 2,0 тыс. шт/га. В то же время следует отметить, что под пологом 13,62% спелых и перестойных светлохвойных насаждений имеет место подрост ели. Сохранение данного подраста на песчаных почвах может привести к снижению производительности будущих насаждений [1].

Максимальной обеспеченностью подростом сосны, ели и кедра характеризуются насаждения с полнотой 0,6, при этом подрост пихты имеет место лишь в насаждениях с полнотой 0,5. Следовательно, в целях предотвращения смены пород в насаждениях на песчаных почвах еловый подрост следует вырубать в процессе проведения первого приёма равномерно постепенных рубок, снижая полноту древостоя до 0,6.

Таблица 2

Распределение площади светлохвойных насаждений по классам бонитета, га/%

Преобладающая порода	Класс бонитета							Итого
	I ^a	I	II	III	IV	V	V ^a	
С	<u>40,9</u> –	<u>5179,8</u> 3,0	<u>27260,1</u> 16,0	<u>46434,2</u> 27,2	<u>45873,3</u> 26,8	<u>33771,9</u> 19,8	<u>12248,5</u> 7,2	<u>170808,7</u> 100
Лц		<u>27,5</u> 32,8	<u>23,7</u> 28,3	<u>20,8</u> 24,9	<u>11,7</u> 14,0	= –	= –	<u>83,7</u> 100
Итого	<u>40,9</u> –	<u>5204,3</u> 3,0	<u>27283,8</u> 16,0	<u>46455</u> 27,2	<u>45885</u> 26,8	<u>33771,9</u> 19,8	<u>12248,5</u> 7,2	<u>170892,4</u> 100

Таблица 3

Распределение светлохвойных насаждений по полноте, га/%

Преобладающая порода	Относительная полнота								Итого
	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	
С	<u>2847,4</u>	<u>13978,3</u>	<u>28024,2</u>	<u>47387,9</u>	<u>40067,1</u>	<u>29019,4</u>	<u>8174,4</u>	<u>1310</u>	<u>170808,7</u> 100
Лц		<u>2,2</u>	<u>11,8</u>	<u>8</u>	<u>34,2</u>	= –	<u>27,5</u>	= –	<u>83,7</u> 100
Итого	<u>2847,4</u> 1,7	<u>13980,5</u> 8,2	<u>28036</u> 16,4	<u>47395,9</u> 27,7	<u>40101,3</u> 23,4	<u>29019,4</u> 17,0	<u>8201,9</u> 4,8	<u>1310</u> 0,8	<u>170892,4</u> 100

Таблица 4

Обеспеченность подростом предварительной генерации площади спелых и перестойных светлохвойных насаждений в пределах относительной полноты, га/%

Преобладающая порода подроста/густота подроста, тыс. шт/га	Относительная полнота							Итого
	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	
Ель, всего	103,4 0,25	340 0,83	1167,8 2,85	2706,7 6,60	1232,6 3,00	36,7 0,09		5587,2 13,62
в т.ч. до 1		9	36,6	197,8	50,7	5		299,1
		0,02	0,09	0,48	0,12	0,01		0,73
1,0–2,0	37,4 0,09	82,4 0,20	354,8 0,86	1053,6 2,57	474,7 1,16			2002,9 4,88
более 2,0	66 0,16	248,6 0,61	776,4 1,89	1455,3 3,55	707,2 1,72	31,7 0,08		3285,2 8,01
Сосна сибирская кедровая, всего			45,30	165,10	23,60			234,00
			0,11	0,40	0,06			0,57
в т.ч. до 1			45,30	66,50	23,60			135,40
			0,11	0,16	0,06			0,33
1,0–2,0				98,60				98,60
				0,24				0,24
Пихта, всего			7,50					7,50
			0,02					0,02
более 2,0			7,50					7,50
			0,02					0,02
Сосна, всего	1131 2,76	1418,7 3,46	2772,2 6,76	3794,7 9,25	1034,5 2,52	65,5 0,16	4,9 0,01	10221,5 24,92
в т.ч. до 1	8 0,02	78,1 0,19	101,8 0,25	321,8 0,78	126,7 0,31	36 0,09		672,4 1,64
1,0–2,0	64,3 0,16	218,9 0,53	418,5 1,02	861,7 2,10	260,5 0,64			1823,9 4,45
более 2,0	1058,7 2,58	1121,7 2,73	2251,9 5,49	2611,2 6,37	647,3 1,58	29,5 0,07	4,9 0,01	7725,2 18,83
Подроста нет	962,6 2,35	3648,4 8,89	8836,7 21,54	8221,8 20,04	2730,7 6,66	518,8 1,26	54 0,13	24973 60,88
Всего	2197 5,36	5407,1 13,18	12829,5 31,27	14888,3 36,29	5021,4 12,24	621 1,51	58,9 0,14	41023,2 100,00

Помимо полноты древостоя на обеспеченность подростом предварительной генерации оказывает влияние тип лесорастительных условий (табл. 5).

Материалы табл. 5 свидетельствуют о значительной площади светлохвойных насаждений, произрастающих на песчаных почвах с подростом ели. Так, доля насаждений с подростом ели в лесорастительных условиях A_3 составляет 3,3%, а A_4 – 4,3% от общей площади спелых и перестойных светлохвойных насаждений. Другими словами, подрост ели, имеющийся на 7,6% площади спелых и перестойных светлохвойных насаждений, приурочен к мокрым и сырым песчаным почвам.

В лесорастительных условиях A_3 сосредоточены также основные насаждения с подростом сосны.

Выводы

1. Для проектирования способов лесовосстановления на арендных участках Западно-Уральского таёжного лесного района можно использовать электронные базы данных лесоустроительных материалов.

2. Доля светлохвойных насаждений, по данным «ключевого» Чердынского лесничества, составляет 23,3% покрытой лесной растительностью площади. При этом на долю сосняков приходится 99,95% площади светлохвойных насаждений, а на долю лиственничников лишь 0,05%.

Таблица 5

Обеспеченность подростом предварительной генерации спелых и перестойных светлохвойных насаждений в пределах типов лесорастительных условий, га/%

Преобладающая порода подроста/ густота подроста, тыс. шт/га	Тип лесорастительных условий										Итого
	A ₁	A ₂	A ₄	A ₅	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	C ₃	C ₃	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Ель, всего	37,3	647,6	1756,5	1331,8	319,7	1408,4	9		76,9	5587,2	
в т.ч. до I	0,09	1,58	4,28	3,25	0,78	3,43	0,02		0,19	13,62	
			79,7	182,2		37,2				299,1	
			0,19	0,44		0,09				0,73	
1,0–2,0	14	199,2	496,4	706,8	95,3	489,3			1,9	2002,9	
	0,03	0,49	1,21	1,72	0,23	1,19			0,005	4,88	
более 2,0	23,3	448,4	1180,4	442,8	224,4	881,9	9		75	3285,2	
	0,06	1,09	2,88	1,08	0,55	2,15	0,02		0,18	8,01	
			50,50	183,50						234,00	
Сосна сибирская кедровая, всего			0,12	0,45						0,57	
в т.ч. до I			50,50	84,90						135,40	
			0,12	0,21						0,33	
1,0–2,0				98,60						98,60	
				0,24						0,24	
Пихта, всего						7,50				7,50	
в т.ч. более 2,0						0,02				0,02	
						7,50				7,50	
						0,02				0,02	
Сосна, всего	431,5	432,8	841,3	7981,3	68,4	384,3	76,4		5,5	10221,5	
в т.ч. до I	1,05	1,06	2,05	19,46	0,17	0,94	0,19		0,01	24,92	
		167,2	40	428,2		37				672,4	
		0,41	0,10	1,04		0,09				1,64	
1,0–2,0	41,9	136,1	194,9	1283,9	12,2	149,4			5,5	1823,9	
	0,10	0,33	0,48	3,13	0,03	0,36			0,01	4,45	
более 2,0	389,6	129,5	606,4	6269,2	56,2	197,9	76,4			7725,2	
	0,95	0,32	1,48	15,28	0,14	0,48	0,19			18,83	
Подроста нет	1065,6	537,7	3177	19460,6	51,5	638,2		4,3	38,1	24973	
	2,60	1,31	7,74	47,44	0,13	1,56		0,01	0,09	60,88	
Всего	1534,4	1618,1	5825,3	28957,2	439,6	2438,4	85,4	4,3	120,5	41023,2	
	3,74	3,94	14,20	70,59	1,07	5,94	0,21			100,00	

3. Среди светлехвойных преобладают насаждения III и IV классов бонитета с полнотой 0,6–0,7. Низкие показатели класса бонитета и относительной полноты объясняются приуроченностью 45,9% светлехвойных насаждений к типам лесорастительных условий A_5 и A_4 с мокрыми и сырыми песчаными почвами.

4. Под пологом 60,9% площади спелых и перестойных светлехвойных насаждений подрост не встречается, а под пологом 13,6% имеет место подрост ели.

5. В наибольшей степени как подростом сосны, так и подростом ели обеспечены светлехвойные насаждения, произрастающие в лесорастительных условиях A_5 и A_4 с относительной полнотой 0,6.

6. Данные об обеспеченности подростом спелых и перестойных насаждений могут быть использованы при планировании способов лесовосстановления и выборе видов рубок спелых и перестойных насаждений.

Список литературы / References

1. Теринов Н.Н., Андреева Е.М., Сандаков О.Н., Крюк В.И. Естественное возобновление леса после рубок // Леса России и хозяйство в них. 2015. № 3. С. 15–20.
2. Terinov N.N., Andreev E.M., Sandakov O.N., Kruk V.I. Natural regeneration of forests after felling // Lesa Rossii i khozyajstvo v nix. 2015. № 3. P. 15–20 (in Russian).
3. Санников С.Н., Санникова Н.С. Проблемы возобновления лесов Курганской области в связи с рубками и пожарами // Региональные проблемы природопользования и охраны окружающей среды. Куртамыш: ГУП «Куртамышская типография», 2008. С. 32–39.
4. Sannikov S.N., Sannikova N.S. Problems of renewal of forests of the Kurgan region in connection with felling and fires // Regional problems of nature management and environmental protection. Kurtamysh: GUP «Kurtamyshskaya tipografiya», 2008. P. 32–39 (in Russian).
5. Залесов С.В., Белов Л.А., Гаврилов С.Н., Неволин А.В., Чермных А.И. Обеспеченность подростом кедрового спелых насаждений различных формаций // Леса России и хозяйство в них. 2013. № 1 (44). С. 17–20.
6. Zalesov S.V., Belov L.A., Gavrilov S.N., Nevolin A.V., Chernnykh A.I. Supplying of mature growing stocks of different formations with pinus siberica undergrowth // Lesa Rossii i khozyajstvo v nix. 2013. No. 1 (44). P. 17–20 (in Russian).
7. Оплетаяев А.С., Чермных А.И., Киришабаум А.Р. Обеспеченность подростом предварительной генерации перестойных насаждений Челябинской области // Успехи современного естествознания. 2017. № 7. С. 42–46.
8. Opletayev A.S., Chernnykh A.I., Kirschbaum A.R. Provision of pregrowth of preliminary generation of overestimated plantings in the Chelyabinsk region // Advances in current natural sciences. 2017. № 7. P. 42–46 (in Russian).
9. Вышивкин Д.Д. Геоботаническое картографирование. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1977. 175 с.
10. Vyshyvkin D.D. Geobotanical mapping. M.: Izd-vo Mosk. un-ta, 1977. 175 p.
11. Правила лесовосстановления: Утв. приказом Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 29 июня 2016 г. № 375 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71440192/> (дата обращения: 25.12.2018).
12. Rules for reforestation: Approved. Order of the Ministry of Natural Resources and Ecology of the Russian Federation of June 29, 2016 № 375 [Electronic resource]. URL: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71440192/> (date of access: 25.12.2018). (in Russian).
13. Луганский Н.А., Залесов С.В., Луганский В.Н. Лесоведение. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2010. 432 с.
14. Lugansky N.A., Zalesov S.V., Lugansk V.N. Forest Science. Ekaterinburg: Ural. gos. lesotexn. un-t, 2010. 432 p. (in Russian).
15. Чермных А.И., Оплетаяев А.С. Анализ поведельной геобазы с использованием SQL-запросов для определения статистически достоверной информации на примере ГИС MAPINFO // Леса России и хозяйство в них. 2013. № 1 (44). С. 53–54.
16. Chernnykh A.I., Opletayev A.S. Forest data-base analysis with SQL-question for investigate statistic true information in GIS-MapInfo // Lesa Rossii i khozyajstvo v nix. 2013. № 1 (44). P. 53–54 (in Russian).

УДК 630*15:57.042(571.53)

СВЯЗЬ КАЧЕСТВА МЕСТООБИТАНИЙ И ПЛОТНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ СОБОЛЯ В ЛЕСАХ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ

Леонтьев Д.Ф., Рыков В.П., Суворова К.А.

ФГБОУ ВО «Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского»,
п. Молодежный, Иркутская область, e-mail: ldf@list.ru

На данных из восьми ключевых районов Иркутской области за 2010–2016 гг., с использованием рангового коэффициента Спирмана, выполнялся корреляционный анализ качества местообитаний и плотности населения соболя. В качестве ключевых районов выбраны таковые, достаточно полно характеризующие условия обитания соболя в регионе, как в Приангарье, так и в Верхоленье. Ключевые районы достаточно равномерно представляют территорию Иркутской области, распределены по ней. Они характерны для подзоны южной тайги, подтайги и лесостепи. В качестве ключевых районов взяты семь районов области (Усть-Илимский, Киренский, Тайшетский, Братский, Казачинско-Ленский, Жигаловский, Качугский) и Усть-Ордынский Бурятский национальный округ Иркутской области. Связь плотности населения соболя и качества местообитаний оценивалась отдельно в светлохвойных, из сосны обыкновенной (*Pinus silvestris* L., 1753) и лиственниц (сибирской, Чекановского, Гмелина) (*Larix sibirica* Ledeb., 1833; *Larix czekanowskii* Sz.; *Larix gmelinii* (Rupr) Kusen), и темнохвойных лесах из сосны сибирской кедровой (*Pinus sibirica* Du Tour, 1803), пихты сибирской (*Abies sibirica* Ledeb., 1833) и ели сибирской (*Picea obovata* Ledeb., 1833). Полученные результаты указывают на тесную и вполне достоверную связь плотностей населения с площадями темнохвойных лесов из сибирской кедровой сосны. Это подтверждает высокую значимость их как местообитаний соболя и позволяет в дальнейшем дать усредненную количественную характеристику этой зависимости. Регрессионная модель линейного вида на основе доказанной связи позволяет прогнозирование средней плотности населения соболя в зависимости от доли темнохвойных лесов в составе местообитаний.

Ключевые слова: соболя, местообитания, светлохвойные угодья, темнохвойные угодья, плотность населения, регрессионная модель, Иркутская область

HABITAT QUALITY AND POPULATION DENSITY OF SABLE RELATION IN THE FORESTS OF THE IRKUTSK REGION

Leontev D.F., Rykov V.P., Suvorova K.A.

Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education Irkutsk State Agrarian University
named after A.A. Ezhevskiy, Molodezhny, Irkutsk region, e-mail: ldf@list.ru

On the data from eight key districts of the Irkutsk region for 2010–2016, using the Spearman rank factor, a correlation analysis of habitat quality and sable population density was performed. The key areas are those that fully characterize the habitat of the sable in the region, both in the Priangarie and Vergolene. Key areas evenly represent the territory of the Irkutsk region, they are distributed over it. They are representative in the southern taiga subzone, subtaiga and forest-steppe. Seven districts of the region (Ust-Ilimsky, Kirensky, Taishet, Bratsk, Kazachinsk-Lensky, Zhigalovsky, Kachugsky) and Ust-Ordyn Buryat National District of the Irkutsk Region are taken as key areas. The relation between the population density of the sable and the quality of the habitats was estimated separately in light coniferous forests, made from Scots pine (*Pinus silvestris* L., 1753) and larches (Siberian, Chekanovsky, Gmelin) (*Larix sibirica* Ledeb., 1833; *Larix czekanowskii* Sz.; *Larix gmelinii* (Rupr) Kusen) and dark coniferous forests of Siberian pine cedar (*Pinus sibirica* Du Tour, 1803), Siberian fir (*Abies sibirica* Ledeb., 1833) and Siberian spruce (*Picea obovata* Ledeb., 1833). The results indicate a close and quite reliable relation of population densities with the areas of dark coniferous forests of Siberian cedar pine. This confirms their high significance as sable habitats and allows us to give an averaged quantitative characteristic of this dependence in the future. The linear regression model based on the proven connection allows the prediction of the average density of the sable population depending on the proportion of dark coniferous forests in the habitat composition.

Keywords: sable, habitats, light coniferous areas, dark coniferous areas, population density, regression model, Irkutsk region

Состав и структура местообитаний обеспечивают виды животных жизненными условиями, определяя пределы распространения и формируя кружево их ареалов. Кружево ареала соболя в обязательном порядке охватывает наилучшие его местообитания в лесах из сосны сибирской кедровой и зарослях кедрового стланика (*Pinus pumila* (Pall.) Regel, 1859). Притом располагаются эти леса преимущественно по наиболее высоко приподнятым водораз-

делам крупных рек с относительно прохладными и достаточно влажными местами произрастания. Это, прежде всего, за счет большей глубины снежного покрова зимой, относительно медленным его таянием, наличием весьма значительной доли мшистых типов леса, преимущественно все же по северным склонам.

В охотоведении традиционно принято выделять производительность и продуктивность охотничьих угодий. Производи-

тельность понимается как плотность населения соответствующего вида на единицу площади, т.е. 1000 га охотничьих угодий. В сущности, она понимается как поголовье животных на определенной территории. Продуктивность в охотоведении понимается как выход продукции с этой единицы площади. Она исчисляется в числе добытых животных определенного вида, иной продукции, либо в денежном выражении.

На связь продуктивности охотничьих угодий с их качеством ранее неоднократно обращалось внимание, но логическое завершение выявленных связей, т.е. моделирование доказанных зависимостей, не выполнялось. Притом связи как продуктивности, так и производительности охотничьих угодий, искались как целиком по административным районам, так и с учетом видового состава лесобразующих видов древесной растительности [1, 2], а также по выделенным зонам темнохвойных и светлохвойных лесов с соответствующими комплексами станций, достоверное существование которых было тоже ранее доказано и использовано для совершенствования экстраполяции данных при учетах численности животных [3].

В основе корректной экстраполяции полученных на пробах данных лежит выделение разноразселенных территорий, по которым и должна осуществляться экстраполяция данных проб, полученных при выборочных учетах. Все это, несмотря на текущие изменения в природной среде, связанные с климатом, и изменением возрастной структуры лесов за счет промышленных рубок и лесных пожаров.

Особое значение в Сибири лесов из сибирской сосны кедровой и с ее участием в составе тоже давно известно и отмечалось многими исследователями [4]. Прежде всего, это значение для обитателей лесов из сосны сибирской кедровой, а среди них особо следует выделить соболя и белку. Промысловый интерес к ним всегда был и остается важным. Нельзя не отметить, что пихта сибирская в регионе обычно произрастает вместе с кедровой сосной и только очень небольшая доля ельников в составе темнохвойных лесов растет в речных долинах и обычно без участия в их составе сосны сибирской кедровой. Притом при относительно небольшой по площади доле ельников в регионе, в речных долинах ниже по течению рек (в окружении светлохвойных лесов) их все же больше, чем в верховьях (в окружении из лесов из сосны сибирской кедровой и таковых с пихтой, тем более зарослей

кедрового стланика). Именно как разноразселенные зоны на территории Иркутской области выделяются: 1) с преимущественным произрастанием темнохвойных лесов; 2) с преобладанием светлохвойных из лиственниц и сосны обыкновенной лесов.

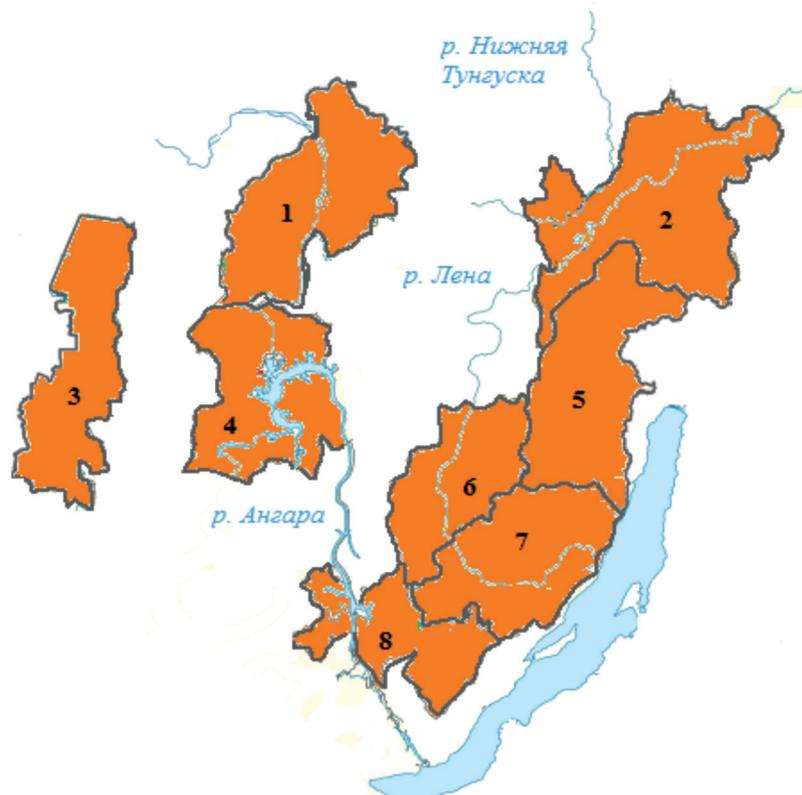
Целью исследования послужил поиск количественной зависимости между качеством местообитаний, обеспеченным кормовыми и защитными условиями среды обитания, и плотностью населения соболя, и использование этой связи для математического моделирования.

Материалы и методы исследования

В качестве материалов использованы данные лесного ведомства региона, основанные на материалах лесоустройства Иркутской области, а также данные службы по охране и использованию охотничьих животных Иркутской области, основанные на ежегодно проводимых послепромысловых учетах по методике зимних маршрутных учетов (ЗМУ). Притом в работе использованы данные ключевых районов за период с 2010 по 2016 г.

В качестве ключевых районов выбраны таковые, в полной мере характеризующие условия обитания соболя в регионе, как в Приангарье, так и в Верхоленье (рисунок). Ключевые районы достаточно равномерно представляют территорию Иркутской области при движении с севера на юг. Они характерны для подзоны южной тайги, подтайги и лесостепья Приангарья и Верхоленья, представляя своей территорией как бассейн р. Енисей (Усть-Илимский, Братский и Тайшетский районы), так и р. Лена (Киренский, Казачинско-Ленский Жигаловский и Качугский районы). По территории Усть-Ордынского бурятского округа проходит водораздел р. Енисей и Лена. Итак, в качестве ключевых районов взяты семь районов и Усть-Ордынский Бурятский национальный округ Иркутской области, в котором значительна доля степных угодий.

Доля светлохвойных и темнохвойных угодий этих ключевых районов Приангарья и Верхоленья связывалась нами с плотностью населения соболя в них. Использовался корреляционный анализ, расчет корреляции рангов Спирмана с оценкой достоверности полученных коэффициентов корреляции. На основе доказанной сильной связи построена линейная регрессионная модель общего вида $y = ax + b$. Для расчета свободного члена уравнения регрессии и коэффициента регрессии использован метод наименьших квадратов [5, 6].



Ключевые районы Иркутской области: 1. Усть-Илимский, 2. Киренский, 3. Тайшетский, 4. Братский, 5. Казачинско-Ленский, 6. Жигаловский, 7. Качугский, 8. Усть-Ордынский Бурятский автономный округ

Результаты исследования и их обсуждение

Собственно местообитания соболя, их состав, выраженный видовым составом лесов, и структура, выраженная их долей в площади районов, охарактеризованы в табл. 1.

Судя по данным табл. 1, площади ключевых районов варьировали от немногим более 2 млн га до более 4 млн га. Их общая площадь составила 25,0 млн га, что от площади Иркутской области (76,8 млн га) занимает долю 32,6%, т.е. около третьей ее части. Это указывает на достаточную представительность ключевых районов как выборки по площади. Доля темнохвойных местообитаний варьировала в ключевых районах от менее 1% (Усть-Ордынский Бурятский округ) до 29,3% в Жигаловском районе. Основу последних составляют известные леса из сосны сибирской кедровой и ее участием на водоразделе рек Лена и Киренга (на правом берегу р. Лена).

Доля светлохвойных местообитаний варьировала от немногим более 7% в Усть-

Ордынском Бурятском округе до более 58% в Киренском районе. Наряду с вышесказанным нельзя не отметить, что наименее лесистым из ключевых районов является Усть-Ордынский Бурятский округ, в котором велика доля степей. С начала 2000-х гг. соболь в регионе значительно расширил кружево своего ареала, вытеснив своего конкурента-колонка из его типичных местообитаний, включая даже лесостепь. Такая ситуация сохраняется в регионе вплоть до современности.

Средние значения плотности населения соболя в ключевых районах, рассчитанные по данным Службы по охране и использованию охотничьих ресурсов, содержит табл. 2.

Судя по данным табл. 2, плотность населения соболя варьировала от немногим более 1 (Братский район и Усть-Ордынский округ) до почти 4 на 1000 га угодий в Киренском районе. Притом прослеживается достаточно четкая тенденция увеличения плотности его населения с юга на север. Это может быть объяснено наличием лучших местообитаний в лесах из сибирской

кедровой сосны на Лено-Киренском водоразделе и положительным влиянием Байкало-Ленского заповедника, из которого излишек особей ежегодно выселяется. Притом выселение из этих очагов осуществляется как в южном направлении, так и в северном, в подзону средней тайги (в том числе за пределы области), где преобладают лиственничные леса. Тем самым в них тоже поддерживаются промысловые плотности населения животных этого вида.

Результаты корреляционного анализа зависимости плотности населения соболя от состава местообитаний соболя представлены в табл. 3.

Судя по данным табл. 3, плотность населения соболя тесно связана с площадями темнохвойных местообитаний и менее связана с площадями светлохвойных, что не противоречит полученным ранее результатам и отмеченной особой значимости в регионе лесов из сосны сибирской кедровой и с ее участием. Вместе с тем не противоречит и ранее полученным результатам заселения зоны с преимущественно темнохвойными лесами соболям с большими плотностями населения. Связь плотности населения соболя с долей темнохвойных лесов является статистически достоверной.

Таблица 1

Характеристика местообитаний соболя в ключевых районах Приангарья и Верхоненья (на основе ведомственных данных по видовому составу лесов)

Районы	Площадь районов, тыс. га	Площадь темнохвойных лесов, тыс. га	Доля темнохвойных лесов, %	Площадь светлохвойных лесов, тыс. га	Доля светлохвойных лесов, %
Усть-Илимский	3600	243	6,8	861	23,9
Братский	3300	90	2,7	628	19,0
Киренский	4400	801	18,2	2582	58,7
Жигаловский	2300	674	29,3	1024	44,5
Казачинско-Ленский	3300	901	27,3	1278	38,7
Тайшетский	2800	682	24,4	389	13,9
Качугский	3100	377	12,2	1318	42,5
Усть-Ордынский Бурятский округ	2200	16	0,7	163	7,4

Таблица 2

Средняя за 2010–2016 гг. плотность населения соболя в ключевых районах (на основе ведомственных данных Службы по охране и использованию охотничьих ресурсов)

Районы	Средняя плотность населения соболя, особей на 1000 га охотничьих угодий
Усть-Илимский	2,0
Братский	1,3
Киренский	3,7
Жигаловский	2,8
Казачинско-Ленский	2,4
Тайшетский	2,5
Качугский	1,8
Усть-Ордынский Бурятский округ	1,3

Таблица 3

Результаты расчета ранговых коэффициентов корреляции Спирмана и оценка их достоверности

Связь	Коэффициент корреляции рангов Спирмана	Достоверность коэффициента корреляции рангов Спирмана
Темнохвойные местообитания – плотность населения соболя	0,80	Связь достоверна при вероятности 0,95
Светлохвойные местообитания – плотность населения соболя	0,67	Связь недостоверна при вероятности 0,95

Таблица 4

Результаты верификации парной регрессионной модели связи доли темнохвойных лесов и плотности населения соболя

Ключевые районы	Эмпирическая плотность населения соболя	Расчетная по регрессионной модели плотность населения соболя	Разница: расчетная минус эмпирическая
Усть-Илимский	2,0	1,8	-0,2
Братский	1,3	1,6	+0,3
Киренский	3,7	2,4	-0,3
Жигаловский	2,8	2,9	+0,1
Казачинско-Ленский	2,4	2,8	+0,4
Тайшетский	2,5	2,7	+0,2
Качугский	1,8	2,1	+0,3
Усть-Ордынский	1,3	1,5	+0,2

Доказанная тесная связь с долей темнохвойных угодий позволяет создать регрессионную модель в виде линейного уравнения регрессии [5, 6]. После расчета параметров линейного уравнения регрессии модель имеет вид: $y = 0,05x + 1,45$.

Результаты работы с регрессионной моделью в сравнении с эмпирическими данными, на основании которых она создана, представлены в табл. 4.

Судя по материалам табл. 4, более низкие расчетные плотности населения соболя получены лишь по Усть-Илимскому и Киренскому районам, которые тяготеют к северной границе Иркутской области. По остальным районам при работе с регрессионной моделью получены несколько большие плотности населения соболя. На фоне того, что плотности населения по ведомственным данным обычно занижены, полученные при работе с регрессионной моделью результаты могут быть интерпретированы как более близкие к истинным.

Заключение

Выявлена выраженная тенденция роста плотностей населения соболя с юга на север, что, возможно, указывает на зависимость населенности соболем южных районов от северных (за счет подкочевки из них), исключая саянские районы, так как там своя популяция соболя. Плотности населения соболя варьируют от 1,3 на 1000 га лесных охотничьих угодий в Усть-Ордынском Бурятском национальном округе до 3,7 на 1000 га лесных угодий в Киренском районе. Наиболее тесно плотности населения соболя связаны с долей площадей темнохвойных лесов региона. Это позволило создать регрессионную

модель зависимости плотностей населения от площади темнохвойных, преимущественно из сосны сибирской кедровой лесов. Рассчитанная по регрессионной модели плотность населения соболя дала несколько большие результаты. Это может быть интерпретировано как результаты, наиболее близкие к реальным. Она может обеспечить соответствующие прогнозы изменения плотностей населения (численности), которые в дальнейшем могут быть применены при планировании использования ресурсов этого хозяйственно важного вида и для охотустройства региона, как проектирования на охотничье хозяйство в рамках использования лесного комплекса региона.

Список литературы / References

1. Красный Н.М., Мельников В.К. Корреляционные связи между некоторыми охотхозяйственными показателями // Биология, охрана и хозяйственное использование зверей и птиц в Восточной Сибири. Иркутск: ИСХИ, 1981. С. 32–39.
2. Филиппова Я.С., Леонтьев Д.Ф. Связь плотности населения соболя с составом лесных охотничьих угодий (на примере Иркутской области) // Международный студенческий научный вестник. 2017. № 1 [Электронный ресурс] URL: <http://www.eduherald.ru/ru/article/view?id=16812> (дата обращения: 16.10.2018).
3. Леонтьев Д.Ф. Структурирование территории и точность учета численности промысловых животных // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2009. № 8. С. 76–79.
4. Леонтьев Д.Ф. Структурирование территории и точность учета численности промысловых животных // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2009. № 8. С. 76–79.

gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2009. № 8. P. 76–79 (in Russian).

4. Ситников Л.Г. Кедровые промысловые угодья Прибайкалья // Материалы к науч. конф., посвящ. 50-летию института: Тез. докл. Вопросы охотничьего хозяйства. Ч. I. Киров: ВНИИОЗ, 1972. С. 37–41.

Sitnikov L.G. Cedar fishing grounds of the Baikal region // Materials to the scientific. conf., dedicated. 50th anniversary of the institute: Tез. dokl. Voprosy ohotnich'ego hozyajstva. Ch. I. Kirov: VNIIOZ, 1972. P. 37–41 (in Russian).

5. Линейная регрессия. Использование метода наименьших квадратов (МНК) [Электронный ресурс]. URL: http://testent.ru/publ/studenty/vyshshaja_matematika/linejnaja_regressija_ispolzovanie_metoda_naimenshikh_kvadratov_mnk/35-1-0-1149 (дата обращения: 16.10.2018).

Linear regression. Using the method of least squares (OLS) [Electronic resource]. URL: http://testent.ru/publ/studenty/vyshshaja_matematika/linejnaja_regressija_ispolzovanie_metoda_naimenshikh_kvadratov_mnk/35-1-0-1149 (date of access: 16.10.2018) (in Russian).

6. Онлайн-калькулятор. Уравнение парной регрессии [Электронный ресурс]. URL: <https://math.semestr.ru/corel/corel.php> (дата обращения: 16.10.2018).

Online calculator. The equation of the pair regression [Electronic resource]. URL: <https://math.semestr.ru/corel/corel.php> (date of access: 16.10.2018) (in Russian).

Online calculator. The equation of the pair regression [Electronic resource]. URL: <https://math.semestr.ru/corel/corel.php> (date of access: 10.10.2018) (in Russian).

УДК 633.88(470.26)

**ЛЕКАРСТВЕННЫЕ РАСТЕНИЯ ПРИРОДНОГО ПАРКА
«ВИШТЫНЕЦКИЙ» (КАЛИНИНГРАДСКАЯ ОБЛАСТЬ)
КАК ЦЕННЫЙ ИСТОЧНИК БИОЛОГИЧЕСКИ
АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ФЕНОЛЬНОЙ ПРИРОДЫ**

**Скрыпник Л.Н., Пунгин А.В., Алейникова Н.А., Николаева Н.В.,
Петрова В.М., Данилова М.В.**

*ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный университет имени И. Канта», Калининград,
e-mail: LSkrypnik@kantiana.ru*

Лекарственные растения являются ценным источником новых фармацевтических препаратов и основой для разработки продуктов функционального назначения. Во многом фармакологическая активность лекарственных растений связана с наличием в них соединений фенольной природы. Целью данной работы явилось изучение суммарного содержания фенольных соединений и дубильных веществ в лекарственных растениях, произрастающих на территории природного парка «Виштынецкий» (Калининградская область). В работе было исследовано 19 видов дикорастущих лекарственных растений. Установлено, что максимальным суммарным содержанием фенольных соединений отличались иван-чай, листья земляники, малины и мята (от 18,5 до 27,4 мг/г). Максимальное содержание дубильных веществ было определено в иван-чае, листьях малины и земляники (от 14,7 до 23,1 мг/г). Корреляционный анализ показал наличие прямой связи между суммарным содержанием фенольных соединений и дубильных веществ в растениях ($r = 0,93$, $p < 0,05$). Результаты кластерного анализа позволили разделить исследованные виды растений на четыре группы. В первую группу вошли такие виды растений, как иван-чай, малина обыкновенная и земляника лесная (высокое содержание фенольных соединений и дубильных веществ). Во вторую группу вошли мята луговая, выюнок полевой, черноголовка обыкновенная (от высокого до среднего содержания). Третью группу составили следующие виды растений: кислица обыкновенная, донник белый, якобея обыкновенная, лещина обыкновенная, майник двулистный, коровняк черный, синяк обыкновенный и тысячелистник обыкновенный (средний уровень). В четвертую группу вошли хвощ полевой, ромашка аптечная, сныть обыкновенная, марьянник дубравный и мыльнянка лекарственная (низкое содержание). С учетом широкого распространения иван-чая узколистного на территории Калининградской области и высокого содержания в нем суммы фенольных соединений и дубильных веществ данный вид можно рекомендовать в качестве источника получения биологически активных веществ фенольного типа и как сырье при производстве функциональных продуктов питания.

Ключевые слова: лекарственные растения, природный парк «Виштынецкий», биологически активные вещества, фенольные соединения, дубильные вещества

**MEDICINAL PLANTS OF THE NATURE PARK «VISHTYNETSKY»
(KALININGRAD REGION) AS A VALUABLE SOURCE
OF PHENOLIC BIOLOGICALLY ACTIVE COMPOUNDS**

Skrypnik L.N., Pungin A.V., Aleynikova N.A., Nikolaeva N.V., Petrova V.M., Danilova M.V.

*Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education Immanuel Kant Baltic Federal
University. Kaliningrad, e-mail: LSkrypnik@kantiana.ru*

Medicinal plants are a valuable source of new pharmaceutical substance and raw material for the development of functional products. The pharmacological activity of medicinal plants is associated with the presence of phenolic compounds. The purpose of this work was to study total content of phenolic compounds and tannins in medicinal plants growing on the territory of the Nature park «Vishtynetsky» (Kaliningrad region). The study involved investigation of 19 species of wild-growing medicinal plants. The plants of *Chamaenerion angustifolium*, *Fragaria vesca*, *Rubus idaeus*, and *Mentha arvensis* had maximum level of phenolic compounds (18.5–27.4 mg/g). The maximum content of tannins was determined in plants of *Chamaenerion angustifolium*, *Rubus idaeus* and *Fragaria vesca* (14.7–23.1 mg/g). Correlation analysis showed the presence of a direct relationship between the total content of phenolic compounds and tannins in plants ($r = 0.93$, $p < 0.05$). Based on cluster analysis the studied plants were classified into four groups. The first group included such plant species as *Chamaenerion angustifolium*, *Rubus idaeus* and *Fragaria vesca* (high content). The second group consisted of *Mentha arvensis*, *Convolvulus arvensis*, and *Prunella vulgaris* (from high to medium content). The third group consisted of the following plant species: *Oxalis acetosella*, *Melilotus albus*, *Jacobaea vulgaris*, *Corylus avellana*, *Maianthemum bifolium*, *Verbascum nigrum*, *Echium vulgare*, and *Achillea millefolium* (medium content). The fourth group consisted of *Equisetum arvense*, *Matricaria chamomilla*, *Aegopodium podagraria*, *Melampyrum nemorosum* and *Saponaria officinalis* (low content). Considering the wide distribution of *Chamaenerion angustifolium* in Kaliningrad region and a high content of phenolic compounds and tannins in it, this species can be recommended as a source of phenolic biologically active substances and as a raw material in the production of functional foods.

Keywords: medicinal plants, nature park «Vishtynetsky», biologically active compounds, phenolic compounds, tannins

Природный парк «Виштынецкий» располагается на Виштынецкой холмистой возвышенности на юго-востоке Калининградской области на границе трех государств – России, Литвы и Польши. Природный парк функционирует с 2010 г., однако его территория всегда находилась под особой охраной. Большую часть пар-

ка занимает Красный лес – часть исторической Роминтской пуши. Несмотря на то, что в последнее время данный район активно используется в целях рекреации, в целом антропогенная нагрузка в данном районе остается невысокой, что позволяет относить природный парк «Виштынецкий» к территориям Калининградской области с благоприятной экологической обстановкой [1].

Лекарственные растения являются ценным источником новых фармацевтических препаратов и основой для разработки продуктов функционального назначения. Кроме того, различные части лекарственных растений все чаще применяются в косметической промышленности [2]. Традиционно лекарственные растения используются в травяных сборах. Роль травяного чая в профилактике и лечении болезней отчасти объясняется антиоксидантными свойствами составляющих его компонентов. Интересно, что многие лекарственные растения содержат большое количество антиоксидантов, отличных от витамина С, витамина Е и каротиноидов. Их антиокислительный эффект обусловлен в основном фенольными компонентами, такими как фенольные кислоты, флавоноиды, танины [3].

Фенольные соединения являются широко распространенным в растительном мире классом вторичных метаболитов. Их биосинтез в растениях осуществляется из фенилаланина и тирозина. Несмотря на широкое разнообразие данных соединений (на сегодняшний день их насчитывается более 8000), общим в их структуре является наличие ароматического кольца и одной или нескольких гидроксильных групп. Фенольные соединения относятся к водорастворимым компонентам клетки, присутствующим, как правило, в форме гликозидов в сочетании с молекулами сахаров, таких как глюкоза, галактоза, рамноза, арабиноза, ксилоза и рутиноза [4].

В пищевых продуктах фенольные соединения могут выступать как антиокислительные агенты, придавать продуктам цвет, запах, вкус горечи или терпкости. Активность полифенолов включает антиоксидантное, антимуtagenное, противоопухолевое, противоаллергическое, противовоспалительное, противовирусное, противовязвенное, противодиарейное, противогельминтное, антигепатотическое и антипролиферативное действие [5].

Дубильные вещества – танины – представляют собой гетерогенную группу фенольных полимеров с различной молеку-

лярной массой и сложностью химической структуры. Количественный и качественный состав танинов в растениях зависит от многих факторов, и прежде всего таких, как вид растения, стадия онтогенеза, условия произрастания [6]. Дубильные вещества обладают вяжущим, противовоспалительным и кровоостанавливающим действием, поэтому поиск растений с высоким содержанием данных компонентов является перспективным и может явиться основой при разработке новых фармацевтических препаратов и функциональных продуктов питания [7].

Таким образом, целью работы являлось изучение суммарного содержания фенольных соединений и дубильных веществ в лекарственных растениях, произрастающих на территории природного парка «Виштынецкий» (Калининградская область).

Материалы и методы исследования

В качестве объекта исследования использовались растения, произрастающие на территории природного парка «Виштынецкий», и обладающие лекарственными свойствами. Всего было исследовано 19 видов растений: тысячелистник обыкновенный (*Achillea millefolium* L.), коровняк черный (*Verbascum nigrum* L.), синяк обыкновенный (*Echium vulgare* L.), якобея обыкновенная (*Jacobaea vulgaris* Gaertn.), черноголовка обыкновенная (*Prunella vulgaris* L.), майник двулистный (*Maianthemum bifolium* (L.) F.W. Schmidt), вьюнок полевой (*Convolvulus arvensis* L.), мыльнянка лекарственная (*Saponaria officinalis* L.), ромашка аптечная (*Matricaria chamomilla* L.), лещина обыкновенная (*Corylus avellana* (L.) H. Karst.), донник белый (*Melilotus albus* Medik.), марьянник дубравный (*Melampyrum nemorosum* L.), малина обыкновенная (*Rubus idaeus* L.), мята луговая (*Mentha arvensis* L.), сныть обыкновенная (*Aegopodium podagraria* L.), хвощ полевой (*Equisetum arvense* L.), земляника лесная (*Fragaria vesca* L.), кислица обыкновенная (*Oxalis acetosella* L.), иван-чай узколистый (*Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop.). Для исследований были собраны листья и стебли растений в период с конца июня по начало июля 2018 г.

Фенольные соединения и дубильные вещества экстрагировали из растительного сырья дистиллированной водой при температуре 60 °С в течение 15 мин. Экстракты фильтровали, фильтрат использовали для анализа. Суммарное содержание фенольных соединений определяли по методу Фо-

лина – Чокальтеу согласно [8] с некоторыми модификациями. Для проведения реакции 100 мкл раствора галловой кислоты (стандарт) или растительного экстракта смешивали с 300 мкл 0,2 М раствора Фолина – Чокальте и инкубировали в течение 10 мин при комнатной температуре в темноте. Далее к смеси добавляли 6 мл раствора карбоната натрия с концентрацией 6,75% и выдерживали еще 20 мин. Оптическое поглощение измеряли при 765 нм (спектрофотометр UV-3600, Shimadzu, Япония). Дубильные вещества определяли по методу берлинской лазури [9]. К 25 мл дистиллированной воды добавляли 250 мкл растительного экстракта, 3 мл 0,5М FeCl₃ в 0,1N HCl и 3 мл 0,008 М K₃Fe(CN)₆. Оптическое поглощение измеряли через 10–15 мин при 720 нм (спектрофотометр UV-3600, Shimadzu, Япония). Для построения калибровочного графика использовали растворы галловой кислоты различной концентрации. Суммарное содержание фенольных соединений и дубильных веществ выражали в мг эквивалента галловой кислоты на грамм сухой массы.

Полученные данные обработаны статистически с использованием программы Statistica ver. 12 (Statsoft Inc, США). На

графиках представлены средние значения с указанием стандартного отклонения ($n = 5$). Схожесть изучаемых видов растений в аккумуляции фенольных соединений и дубильных веществ оценивали с использованием кластерного анализа по методу Варда. Корреляционный анализ проводился по критерию Пирсона.

Результаты исследования и их обсуждение

В ходе работы исследовалось суммарное содержание фенольных соединений в 19 видах растений, которые согласно литературным данным обладают фармацевтической активностью. Результаты анализа представлены на рис. 1.

Как видно из представленных на рисунке данных, максимальным суммарным содержанием фенольных соединений отличались такие виды, как иван-чай, земляника, малина, мята полевая. Уровень фенольных соединений в них составлял от 18,5 до 27,4 мг/г. Минимальное содержание данного класса биологически активных соединений было выявлено в хвоще полевом, сныти обыкновенной, марьяннике дубравном (4,2–4,8 мг/г).

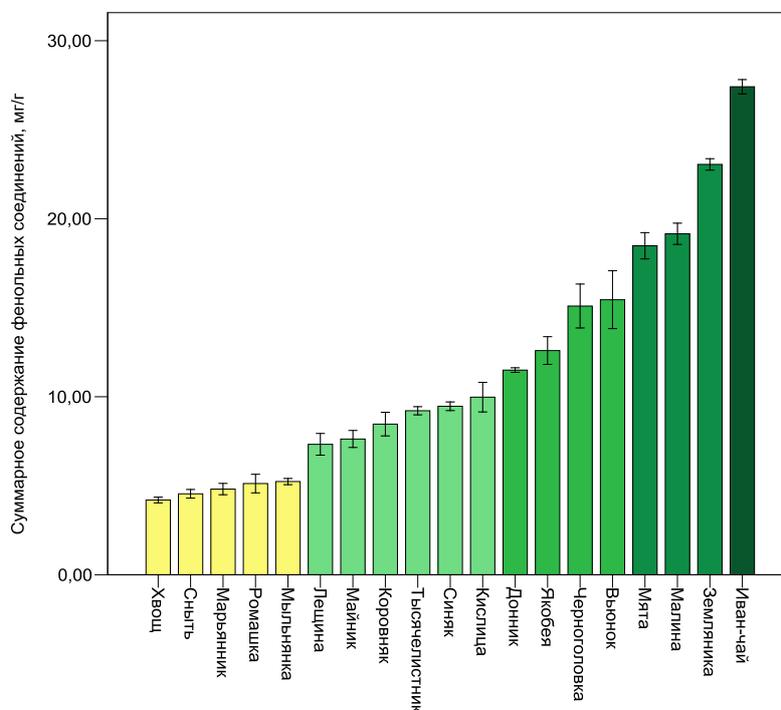


Рис. 1. Суммарное содержание фенольных соединений в лекарственных растениях природного парка «Виштынецкий»

В растениях также оценивалось содержание дубильных веществ. Результаты представлены на рис. 2. Максимальным содержанием данных биологически активных веществ отличались растения иван-чая, малины и зем-

ляники. Уровень дубильных веществ в них составлял от 14,7 до 23,1 мг/г. Минимальное содержание было установлено в сныти обыкновенной, мыльнянке лекарственной и марьяннике дубравном (1,3–1,8 мг/г).

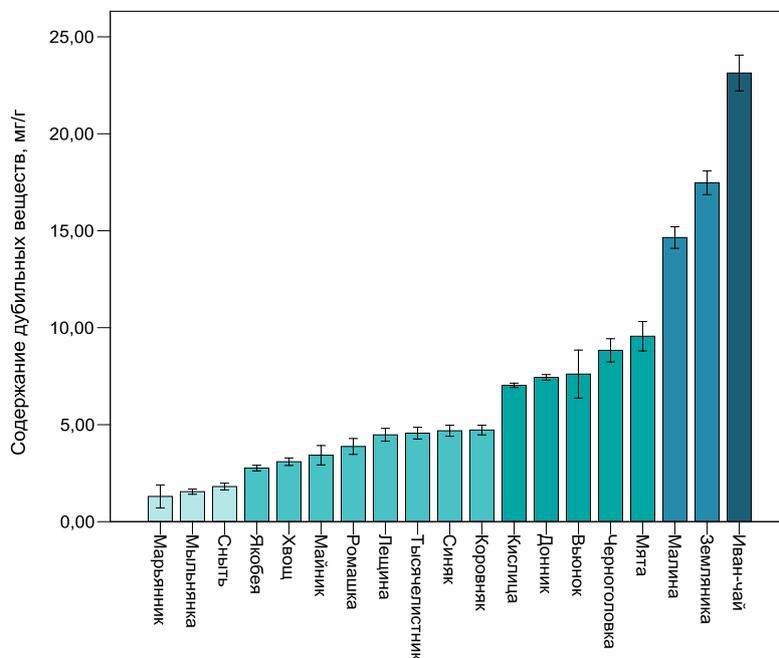


Рис. 2. Содержание дубильных веществ в лекарственных растениях природного парка «Виштынецкий»

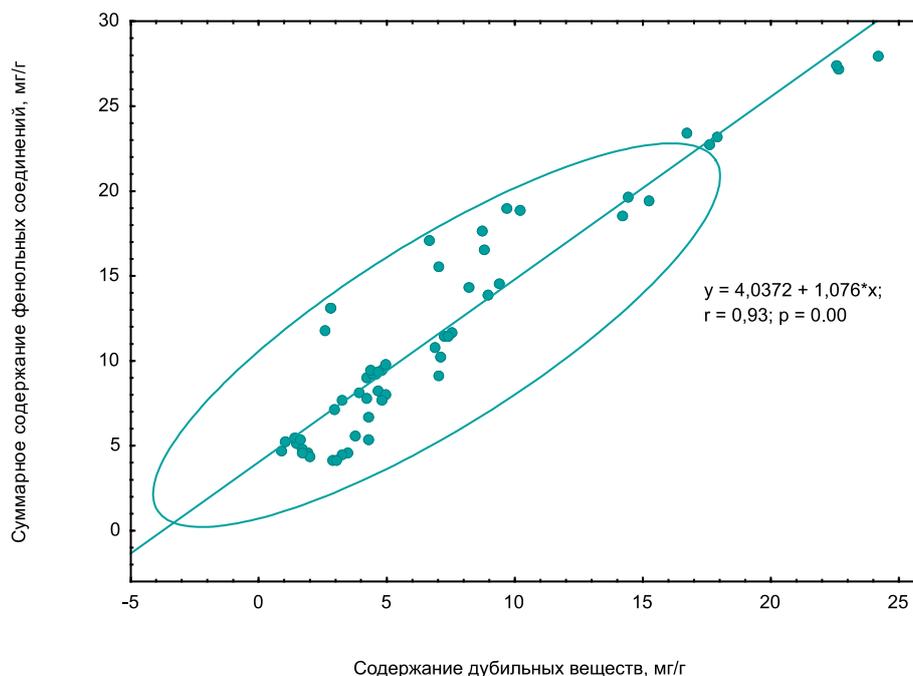


Рис. 3. Диаграмма рассеяния суммарного содержания фенольных соединений в зависимости от уровня дубильных веществ в растениях

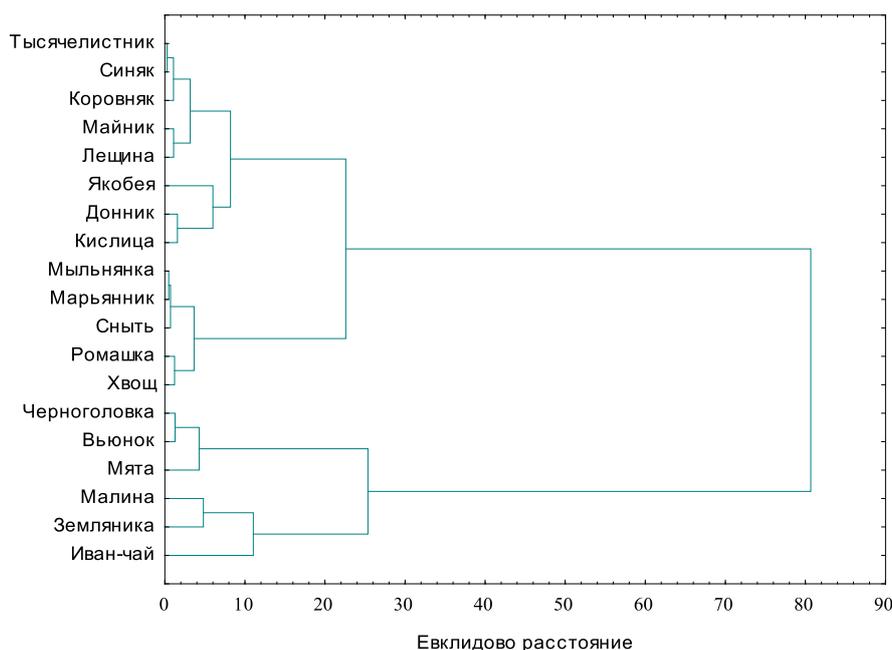


Рис. 4. Классификация растений на основе кластерного анализа по методу Варда по содержанию в них суммы фенольных соединений и дубильных веществ

Корреляционный анализ показал наличие прямой связи между суммарным содержанием фенольных соединений и дубильных веществ в исследованных растениях (рис. 3). Коэффициент корреляции составил 0,93 ($p < 0,05$). Наличие положительной корреляции сильной степени силы свидетельствует о сопряженном биосинтезе и аккумуляции данных классов соединений.

По результатам определения суммарного содержания фенольных соединений и дубильных веществ в 19 видах лекарственных растений, произрастающих на территории природного парка «Виштынецкий», был проведен кластерный анализ, результаты которого представлены в форме дендрограммы на рис. 4. Исследованные виды растений по их способности аккумулировать данные классы биологически активных компонентов можно разделить на 4 группы. В первую группу вошли такие виды растений как иван-чай, малина обыкновенная и земляника лесная. Растения данного класса отличались максимальным уровнем фенольных соединений и дубильных веществ. Во вторую группу вошли мята луговая, вьюнок полевой, черноголовка обыкновенная. Данные виды растений характеризовались относительно высоким уровнем суммы фенольных соединений и дубильных веществ.

Третью группу составили следующие виды растений: кислица обыкновенная, донник белый, якобея обыкновенная, лещина обыкновенная, майник двулистный, коровняк черный, синяк обыкновенный и тысячелистник обыкновенный, которые отличались средним уровнем исследуемых биологически активных веществ. Хвощ полевой, ромашка аптечная, сныть обыкновенная, марьянник дубравный и мыльнянка лекарственная объединились в четвертый кластер. Для данных растений не было характерно накопление ни дубильных веществ, ни фенольных соединений в целом.

Оценка суммарного содержания фенольных соединений и дубильных веществ в лекарственных дикорастущих растениях на территории Калининградской области проводилась впервые. Представленные ранее в ряде работ исследования антиоксидантов, в том числе фенольного типа, в лекарственных растениях Калининградского региона были посвящены изучению растений Ботанического сада БФУ им. И. Канта [10, 11]. При этом качественный и количественный состав биологически активных компонентов растений зависит от условий местообитания и географического места произрастания. Кроме того, многие лекарственные растения Ботанического сада являются

нехарактерными для северо-западного региона России и не имеют широкого распространения на территории области, а следовательно, не могут рассматриваться как возобновляемый источник биологически активных компонентов. Полученные в нашей работе результаты позволили выделить такие виды растений, как иван-чай, земляника, малина, как наиболее перспективные в целях получения на их основе продуктов функционального назначения с повышенным содержанием фенольных соединений и дубильных веществ. Особенно необходимо отметить иван-чай, содержание фенольных соединений и дубильных веществ в котором было максимальным. Ранее было показано, что состав фенольных соединений в листьях иван-чая очень разнообразен и включает простые фенолы (эллаговую и галловую кислоты), фенилпропаноиды, кумарины, флавоноиды (ауроной группы: миквелианин – производное кверцетина, афцелин и кемпферол-3-О-глюкуронид – производные кемпферола, мирицитрин и др.), а также танины [12].

Заключение

Таким образом, в ходе исследования 19 видов лекарственных растений, произрастающих на территории природного парка «Виштынецкий», было показано, что максимальным содержанием дубильных веществ и суммы фенольных соединений отличались растения иван-чая узколистного. С учетом широкого распространения данного вида на территории Калининградской области его можно рекомендовать в качестве источника получения биологически активных веществ фенольного типа и как сырье при производстве функциональных продуктов питания.

Список литературы / References

1. Берникова Т.А., Нагорная Н.Н., Цупикова Н.А. Возможность оценки трофического статуса водоема по величине перманганатной окисляемости (на примере озера Виштынецкого Калининградской области) // Вестник РУДН. Серия: экология и безопасность жизнедеятельности. 2013. № 3. С. 12–22.
2. Bernikova T.A., Nagornova N.N., Tsoupikova N.A. Possibility to estimate trophic status of water body according to its permanganate oxidation value (by the example of the Vishtynetskoje lake, Kaliningrad region) // RUDN Journal of Ecology and Life Safety. 2013. № 3. P. 12–22 (in Russian).
3. Wijesekera R.O.B. The medicinal plant industry. N.Y.: Routledge, 2017. 280 p.
4. Maqsood S., Benjakul S., Abushelaibi A., Alam A. Phenolic compounds and plant phenolic extracts as natural antioxidants in prevention of lipid oxidation in seafood: a detailed review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2014. Vol. 13. № 6. P. 1125–1140.
5. Costa D.C., Costa H.S., Albuquerque T.G., Ramos F., Castilho M.C., Sanches-Silva A. Advances in phenolic compounds analysis of aromatic plants and their potential applications. *Trends in Food Science & Technology*. 2015. Vol. 45. № 2. P. 336–354. DOI: 10.1016/j.tifs.2015.06.009.
6. Carocho M., Barreiro M.F., Morales P., Ferreira I.C.F.R. Adding molecules to food, pros and cons: a review on synthetic and natural food additives. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2014. Vol. 13. P. 377–399. DOI: 10.1111/1541-4337.12065.
7. Ropiak H.M., Ramsay A., Mueller-Harvey I. Condensed tannins in extracts from European medicinal plants and herbal products. *Journal of pharmaceutical and biomedical analysis*. 2016. Vol. 121. P. 225–231.
8. Гриценко А.И., Губанова Л.Б., Попова О.И. Применение различных методов при определении дубильных веществ в листьях скумпии кожевенной (*Cotinus coggygria* Scop.) // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1–1 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=18495> (дата обращения: 27.12.2018).
9. Gritsenko A.I., Gubanova L.B., Popova O.I. Application of various methods with determining tannins in leaves of a skumpiya tanning (*Cotinus coggygria* Scop.) // Modern problems of science and education. 2015. № 1–1 [Electronic resource]. URL: <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=18495> (date of access: 27.12.2018) (in Russian).
10. Денисенко Т.А., Вишник А.Б., Цыганок Л.П. Спектрофотометрическое определение суммы фенольных соединений в растительных объектах с использованием хлорида алюминия, 18-молибдодифосфата и реактива Фолина –Чокальтеу // Аналитика и контроль. 2015. Т. 19. № 4. С. 373–380. DOI: 10.15826/analitika.2015.19.4.012.
11. Denisenko T.A., Vishnikin A.B., Tsiganok L.P. Spectrophotometric determination of sum of phenolic compounds in plants using aluminum chloride, 18-molybdo-diphosphate and Folin – Ciocalteu reagents // *Analitika i kontrol'*. 2015. Vol. 19. № 4. P. 373–380 (in Russian).
12. Gupta C., Verma R. Visual estimation and spectrophotometric determination of tannin content and antioxidant activity of three common vegetable // *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*. 2010. Vol. 2. № 1. P. 175–182. DOI: 10.13040/IJPSR.0975-8232.2(1).175-82.
13. Масленников П.В., Чупахина Г.Н., Скрыпник Л.Н., Мальцева Е.Ю., Полтавская Р.Л. Содержание низкомолекулярных антиоксидантов в лекарственных растениях Калининградской области // Химия растительного сырья. 2012. № 3. С. 127–133.
14. Maslennikov P.V., Chupakhina G.N., Skrypnik L.N., Maltseva E.J., Poltavskaya R.L. The content of low-molecular antioxidants in medicinal plants of the Kaliningrad region // *Khimija Rastitel'nogo Syr'ja*. 2012. № 3. P. 17–23 (in Russian).
15. Maslennikov P.V., Chupakhina G.N., Skrypnik L.N. The content of phenolic compounds in medicinal plants of a botanical garden (Kaliningrad oblast). *Biology Bulletin*. 2012. Vol. 41. № 2. P. 133–138. DOI: 10.1134/S1062359013050105.
16. Полуконова Н.В., Байтман Т.Н., Полуконова А.В., Наволокин Н.А., Аврамец О.А., Прилепский А.Ю., Гелевера Н.И., Бучарская А.Б. Исследование активности флавоноидсодержащего экстракта Кипрея узколистного (*Chamerion angustifolium*) в экспериментах *in vitro* и *in vivo* // Бюллетень Ботанического сада Саратовского государственного университета. 2017. Т. 15. № 4. С. 3–15. DOI: 10.18500/1682-1637-2017-15-4-3-15.
17. Polukonova N.V., Baitman T.N., Polukonova A.V., Navolokin N.A., Avramets O. A., Prilepsky A. Yu., Gelevera N.I., Bucharskaya A.B. Investigation of the activity of the flavonoid-containing *Chamerion angustifolium* extract in the experiments *in vitro* and *in vivo* // *Bulletin of Botanic Garden of Saratov State University*. 2017. Vol. 15. № 4. P. 3–15 (in Russian).

УДК 633.15:631.524.6

СОЗДАНИЕ И ОЦЕНКА НОВЫХ ИСТОЧНИКОВ АМИЛОПЕКТИНОВОГО КРАХМАЛА НА ОСНОВЕ ЛИНИЙ ВОСКОВИДНОЙ КУКУРУЗЫ (ZEA MAYS CERATINA) ИЗ КОЛЛЕКЦИИ ВИР

¹Хатефов Э.Б., ²Аппаев С.П., ²Коцева А.Р.

¹ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Всероссийский научно-исследовательский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова», Санкт-Петербург, e-mail: haed1967@rambler.ru;

²Институт сельского хозяйства – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр» Кабардино-Балкарский научный центр Российской Академии наук», Нальчик, e-mail: kbniish2007@yandex.ru

Сырьевые источники крахмала в России обеспечены на 80% зерном кукурузы. Крахмал кукурузы на 75–80% состоит из амилопектина и на 20–25% из амилозы. Амилопектин имеет разветвленную молекулу полимерной цепи, амилоза имеет линейную структуру. Гомозиготное состояние аллелей генов *wx* у восковидной кукурузы обеспечивает накопление в зерновке только амилопектина. В эндосперме восковидной кукурузы содержание амилопектина достигает 100%. В коллекции ВИР имеется около 100 образцов восковидной кукурузы с желтым и красным зерном, которые были включены в гибридизацию по диаллельной схеме. К сожалению, генетический полиморфизм этих линий недостаточно широк, и все они восходят своей родословной к источникам из стран Юго-Восточной Азии. Несмотря на близость происхождения, некоторые экспериментальные гибриды показали высокий полиморфизм количественных и качественных признаков. В результате анализа данных значений урожая зерна, сбора крахмала с 1 га, содержания амилопектина, протеина и жира выделены перспективные высокоурожайные гибридные комбинации со 100% содержанием амилопектина в зерне. Часть гибридов сочетают в себе высокий урожай зерна и высокое содержание в зерне жира и протеина. Эти гибридные комбинации характеризуются высокой рентабельностью за счет получения побочной продукции с высокой питательной ценностью при переработке зерна на крахмал. Внедрение в производство экспериментальных гибридов восковидной кукурузы обеспечит отечественные крахмальные предприятия дешевым сырьем для производства амилопектина и существенно ускорит процесс импортозамещения дорогостоящего амилопектина.

Ключевые слова: кукуруза, крахмал, амилопектин, амилоза, протеин, жир, ген *wx*, ген *ae*, общая и специфическая комбинационная способность, урожай зерна

SOURCES OF AMYLOPECTIN STARCH CREATED BASED ON LINES FROM THE COLLECTION OF CORN VIR

¹Khatefov E.B., ²Appaev S.P., ²Kotseva A.R.

¹Federal Research Center, N.I. Vavilov Research Institute of Plant Industry, St. Petersburg, e-mail: haed1967@rambler.ru;

²Institute of Agriculture – branch of the Federal Research Center «Federal Research Center» Kabardino-Balkar Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Nalchik, e-mail: kbniish2007@yandex.ru

Raw materials sources of starch in Russia are provided with 80% corn grain. The peculiarity of corn starch is that it consists of amylopectin by 75–80% and amylose by 20–25%. Amylopectin has a branched polymer chain molecule, while amylose has a linear structure. The homozygous state of the *wx* gene alleles in waxy maize ensures only amylopectin accumulates in the weevil. In the endosperm of waxy maize, the content of amylopectin reaches 100%. In the VIR collection there are about 100 samples of waxy maize with yellow and red grains, which were included in the diallel hybridization. Unfortunately, the genetic polymorphism of these lines is not wide enough and they all go back to their sources from the countries of South-East Asia. Despite the proximity of origin, some experimental hybrids showed high polymorphism of quantitative and qualitative traits. As a result of data analysis of grain yield, starch collection from 1 g, amylopectin content, protein and oil, promising high-yielding hybrid combinations with a grain yield potential of 5–7t/ha and 100% amylopectin content in grain were identified. Some hybrid combinations are characterized by a combination of a high grain yield with a high content of oil and protein in the grain. These hybrid combinations are characterized by high profitability due to obtaining by-products with high nutritional value during the processing of grain for starch. The introduction into production of experimental hybrids of waxy maize will provide domestic starch enterprises with cheap raw materials for the production of amylopectin and significantly speed up the process of import substitution of expensive amylopectin.

Keywords: maize, starch, amylopectin, amylose, protein, oil, *wx* gene, *ae* gene, general and specific combining ability, grain yield

В мировом земледелии кукуруза занимает третье место и возделывается в основном как зерновая культура на нужды животноводства и продовольствия. Зерно

кукурузы характеризуется высоким содержанием крахмала в зерне и может использоваться в том числе и как сырье для крахмальной промышленности. Так, с 2007 г.

более 50% всех продаж крахмала в мире приходилось на кукурузный крахмал, опережая продажи маниокового (тапиокового) крахмала, который занимает на мировом рынке чуть более 30% и картофельного крахмала, чья доля превышает 7% общемирового. В России производство крахмала в основном происходит за счет кукурузного зерна и составляет 80% [1–3]. При этом используются высокоурожайные гибриды кукурузы зубовидных или полузубовидных подвидов. Крахмал обычной кукурузы состоит примерно на 72% из амилопектина и на 28% из амилозы. Содержание амилозы контролируется рецессивными генами *ae*, а амилопектинового крахмала, который имеет разветвленную структуру полимерной цепи крахмала, генами *ix*. В генотипах кукурузы с гомозиготным состоянием генов *waхu* (*ixix*) при созревании зерновки формируется 100% амилопектина. Эта особенность восковидной кукурузы и характеризует ценность физико-химических качеств зерна и крахмала, а также то, что товаропроизводителям нет необходимости в проведении дополнительных технологических операций и финансовых затрат на разделение амилопектинового и амилозного крахмалов. Кроме того, гидролизированный оксигетилированный амилопектиновый крахмал, служит сырьем для получения противошокового кровезаменителя, предназначенного в качестве плазмозамещающего средства при травмах, ожогах, острой потере крови при операциях и в других случаях. Этот препарат может быть использован как плазмозаменитель в искусственной крови [4]. Мука из восковидной кукурузы используется в смесях для быстрого приготовления пудингов, производства клея и других промышленных продуктов, для которых требуется крахмал с разветвленной цепью. Амилопектиновый крахмал превосходит по своим качествам обычные крахмалы. Особенностью амилопектинового крахмала являются чистота и прозрачность клейстера, высокая вязкость и устойчивость при хранении. Он входит в состав пищевых продуктов, детского и лечебного питания, в качестве отличного загустителя и стабилизатора.

Отметим, что в настоящее время зерно восковидной кукурузы завозится из-за рубежа, поскольку отечественная селекция не создает гибридов восковидной кукурузы. В Государственном Реестре селекционных достижений, допущенных к использованию в 2017 г., нет отечественных

гибридов, которые могли бы обеспечить крахмальные заводы России высококачественным сырьем для производства амилопектина. Более того, генофонд восковидной кукурузы РФ, хранящийся в коллекции ВИР, насчитывает незначительное количество (около 100 образцов) восковидной кукурузы, которые представлены лишь местными сортами, полученными из стран Юго-Восточной Азии еще в середине прошлого столетия [5]. Зерно восковидной кукурузы чаще всего уступает по размеру зерну обычной кукурузы и гибриды и сорта менее урожайны, но по качеству и стоимости крахмала – значительно опережает их. В связи с вышеизложенным создание отечественных высокоурожайных гибридов восковидной кукурузы с повышенным содержанием амилопектинового крахмала в зерне актуально и является практически не разработанным, новым направлением отечественной селекции.

Цель исследований: оценка селекционной ценности линий восковидной кукурузы из коллекции ВИР в гибридных комбинациях для определения их ресурсного потенциала в производстве амилопектина.

Материалы и методы исследования

В качестве исходного материала для исследований служили 11 линий восковидной кукурузы коллекции ВИР, гомозиготных по гену *ix*. Агротехника заключалась в проведении осенней обработки почвы в виде лущения стерни озимой пшеницы в двух направлениях, внесения удобрений ($N_{170}P_{170}K_{120}$ кг д.в. на 1 га), вспашки на глубину 25–27 см с последующим ее дискованием. Весной до всходов кукурузы внесен почвенный гербицид Мерлин в дозе 0,13 кг/га. Посев проводили вручную с шириной междурядий 0,7 м. Густоту стояния формировали в фазе 4–5 листьев из расчета 60 тыс. раст/га. Гибридизацию проводили по диаллельной схеме. Полученные гибриды испытывали по типу контрольного питомника в трехкратной повторности на двухрядковых делянках площадью 7,84 м². Гибриды были разделены на блоки по 17–19 номеров. Внутри блоков номера размещали рендомизированно. В качестве стандарта был использован среднеспелый гибрид РИК 340 МВ (ФАО 350), который был наиболее близок по группе спелости к испытанным экспериментальным гибридам восковидной кукурузы.

Фенологические наблюдения, измерения и учеты проводили по Методическим

указаниям ВИР «Изучение и поддержание образцов коллекции кукурузы» [6]. Химические анализы проводились общепринятыми методами с использованием «Методических рекомендаций по оценке качества зерна» [7]. Изучение поражаемости растений вредителями и болезнями проводили на естественном фоне, без применения искусственного заражения. Дисперсионный анализ проведен по методике Б.А. Доспехова [8].

Результаты исследования и их обсуждение

Коллекция линий восковидной кукурузы ВИР насчитывает не более 100 образцов из которых были выделены 11 образцов гомозиготных по гену *wx* и характеризующихся высоким содержанием каротино-

идов белка и масла в зерне (рис. 1), эректоидным расположением листьев на стебле и склонностью к многопочатковости (рис. 2), высокой комбинационной способностью (рис. 3). В первую очередь для селекционера важно проводить тщательный подбор гибридов, гомозиготных по генам *wx*, возделывание этих гибридов и их родительских форм в условиях пространственной изоляции от источников доминантных генов *Wx*, а также включение в геном восковидной кукурузы источников высокого содержания белка и масла с учетом повышенного содержания в них незаменимых аминокислот и жирных кислот соответственно. В комплексе все эти компоненты влияют как на выход амилопектина, так и на качество побочной продукции в виде кормовых добавок [9].



Рис. 1. Поперечные срезы початков восковидной кукурузы с высоким содержанием белка, масла и каротиноидов в зерне



Рис. 2. Линии восковидной кукурузы с эректоидным расположением листьев на стебле и склонностью к многопочатковости

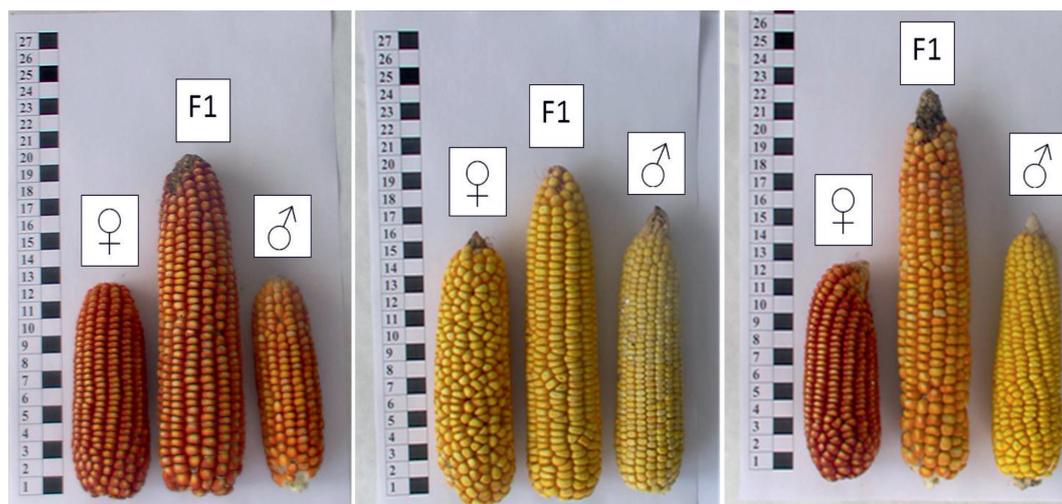


Рис. 3. Початки родительских линий восковидной кукурузы и их гибридов

Таблица 1

Значения урожая зерна и сбор крахмала в гибридах восковидной кукурузы, выделившихся по годам исследований, 2007–2009 гг.

№	Гибридная комбинация	Урожай зерна, т/га	Сбор амилопектина с урожаем зерна, т/га		Амилоза, (содержание) %
			фактически	прибавка	
1	РИК 340 МВ st	9,22	6,29	–	25,0
2	(90-4×90-1)	10,45	7,15	0,86	0,0
3	(90-4×90-6)	11,66	7,81	1,52	0,0
4	(90-5×9014)	10,40	7,12	0,83	0,0
5	(90-8×90-2)	11,11	7,31	1,02	0,0
6	(320×9019)	11,47	7,51	1,22	0,0
	НСР _{0,05}	0,78	0,41		

В результате изучения экспериментальных гибридов восковидной кукурузы были выделены 13 лучших комбинаций, которые превышали либо приближались по урожаю зерна и сбору крахмала с 1 га к соответствующим значениям у стандарта. При этом учитывалось и качество зерна по содержанию белка и масла. Значения урожая зерна 13 лучших гибридов, превысивших стандарт (9,22 т/га), позволили сделать выборку 5 гибридных комбинаций по признаку «сбор крахмала с урожаем зерна, т/га» (табл. 1), который варьирует от 7,12 до 7,81 т/га при его значении для стандарта 6,29 т/га. Варьирование отклонений от стандарта находится в пределах +0,83 до +1,52 т/га.

При производстве амилопектина из зерна обычной кукурузы разделение фракций двух крахмалов (амилопектина и амилозы) представляет собой достаточно трудоемкий

и энергозатратный процесс, за счет чего снижается рентабельность и повышается себестоимость готового продукта. В производстве амилопектина из зерна восковидной кукурузы эта технологическая деталь отсутствует вследствие ее 100% содержания в зерне [10], т.е. высокое содержание амилопектина в крахмале восковидной кукурузы является одним из главных ее преимуществ по сравнению с другими подвидами кукурузы. Основным условием для сохранения гомозиготности рецессивного гена *wx* и чистоты конечного является создание условий соблюдения пространственной изоляции посевов восковидной кукурузы от источников доминантных генов *Wx* в период цветения. Следует отметить, что существенным недостатком некоторых образцов коллекции восковидной кукурузы ВИР, который значительно снижает показатели

урожая зерна в гибридах, является мелкосемянность. Многие гибридные комбинации, в геноме которых имеется сочетание генов их с генами высокого содержания лизина и триптофана (гены *fl2* и *o2*), при высоких значениях питательности и количества крахмала уступали стандартным значениям по урожаю зерна с 1 га из-за низкого значения веса 1000 зерен, поэтому они не вошли в выборку лучших гибридов. Такие зерновки отличались и повышенной восприимчивостью к фузариозу.

При производстве крахмала из зерна кукурузы важное экономическое значение имеет качество побочных продуктов в виде зародыша зерновки и воды после замачивания зерна. Основным показателем качества зародыша, как побочного продукта после выделения крахмала, является содержание в нем протеина и жира. Из побочной продукции производители крахмала извлекают дополнительную прибыль в виде кормовых добавок, поэтому высокая питательность зерна восковидной кукурузы имеет немаловажное значение. Анализ биохимического состава зерна экспериментальных гибридов восковидной кукурузы выявил три гибридные комбинации (9015×9011; 90-4×90-7; 320×90-7) которые показали высокое содержание масла и одну комбинацию (9015×9011) с высоким содержанием протеина в зерне (табл. 2).

Селекционная ценность изученных в опыте экспериментальных гибридных комбинаций восковидной кукурузы показала, что значение содержания протеина в зерне между 6 и 7% характерно для 30 гибридных комбинаций, тогда как значения сбора с 1 га – в пределах от 0,6 до 0,7 т/га для 25 гибридов. Значения содержания жира в зерне изученных гибридов варьировало между 5 и 6% и для 31 гибридной

комбинации. По сбору масла с 1 га было выделено 25 гибридных комбинаций, которые показали значения от 0,4 до 0,5 т/га. Эти значения показывают эффективность использования зерна восковидной кукурузы не только для получения амилопектина, но и побочной продукции в виде кукурузного протеина и жира.

Заключение

Результаты исследования экспериментальных гибридных комбинаций восковидной кукурузы, созданных на основе коллекции ВИР, показали ее селекционную ценность. Значение урожая зерна гибрида (90-4×90-1) составляло 10,45 т/га, при 100% содержании амилопектина в зерне, а максимальный сбор амилопектина 6,01 т/га показал гибрид (9015×9011). Для экспериментальных гибридов (9015×9011; 90-4×90-7; 320×90-7) характерны высокое содержание амилопектина и высокое содержание жира (5,8%) и протеина (8,3%) в зерне. Внедрение в производство гибридов с такими характеристиками позволит значительно повысить рентабельность производства крахмала за счет реализации побочной продукции. При этом снижается себестоимость сырья, используемого в крахмалопаточном производстве, что существенно снижает себестоимость конечной продукции. Решение проблемы источника сырья для производства амилопектина обеспечит производство ряда товаров в медицине, пищевой и химической промышленности, концентрированных кормов. Создание и внедрение в производство гибридов восковидной кукурузы с высоким содержанием протеина и жира в зерне, которые значительно превосходят по питательности и энергетической ценности другие источники кормов, позволит повысить рентабельность также и животноводства.

Таблица 2

Селекционная ценность гибридов восковидной кукурузы, выделившихся по биохимическому составу зерна за годы исследований, 2007–2009 гг.

№ п/п	Гибридная комбинация	Урожай зерна, т/га	Содержание в зерне					
			Крахмал		Протеин		Жир	
			%	т/га	%	т/га	%	т/га
1	РИК 340 MB st	9,22	68,2	6,29	7,7	0,71	5,29	0,49
2	(90-4×90-1)	10,45	68,4	7,15	6,8	0,71	5,15	0,54
3	(90-4×90-7)	9,62	68,1	6,55	6,2	0,60	5,80	0,56
4	(90-5×9014)	10,40	68,5	7,12	6,6	0,69	5,25	0,55
5	(9015×9011)	9,15	68,1	6,23	8,3	0,76	6,01	0,55
6	(320×90-7)	10,35	65,1	6,74	7,7	0,80	5,80	0,60
	HCP _{0,05}	1,2		0,7		0,05		0,11

Работа выполнена в рамках государственного задания ВИР (№ 0662-2018-0005, № 0662-2018-0010, № 0662-2018-0013).

Список литературы / References

1. Шорохов В.В. Селекция и хозяйственное использование восковидной кукурузы в Кабардино-Балкарии. Нальчик: Ч.П. Полиграфия, 2009. 92 с.
Shorokhov V.V. Selection and economic use of waxy maize in Kabardino-Balkaria. Nalchik: Ch.P. Polygraphy, 2009. 92 p. (in Russian).
2. Коптелова Е.К., Лукин Н.Д., Третьяков Ю.И. О крахмале из восковидной кукурузы // Пищевая промышленность. 2012. № 4. С. 56–58.
Koptelova E.K., Lukin N.D., Tretyakov Y.I. Starch Obtained from Waxy Corn // Food Industry. 2012. № 4. P. 56–58 (in Russian).
3. Жужукин В.И., Гудова Л.А. Интродукция восковидной и крахмалистой кукурузы в Нижнем Поволжье // Бюллетень Ботанического сада Саратовского государственного университета. 2009. № 8. С. 264–268.
Zuzukin V.I. Gudova L.A. Introduction waxy and starchy corn in the Lower Volga region // The Bulletin of the Botanical garden of the Saratov state University. 2009. № 8. P. 264–268 (in Russian).
4. Жушман А.И. Модифицированные крахмалы. М.: Пищепромиздат, 2007. 236 с.
Zhushman A.I. Modified starches. M.: Pishchepromizdat, 2007. 236 p. (in Russian).
5. Хатефов Э.Б., Шорохов В.В. Анализ химического состава зерна новых гибридов восковидной кукурузы селекции КБНИИСХ // Материалы научно-практической конференции, посвященной 20-летию ГНУ ВНИИ кукурузы. Под ред. акад. В.С. Согченко. ВНИИК. Пятигорск, 2009. С. 164–169.
Khatefov E.B., Shorokhov V.V. Analysis of the chemical composition of grain new hybrids of waxy maize breeding KBNIIH // Materials of the scientific and practical conference dedicated to the 20th anniversary of the GNU All-Russian Scientific Research Institute of Maize. Ed. Acad. V. Sochenko. VNIIC. Pyatigorsk, 2009. P. 164–169 (in Russian).
6. Методические указания ВИР «Изучение и поддержание образцов коллекции кукурузы». Ленинград, 1985. 48 с.
Methodological guidelines VIR «Study and maintenance of samples of the collection of corn». Leningrad, 1985. 48 p. (in Russian).
7. Методические рекомендации по оценке качества зерна. М.: Тип. ВАСХНИЛ, 1977. 171 с.
Methodological guidelines for assessing the quality of grain. M.: Type. VASHNIL, 1977. 171 p. (in Russian).
8. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
Armor B.A. Field experience. M.: Agropromizdat, 1985. 351 p. (in Russian).
9. Сарбашева А.И., Хатефов Э.Б., Шорохов В.В. Анализ химического состава зерна новых среднеспелых гибридов кукурузы // Генетика, селекция и технология возделывания кукурузы: Материалы международной научно-практической конференции «Золотое наследие академика ВАСХНИЛ М.И. Хаджинова». КНИИСХ им. П.П. Лукьяненко. КНИИСХ им. П.П. Лукьяненко. Краснодар, 2009. С. 65–71.
Sarbasheva A.I., Khatefov E.B., Shorokhov V.V. Analysis of the chemical composition of grain of new mid-ripening corn hybrids // Genetics, selection and technology of cultivation of corn: Proceedings of the international scientific-practical conference «Golden heritage of academician VASHNIL M.I. Hadzhinova». KNIICH them. P.P. Lukyanenko. KNIICH them. P.P. Lukyanenko. Krasnodar, 2009. P. 65–71 (in Russian).
10. Шорохов В.В. Морфобиологические признаки и селекционная ценность восковидной кукурузы в Кабардино-Балкарии: дис. ... канд. с/х. наук. Краснодар, 2011. 25 с.
Shorokhov V.V. Morphological characteristics and breeding value of waxy corn in Kabardino-Balkaria: dis. ... kand. sel'skhoz. nauk. Krasnodar, 2011. 25 p. (in Russian).

УДК 631.527:633.2(470.325)

ГЕНЕТИЧЕСКАЯ КОЛЛЕКЦИЯ МНОГОЛЕТНИХ БОБОВЫХ ТРАВ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ: ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ, ПУТИ МОБИЛИЗАЦИИ И СЕЛЕКЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ

Чернявских В.И., Думачева Е.В.

ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет»,
Белгород, e-mail: cherniavskih@mail.ru

На базе природно-ландшафтного комплекса «Ботанический сад НИУ БелГУ» создана генетическая биоресурсная коллекция многолетних бобовых трав. Целью создания коллекции является изучение полиморфизма проявления отдельных хозяйственно полезных признаков; оценка границ их изменчивости; выделение генетических доноров для использования в селекционной работе с многолетними бобовыми травами, в первую очередь с люцерной изменчивой и клевером посевным. Изучение проводится как на уровне одного растения, так и популяций. Выбран путь создания генетических биоресурсных коллекций бобовых трав *ex situ*: выращивание растений на определенных полевых участках; сохранение коллекционных образцов в виде генетических банков семян. С использованием исходных форм коллекций ведется адаптивная селекция многолетних бобовых трав на высокую кормовую и семенную продуктивность. Пополнение коллекционного фонда идет за счет сбора местных форм с высокой степенью устойчивости к биотическим и абиотическим стрессам, ценным биохимическим составом, а также привлечением лучших мировых достижений современной селекции. Для полноценного использования и сохранения генетического разнообразия растительных ресурсов региона проведена большая работа по формированию коллекционного фонда хозяйственно ценных родов бобовых трав, разработаны дескрипторы генетических коллекций люцерны изменчивой (более 600 номеров) и клевера ползучего (более 150 номеров). На базе генетической биоресурсной коллекции бобовых трав НИУ БелГУ созданы условия для быстрого поиска необходимого для селекционной работы исходного генетического материала, контроль за поддержанием образцов в живом виде или в виде банка семян. Выделены гендоноры отдельных признаков, с использованием которых получены новые сорта люцерны изменчивой (Краснояружская 1, Краснояружская 2, Алексеевская 1 и Глория) и клевера ползучего (Краснояружский и Илэк).

Ключевые слова: генетическая коллекция, биологические ресурсы, селекция, генетические доноры, люцерна изменчивая, клевер ползучий, новые сорта

GENETIC COLLECTION OF LONG-TERM BODY GRASSES OF THE BELGOROD REGION: FORMATION STAGES, MOBILIZATION WAYS AND SELECTION POTENTIAL

Chernyavskikh V.I., Dumacheva E.V.

Belgorod State National Research University, Belgorod, e-mail: cherniavskih@mail.ru

On the basis of the Botanical Garden NRU «BelSU» created a genetic bioresource collection of perennial leguminous herbs. The purpose of the collection is to study the polymorphism of the manifestation of individual economically useful traits; assessment of the boundaries of their variability; selection of genetic donors for use in breeding work with perennial leguminous herbs, primarily with *Medicago varia* and white clover. The study is conducted at the level of a single plant, and populations. The chosen path is the creation of genetic bioresource collections of legume herbs *ex situ*: growing plants in certain field sites; saving collection samples in the form of genetic seed banks. Using the original forms of collections, adaptive selection of perennial leguminous grasses for high feed and seed productivity is conducted. The collection fund is replenished by collecting local forms with a high degree of resistance to biotic and abiotic stresses, valuable biochemical composition, as well as attracting the world's best achievements of modern breeding. In order to fully utilize and preserve the genetic diversity of plant resources in the region, a great deal of work has been done to form a collection fund of economically valuable legume species, and descriptors of *Medicago varia* (more than 600 numbers) and clover (more than 150 numbers) have been developed. On the basis of the genetic bioresource collection of legumes, BelorSU National Research University has created conditions for quickly finding the source of genetic material necessary for the breeding work, monitoring the maintenance of samples in a living form or in the form of a seed bank. Gen donors of individual traits were identified, with the use of which new varieties of alfalfa were obtained (Krasnoyaruskaya 1, Krasnoyaruskaya 2, Alekseevskaya 1 and Gloria) and red clover (Krasnoyaruskaya and Ilek).

Keywords: genetic collection, biological resources, breeding, genetic donors, *Medicago varia*, white clover, new varieties

Нехватка природных ресурсов, которая начинает все острее осознаваться человечеством, приводит ученых к пересмотру парадигмы развития и использования растительных генетических ресурсов. В важном деле сохранения генетических ресурсов растений главная роль, по мне-

нию ведущих исследователей, принадлежит генетическим коллекциям [1, 2]. Основателем этого важного направления является академик Н.И. Вавилов, положивший начало крупнейшей коллекции растительных генетических ресурсов Российской Федерации [3].

Генетические ресурсы растений представляют собой определенную долю биоресурсов, которые содержат часть наследственного материала и непосредственно или опосредованно важны для селекционного процесса. Они сохраняют уникальное эколого-генетическое и географическое разнообразие представителей различных таксономических групп, являются резерватами признаков адаптации к неблагоприятным условиям внешней среды для селекционеров-практиков, а также могут быть использованы для организации учебного процесса в системе практико-ориентированного обучения. Важным документом, призванным помочь в организации и сохранении коллекций, является «Положение о российских коллекциях генетических ресурсов культурных растений и их диких родичей (сородичей)» [4].

В мировой практике для идентификации генресурсов применяется ботаническая систематизация; анализ систем размножения; генно-маркерный анализ; идентификация адаптивных стратегий; выявление разнообразных цитогенетических признаков (моносомных и трисомных серий, полиплоидные и анеуплоидные формы), цитоплазматические структуры и др. Для создания генетических биоресурсных коллекций достаточно широко используются методы *ex situ*:

1) выращивание растений на определенных полевых участках – создание так называемой «живых коллекций» или «полевых банков», в том числе клоновых посадок различных культур;

2) сохранение коллекционных образцов в виде генетических банков семян [5, 6].

Сохранение генофондов коллекций в виде семян в обычных помещениях – способ, хорошо известный и апробированный в течение многих лет ведущими исследовательскими центрами (ВИРОм и др.). Обязательным условием при этом является периодический пересев коллекций. Существует как опасность потери семенами всхожести, так и возможность появления точковых мутаций и хромосомных перестроек, даже в период глубокого покоя [6].

При создании генетической коллекции многолетних бобовых трав на базе природно-ландшафтного комплекса «Ботанический сад НИУ БелГУ» была поставлена цель: создать коллекционный фонд как основу для изучения биоразнообразия, полиморфизма, оценки границ изменчивости отдельных хозяйственно полезных признаков, выделения генетических доноров для использования в селекционной работе

с многолетними бобовыми травами, в первую очередь с люцерной изменчивой и клевером посевным.

Материалы и методы исследования

На базе кафедры биологии и природно-ландшафтного комплекса «Ботанический сад НИУ БелГУ» созданы генетические коллекции бобовых трав – видов, сортообразцов, экотипов и форм, как культурных, так и дикорастущих представителей родов *Medicago*, *Trifolium*. Изучение проводится как на уровне одного растения, так и популяций. Коллективом ученых кафедры биологии и природно-ландшафтного комплекса «Ботанический сад НИУ БелГУ» был выбран путь создания генетических биоресурсных коллекций бобовых трав *ex situ*. Исследования ведутся в соответствии с «Методическими указаниями по изучению коллекции многолетних кормовых трав» и другими общепринятыми методиками [7]. Коллекционный фонд служит основой для выделения исходных форм и адаптивной селекции многолетних бобовых трав на высокую кормовую и семенную продуктивность [8, 9].

Результаты исследования и их обсуждение

В мировой флоре к семейству бобовые относится более 12 тыс. видов, из которых около 1850 произрастают на территории России. В культуру же введено лишь 24 вида. Во флористическом списке Белгородской области бобовые входят в первую пятерку по количеству видов. В овражно-балочных комплексах юга Среднерусской возвышенности идентифицированы 16 хозяйственно полезных видов семейства *Fabaceae*. Было проведено изучение общего габитуса, длительности жизненного цикла бобовых растений, особенности распространения экологических форм и т.д. Установлено, что преобладающими среди хозяйственно полезных видов бобовых являются травянистые стержнекорневые многолетники. Спектр жизненных форм по К. Раункиеру показал, что преобладают среди бобовых гемикриптофиты – 93,75%. К луговому флороцено типу относится 62,5%, к степному – 25,0% видов, встречаемых на меловых и каменистых склонах, а также конусах выноса и устьях оврагов. Остальные виды бобовых принадлежат к лесному и синантропному типам [10]. Собранная в НИУ БелГУ коллекция семейства *Fabaceae* хранится преимущественно *ex*

situ в виде генетического банка семян. Пополнение коллекционного фонда ведется по следующим основным направлениям:

– сбор местных форм с высокой степенью устойчивости к биотическим и абиотическим стрессам, ценным биохимическим составом;

– привлечение лучших мировых достижений современной селекции.

Способ сохранения коллекционных образцов в виде семян в условиях обычных помещений широко апробирован на протяжении длительного времени на базе ведущих научных центров (ВИРа, ВИКа и др.). При этом доказана необходимость их периодического пересева, так как даже для бобовых трав, семена которых характеризуются свойством твердосемянности (твердокаменности), есть опасность потери семенами всхожести. Также показано, что в процессе хранения в семенах продолжаются физиолого-генетические перестройки, сопровождающиеся точковыми мутациями и/или хромосомными перестройками. В результате коллекционные образцы претерпевают изменения, а также сохраняется опасность их механического и гибридогенного засорения [6].

Помимо сохранения коллекционного материала бобовых трав в форме *ex situ* также используется метод «живых коллекций», или «полевых банков». Однако использование этого метода имеет определенный, но важный недостаток – сложно сохранять генетическую чистоту коллекционного материала у перекрестноопыляющихся культур, к каковым относятся бобовые травы. Для поддержания коллекционных образцов создаются изолированные участки, позволяющие сохранять генетическую чистоту семян. Но при этом метод живых коллекций имеет и очень ценное преимущество – позволяет использовать генетическую коллекцию для проведения лабораторных занятий, при выполнении курсовых и бакалаврских работ, магистерских диссертаций студентами кафедры биологии НИУ БелГУ. Особое внимание в Ботаническом саду уделяется изучению видов, сортов и экотипов люцерны. Коллекция этой ценной кормовой культуры, представленная в НИУ «БелГУ», начала формироваться еще в 1970-е гг. усилиями известных отечественных селекционеров: академика РАН А.А. Гончаренко и д.с.-х.н., проф. И.К. Ткаченко. Их работа была продолжена в 1990–2000-х гг. учениками: д.с.-х.н. В.И. Чернявских, д.б.н. Е.В. Думачевой, к.с.-х.н. Т.Н. Глубшевой, к.с.-х.н. Ю.Н. Куркиной, к.с.-х.н. К.Н. Ио-

новым и другими. В результате собрана обширная коллекция – более 600 сортов, сортообразцов культурных и дикорастущих форм рода *Medicago* L. Коллекционные номера отбирались путем мобилизации селекционных образцов и сортов Советского Союза, стран Восточной и Западной Европы, США, привлечением местных сортообразцов и форм из коллекции ВИРа. Важным этапом пополнения коллекций были экспедиционные сборы в 1980–2000-е гг., проведенные на территории Украины, России, Белоруссии, закавказских и среднеазиатских республик. Выделенные в течение многих лет исследований источники ценных биологических и хозяйственных признаков активно используются в настоящее время для работы по различным направлениям селекции люцерны на кормовую ценность, снижение содержания сапонинов, высокую семенную продуктивность, устойчивость к вредителям и болезням, засухоустойчивость, устойчивость к карбонатным почвам.

Для включения образца в коллекцию предварительно изучается его генеалогия, пригодность для конструирования смешанных агроценозов, эдафическая и фитоценотическая комплементарность. Ведется описание каждого образца по ряду количественных признаков: форма розетки осеннего или весеннего отрастания; форма куста; стебли (высота; грубость; опушение; окраска узлов; ветвистость); среднее число междоузлий и амплитуда колебаний; кустиность (сильная, средняя, слабая); облиственность; листья (величина; форма; опушение; окраска; восковой налет; степень мягкости); прилистники (форма; опушение; окраска); соцветие (форма; длина; степень рыхлости; окраска); бобы (величина, форма, окраска, количество завитков); семена (величина; форма; цвет; % твердых семян); корневая система (мощность развития; выраженность главного корня; наличие клубеньков). В результате многолетних циклов авторами были выделены и изучены формы – источники ценных хозяйственных признаков, обладающие высокой общей комбинационной способностью (ОКС) в питомниках поликросса по продуктивности надземной массы (номера Л 450–455 – местные формы с карбонатных обнажений); по семенной продуктивности (Л 235–239 – индивидуальные отборы из сорта Белгородская 86); высокой облиственностью (Л 347–352 – носители *mf*-мутации); устойчивые к аскохитозу (Л-346, Л-492), которые стали гендонорами для новых сортов люцерны из-

менчивой Краснояружская 1, Краснояружская 2, Алексеевская 1 и Глория. В табл. 1 приведен фрагмент дескриптора коллекции рода *Medicago* L., который предназначен для информирования селекционеров,

биологов, ботаников, работающих с генетическими коллекциями, с целью обмена образцами для использования в фундаментальных, поисковых и прикладных исследованиях.

Таблица 1
Дескриптор генетической и биоресурсной коллекции рода *Medicago* L. (фрагмент)

Номер по каталогу учреждения	Название	Видовая принадлежность	Статус образца		Статус коллекции		Селекционно ценный признак
			*	**	*/*	**/*	
Л-1	Белгородская 86	<i>M. varia</i> Mart.	АС	Россия	С,Р	ПУ	2
Л-66	Europe	<i>M. varia</i> Mart.	АС	Франция	С,Р	БС	1
Л-67	Ferax	<i>M. varia</i> Mart.	АС	США	С,Р	БС	2
Л-68	Roamer	<i>M. varia</i> Mart.	АС	Канада	С,Р	БС	1
Л-69	Sterling	<i>M. varia</i> Mart.	АС	США	С,Р	БС	1
Л-70	Suver	<i>M. varia</i> Mart.	АС	Франция	С,Р	БС	1
Л-71	Vela	<i>M. varia</i> Mart.	АС	Дания	С,Р	БС	1
Л-72	Vernal	<i>M. varia</i> Mart.	АС	США	С,Р	БС	2
Л-73	Walcabaut	<i>M. varia</i> Mart.	АС	Австралия	С,Р	БС	1
Л-74	WL-315	<i>M. varia</i> Mart.	BR	М	С,Р	БС	1
Л-89	Краснояружская 1	<i>M. varia</i> Mart.	АС	Россия	С,Р	ПУ	1,3
Л-90	Отбор из сорта Краснояружская 1 mf	<i>M. varia</i> Mart.	BR	М	С,Р	ПУ	1,3
Л-93	Краснояружская 2	<i>M. varia</i> Mart.	АС	Россия	О,Р	ПУ	2
Л-94	Отбор из сорта Краснояружская 2	<i>M. varia</i> Mart.	BR	М	О,Р	ПУ	2
Л-95	Алексеевская 1	<i>M. varia</i> Mart.	АС	Россия	О,Р	ПУ	1,2
Л-96	Отбор из сорта Алексеевская 1	<i>M. varia</i> Mart.	BR	М	О,Р	ПУ	2
Л-97	Глория	<i>M. varia</i> Mart.	АС	Россия	О,Р	ПУ	1,2
Л-98	Отбор из сорта Глория	<i>M. varia</i> Mart.	BR	М	О,Р	ПУ	2
Л-146	Марусинская 425	<i>M. varia</i> Mart.	АС	Россия	Р	БС	2
Л-147	Павловская пестрая	<i>M. varia</i> Mart.	АС	Россия	Р	БС	1,3
Л-148	Белгородская 7	<i>M. varia</i> Mart.	АС	Россия	Р	ПУ	1,3
Л-149	Дарья	<i>M. varia</i> Mart.	АС	Россия	Р	БС	3
Л-150	Вавиловская юбилейная	<i>M. sativa</i> L.	АС	Россия	Р	БС	1
Л-151	Тамбовчанка	<i>M. sativa</i> L.	АС	Россия	Р	БС	1
Л-159	Отбор из сорта Белгородская 7	<i>M. varia</i> Mart.	BR	М	Р	ПУ	2
Л-455	ИО 2/30 mf, 2015	<i>M. varia</i> Mart.	BR	М	С,Р	ПУ	1,3
Л-456	ИО 2/26 mf, 2015	<i>M. varia</i> Mart.	BR	М	С,Р	ПУ	1,3
Л-457	ИО 2/23 mf, 2015	<i>M. varia</i> Mart.	BR	М	С,Р	ПУ	1,3
Л-346	Люцерна желтая	<i>M. falcata</i> L. <i>subsp. romanica</i> (Prodan) Schwarz et Klinkovski	WL	М	О	БС	4
Л-429	Люцерна желтая	<i>M. falcata</i> L. <i>subsp. romanica</i> (Prodan) Schwarz et Klinkovski	WL	М	О	БС	4

Примечание. Условные обозначения: * – сорт (АС), дикорастущий вид (WL), селекционный ресурс (BR); ** – местный (М), получен из...; */* – оригинальная (О), сохраняемая (С), рабочая (Р); **/* – в полевых условиях (ПУ), генетический банк семян (БС); **/* 1 – высокая продуктивность надземной массы; 2 – высокая семенная продуктивность; 3 – высокая облиственность; 4 – устойчивость к аскохитозу.

Таблица 2

Дескриптор генетической и биоресурсной коллекции рода *Trifolium* L. (фрагмент)

Номер по каталогу учреждения	Название	Видовая принадлежность	Статус образца		Статус коллекции	
			*	**	*/*	**/*
К-5	КП-7	<i>T. alpestre</i> L.	BR	М	С,Р	БС
К-23	ДП-33	<i>T. arvense</i> L.	BR	М	С,Р	БС
К-24	ДП-34	<i>T. arvense</i> L.	BR	М	С,Р	БС
К-40	ДП-2	<i>T. fragiferum</i> L.	BR	М	С,Р	БС
К-66	Краснояржский	<i>T. repens</i> L.	АС	Россия	С,Р	ПУ
К-67	Отбор из сорта Краснояржский	<i>T. repens</i> L.	BR	М	С,Р	ПУ
К-68	Казацкий	<i>T. pratense</i> L.	АС	Россия	С,Р	ПУ
К-69	Отбор из сорта Казацкий	<i>T. pratense</i> L.	BR	М	О,Р	БС
К-70	Орловский среднеранний	<i>T. pratense</i> L.	АС	Россия	О,Р	БС

Аналогичная работа в настоящее время ведется с видами, сортами и сортообразцами рода *Trifolium* L., коллекция которых насчитывает более 150 номеров. В табл. 2 приведен перечень номеров коллекции, отличающихся высокой декоративностью, что является важным для формирования сортов газонного типа.

С использованием доноров ценных селекционных признаков создан и включен в Государственный реестр селекционных достижений сорт клевера ползучего Краснояржский, передан в 2018 г. в Госсортоиспытание новый сорт клевера ползучего Илѐк. Идет работа по сбору генетического материала и закладке генетических и биоресурсных коллекций других хозяйственно ценных родов семейства *Fabaceae*. На очереди – создание генетических коллекций, хранящих генофонды лекарственных и ароматических растений, включая виды фармакологические, необходимые для селекции на фитонцидные, гомеопатические, адаптогенные, антиоксидантные и антимикробные свойства.

Выводы

1. Для полноценного использования и сохранения генетического разнообразия растительных ресурсов региона проведена большая работа по формированию коллекционного фонда хозяйственно ценных родов бобовых трав, разработаны дескрипторы генетических коллекций люцерны изменчивой и клевера ползучего.

2. На базе генетической биоресурсной коллекции бобовых трав НИУ БелГУ созданы условия для быстрого поиска необходимого для селекционной работы исходного генетического материала, контроль за

поддержанием образцов в живом виде или в виде банка семян.

3. Выделены доноры ценных хозяйственных признаков (высокой семенной продуктивности и продуктивности надземной массы; облиственности; устойчивости к аскохитозу), которые стали исходным материалом для новых сортов люцерны изменчивой Краснояржская 1, Краснояржская 2, Алексеевская 1 и Глория, а также клевера ползучего (Краснояржский и Илѐк).

Исследование выполнено при поддержке гранта на проведение НИР по приоритетным направлениям развития агропромышленного комплекса Белгородской области (Соглашение № 2 от 12 ноября 2018 г.) на тему: «Формирование селекционно-семеноводческой базы медоносных культур в условиях малых форм хозяйствования».

Список литературы / References

1. Дзюбенко Н.И. Генетические ресурсы культурных растений – основа продовольственной и экологической безопасности России // Вестник РАН. 2015. Т. 85. № 1. С. 3–8. DOI: 10.7868/S0869587315010041.
2. Dzyubenko N.I. Genetic resources of cultivated plants – the basis of food and environmental security of Russia // Herald of the Russian Academy of Sciences. 2015. V. 85. № 1. P. 15–19. DOI: 10.1134/S1019331615010013.
3. Савченко И.В. Выведение новых сортов и гибридов сельскохозяйственных растений // Вестник РАН. 2017. Т. 87. № 4. С. 325–332. DOI: 10.7868/S0869587317040065.
4. Savchenko I.V. Breeding new varieties and hybrids of agricultural plants // Vestnik RAN. 2017. V. 87. № 4. P. 325–332 (in Russian).
5. Vavilov N.I. Origin and geography of cultivated plants. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1992. 498 p.
6. Положение о российских коллекциях генетических ресурсов культурных растений и их диких родичей (сородичей). М.: Россельхозакадемия, 2010. С. 1–13.
7. Regulations on Russian collections of genetic resources of cultivated plants and their wild relatives (relatives). М.: Russian Agricultural Academy, 2010. P. 1–13 (in Russian).

5. Беспалова Л.А. Развитие генофонда как главный фактор третьей зелёной революции в селекции пшеницы // Вестник РАН. 2015. Т. 85. № 1. С. 9–11. DOI: 10.7868/S086958731501003X.

Bespalova L.A. Gene pool development as the main factor of the third green revolution in wheat breeding // Vestnik RAN. 2015. № 1. P. 9–11 (in Russian).

6. Железнов А.В., Железнова Н.В., Бурмакина Н.В., Леонова Н.С., Юдина Р.С. Создание, сохранение, изучение и использование генофонда кормовых и лекарственных растений в ИЦИГ СО РАН // Информационный вестник ВОГиС. 2008. Т. 12. № 4. С. 580–589.

Zheleznov A.V., Zheleznova N.V., Burmakina N.V., Leonova N.S., Yudina R.S. Generation, preservation, study and use of the gene pool of forage and medicinal plants in the ICIG SB RAS // Informacionnyj vestnik VOGiS. 2008. V. 12. № 4. P. 580–589 (in Russian).

7. Лубенец П.А., Иванов А.И., Кириллов Ю.И. Методические указания по изучению коллекции многолетних кормовых трав. Ленинград: ВИР, 1975. 37 с.

Lubenets P.A., Ivanov A.I., Kirillov Y.I. Guidelines for the study of the collection of perennial forage grasses. Leningrad: VIR, 1975. 37 p. (in Russian).

8. Lisetskii F.N., Chernyavskikh V.I., Degtyar O.V. Pastures in the Zone of Temperate Climate: Trends for Development, Dynamics, Ecological Fundamentals of Rational Use. Pastures: Dynamics, Economics and Management, 2010. P. 51–84.

9. Dumacheva E.V., Cherniavskikh V.I., Gorbacheva A.A., Vorobyova O.V., Borodaeva Z.A., Беспалова Е.Н., Ермакова Л.Р. Biological resources of the Fabaceae family in the Cretaceous south of Russia as a source of starting material for drought-resistance selection. International Journal of Green Pharmacy. 2018. V. 12. № 2. P. 354–358.

10. Dumacheva E.V., Cheriavskikh V.I. Particular Qualities Of Micro Evolutionary Adaptation Processes In Cenopopulations Medicago L. On Carbonate Forest-Steppe Soils In European Russia. Middle East Journal of Scientific Research. 2013. V. 17. № 10. P. 1438–1442.

УДК 550.42:546.16(571.55)

**ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПОВЕДЕНИЯ НЕКОТОРЫХ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ
В МИНЕРАЛЬНЫХ ОЗЕРАХ ВОСТОЧНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ****Борзенко С.В., Фёдоров И.А.***Институт природных ресурсов, экологии и криологии Сибирского отделения
Российской академии наук, Чита, e-mail: svb_64@mail.ru, fedorowia@gmail.com*

Сопоставление данных по содержанию микрокомпонентов в водах различных геохимических типов озер показало, что в содовых – в больших масштабах концентрируются Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Si, Zn, Al, Y, Hf, Zr, Nb, W, Ta, Re, Mo, As, U, Th, PЗЭ, в хлоридных – Li, Rb, Ba, Sr, B, Se и Br, а в сульфатных – Cu, Ni, Co. Отсутствие соответствующих специализаций на водосборах большинства озер при широкой вариабельности содержаний этих элементов, а также наличие прямых зависимостей от концентраций основных анионов, в содовом типе карбонатной составляющей, а в сульфатном и хлоридном соответствующих доминирующих ионов свидетельствует о значимой роли геохимической среды в их накоплении. Термодинамические расчеты показали, что высокая миграционная способность этих химических элементов обусловлена наличием наиболее устойчивых их форм миграции в определенном типе озер. Источником микроэлементов являются водовмещающие аллювиальные горные породы, растворение которых приводит к тому, что содержания некоторых подвижных в определенных условиях элементов растут и накапливаются до значительных концентраций. Уран находится преимущественно в формах трикарбонат- $[\text{UO}_2(\text{CO}_3)_3]^{4-}$ и дикарбонат-уранилов $[\text{UO}_2(\text{CO}_3)_2]^{2-}$. В восстановительной обстановке он может присутствовать в виде гидроксида $\text{U}(\text{OH})_4$. Торий мигрирует в виде ассоциата $\text{Th}(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2^{2-}$. Лантаноиды во всех типах озер представлены $(\text{LnCO}_3)^+$. Для фтора наиболее устойчивой его формой в содовых озерах является F^- , а в хлоридных, с ростом минерализации воды, значимыми становятся его комплексы с основными катионами, а именно MgF^+ и NaF .

Ключевые слова: минеральные озера, геохимические типы озер, микрокомпонентный состав, фтор, литий, уран**SOME TRACE ELEMENTS BEHAVIOR REGULARITY IN MINERAL
LAKES OF EASTERN TRANSBAIKALIA****Borzenko S.V., Fedorov I.A.***Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology Siberian Branch of the Russian Academy
of Sciences, Chita, e-mail: svb_64@mail.ru, fedorowia@gmail.com*

Data comparison basing on trace elements content in lake waters of various geochemical types revealed that Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Si, Zn, Al, Y, Hf, Zr, Nb, W, Ta, Re, Mo, As, U, Th, REE are concentrated in soda lakes on a large scale, while Li, Rb, Ba, Sr, B, Se, Br, – in chloride ones, and Cu, Ni, Co – in sulphate lakes. Relevant deposits unavailability within watersheds area of most lakes with ample variability of these elements contents, as well as direct dependencies on basic anions concentrations in carbonate component of soda type, and corresponding dominant ions in that of sulphate and chloride one demonstrates the important role geochemical environment plays in the process of their accumulation. Thermodynamic calculations proved the fact that high migration capacity of these chemical elements is due to their most stable migration forms presence in certain lake types. The source of trace elements is water-bearing aluminosilicate rocks. Resulting from their dissolution contents of only some elements becoming movable under certain conditions increase and accumulate to significant concentrations. Uranium is found in tricarbonat- $[\text{UO}_2(\text{CO}_3)_3]^{4-}$ and dicarbonate uranyl $[\text{UO}_2(\text{CO}_3)_2]^{2-}$ forms principally. It can be present in the form of hydroxide $\text{U}(\text{OH})_4$ in a reducing environment. Thorium migrates as an associate of $\text{Th}(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2^{2-}$. Lanthanides are represented by $(\text{LnCO}_3)^+$ in all types of lakes. Fluoride-ions are most stable form for fluorine in soda lakes, while with an increase water mineralization his complexes with the main cations become significant in chloride ones, namely MgF^+ and NaF .

Keywords: mineral lakes, geochemical lake types, trace element composition, fluorine, lithium, uranium

В последние годы соленые озера все чаще рассматриваются в качестве источников минеральных возобновляемых ресурсов, эксплуатация которых не требует дорогостоящих технологий и считается экологически безопасной [1–3]. Ранее соленые озера изучались преимущественно как объекты возможной добычи солей, в основном соды, мирабилита, галита. Между тем многие минеральные озера Восточного Забайкалья, наряду с озерами Алтая, Китая, Монголии и других стран, могут рассматриваться как перспективные на промышленные воды, аккумулирующие многие химические элементы, в том числе редкие и редкоземельные [4–6 и др.]. Поэто-

му целью данной работы наряду с определением количества микроэлементов в соленых озерах Восточного Забайкалья является выявление их поведения в определенном геохимическом типе водоема.

Материалы и методы исследования

Опробование озер проводилось в 2013–2018 гг. в ходе экспедиционных исследований. Образцы проб воды отфильтровывались на месте отбора через мембранный фильтр с диаметром пор 0,45 мкм и подкислялась особо чистой концентрированной азотной кислотой марки ос.ч (1:1) до $\text{pH} < 2$, сразу после фильтрации. Пробы для подачи в при-

бор разбавляли деионизованной водой с сопротивлением 18,2 мОм/см до общего содержания солей менее 0,01 г/л. Определения микрокомпонентов в озерных водах были выполнены в аналитических центрах Института геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН (г. Иркутск) и Института химии твердого тела и механохимии СО РАН (г. Новосибирск) методом ИСП-МС. В первом случае на приборе ELEMENT 2, фирмы Finnigan MAT с использованием в качестве стандартов сертифицированных растворов ICP Multi Element Standard Solution Sol XII, Sol X CertiPUR (MERCK) и Combined Quality Control Standart IQC-026 (NIST, США). Во втором на приборе Inductivity Coupled Mass Spectrometer Igent 7500a. Масс-спектрометр настраивали по Tuning Solution Igent Part Number 5184-3566. Содержание микроэлементов определяли по многоэлементным эталонным растворам (Multi-Element Calibration Standard-2A Igent Part Number 8500-8940). Пределы обнаружения для As (75), U (238), Li (7) в ppt соответственно 14; 1,4; 3,2. Приготовление образцов вод для анализа растворимых форм проводилось по методу EPA 200.8. Пробы для подачи в прибор разбавляли деионизованной водой с сопротивлением 18,2 мОм/см до общего содержания солей менее 0,01 г/л.

Химический анализ макрокомпонентного состава вод проведен общепринятыми методами в аттестованной лаборатории ИПРЭК СО РАН. Концентрации Ca и Mg определялись методом атомной абсорбции в закисно-ацетиленовом пламени на спектрофотометре SOLAAR 6M. Для определения Na и K использован пламенно-эмиссионный метод. Потенциометрически с применением ионселективных электродов находились O_2 , F, pH, Eh, Cl. Титрование применялось для определения содержания CO_3^{2-} и HCO_3^- . Через бихроматную окисляемость рассчитывался органический углерод $C_{орг}$. Сульфат-ион анализировался турбидиметрическим методом в виде сернокислого бария.

На территории Восточного Забайкалья насчитывается несколько сотен минеральных озер, локализованных во впадинах, выполненных осадочными и эффузивно-осадочными породами [7]. Наиболее крупные озера Зун-Торей, Баин-Цаган, Цаган-Нур, Доронинское даже в период засухи имеют площадь от нескольких до сотен км². Площадь остальных менее 1 км², глубина их редко превышает несколько метров. При этом мелкие озера пересыхают до дна, а в увлажненные периоды вновь наполняются водой. Все рассматрива-

емые озера бессточные, повышенная соленость их вызвана испарительным концентрированием вод. Большая часть озер относится к содовому типу [8] с минерализацией вод от 1,17 в оз. Хойто-Торум до 342 г/л в оз. Борзинское. Анионный состав, как правило, смешанный с доминированием углекислотных ($HCO_3^- + CO_3^{2-}$) или хлоридных ионов. Реже встречаются хлоридные озера, соленость которых в среднем существенно выше. Смешанный катионный состав отмечается в слабоминерализованных озерах, с ростом солености он изменяется на натриевый [9].

Результаты исследования и их обсуждение

Анализ полученных данных показал, что содержания микрокомпонентов в озерах варьируют от первых микрограммов до нескольких граммов в литре воды. В содовом типе озер концентрируются V, Sc, Cr, Ti, Fe, Mn, Si, Al, Zn, Y, Zr, Ta, Hf, Nb, Mo, W, As, Re, U, Th, PЗЭ (табл. 1). В озерах хлоридного типа накапливаются литофильные элементы, а именно Li, Rb, Sr, Ba, B, Se и Br. В сульфатных озерах список микроэлементов ограничивается Cu, Co и Ni.

В самом соленом содовом оз. Борзинское отмечаются максимальные содержания мышьяка As – 6007 мкг/л, урана U – 10855 мкг/л, тогда как концентрация лития Li (173 мкг/л) немного выше среднего значения по всей выборке (123 мкг/л). Среди хлоридных озер выделяется оз. Горбунка с максимальной минерализацией воды (184 г/л) и с относительно высокими содержаниями хлора Cl (101,1 г/л), брома Br (368,6 мг/л), стронция Sr 18,5 (мг/л), лития Li (1470 мкг/л), в то время как количество урана U не превышает 59 мкг/л.

Отмечается единая направленность в распределениях содержаний Cl и Li (коэффициент корреляции $r = 0,86$). По результатам термодинамических расчетов литий мигрирует преимущественно в катионной форме Li^+ с превалированием его доли в хлоридных озерах (табл. 2). Вторым по значимости в хлоридных озерах выступает LiCl, а в содовых – $LiCO_3$. При этом мольная доля соответствующего ассоциата увеличивается по мере роста концентраций основных лигандов. Ввиду высоких значений произведений растворимости соединений лития – хлорида LiCl и карбоната Li_2CO_3 (цзабуелит), насыщение вод этими солями не происходит [4]. Очевидно, что в отсутствие геохимических барьеров литий концентрируется в растворе подобно хлору, при этом чем больше степень концентрирования воды, тем выше содержание лития в озерах.

Таблица 1

Химический состав соленых озер Восточного Забайкалья по выделенным типам и подтипам

Показатели	Ед. изм.	Содовый тип, n = 87			Сульфатный тип, n = 3			Хлоридный тип, n = 10			
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	
pH		9,53	9,02	10,74	8,74	8,32	8,90	8,17	7,40	8,70	
CO ₂	мг/л	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	144,0	132,0	156,0	
CO ₃ ²⁻ +HCO ₃ ⁻		3073	47,2	30129	806,2	71,9	1798	504,0	61,0	2109	
SO ₄ ²⁻		2188	10,2	62340	2901	492	7580	3451	210	13680	
Cl ⁻		4168	28,2	133740	900,0	266,0	2050	17783	1196	101088	
F ⁻		14,3	0,060	414,0	2,05	0,36	5,11	6,59	0,27	37,1	
Ca ²⁺		15,4	0,84	80,0	45,2	4,68	79,2	100,4	6,34	617,5	
Mg ²⁺		68,9	1,08	395,2	62,4	33,0	89,5	620,3	9,95	3795	
Na ⁺		5045	272,0	124800	2180	392,0	5347	12471	1347	65000	
K ⁺		58,9	2,30	440,8	21,2	6,22	43,5	76,5	7,47	237,6	
M		г/л	15,3	1,17	343,3	6,91	1,83	16,9	35,2	4,63	184,6
Si	мг/л	5,52	2,30	22,1	3,60	2,90	4,10	3,60	3,40	4,50	
Li	мкг/л	173,0	2,00	646,4	156,7	85,1	242,0	269,0	62,1	1470	
B		3384	0,010	34722	786,3	275,0	1741	4023	754,6	9725	
Be		0,12	0,001	4,62	0,050	0,030	0,10	0,050	0,010	0,11	
Al		347,7	4,71	16955	203,0	68,3	397,2	133,3	14,7	415,0	
V		73,8	0,001	420,3	32,4	16,5	43,6	24,5	5,99	119,1	
Mn		66,7	0,36	4048	56,7	12,2	126,0	6,54	0,52	42,5	
Fe		437,6	0,35	18101	232,0	74,6	386,1	84,4	6,55	262,0	
Co		1,73	0,001	77,6	1,89	0,80	3,33	0,54	0,24	0,93	
Ni		8,14	0,94	243,5	8,70	5,00	24,5	4,94	1,18	20,2	
Cu		мкг/л	47,0	0,79	437,6	50,1	9,50	236,3	6,00	1,90	21,0
Zn			375,6	0,67	2313	179,2	108,0	231,2	115,0	3,90	754,3
Ga			0,28	0,010	3,74	0,10	0,050	0,18	0,40	0,010	1,86
Ge			0,48	0,010	6,90	1,31	0,080	3,69	0,88	0,18	2,40
As			419,0	0,21	6007	73,2	25,3	140,4	100,3	13,6	279,0
Se	2,46		0,030	27,1	0,62	0,18	0,96	22,2	0,89	191,0	
Br	29881		30,0	624292	5005	2107	10095	83510	10580	368587	
Rb	5,57		0,43	53,0	5,67	2,51	10,0	7,52	1,30	25,0	
Sr	553,4		2,00	9194	586,7	235,0	973,8	4397	130,0	18506	
Zr	49,6		0,12	1104	2,01	0,70	4,48	7,80	0,14	47,5	
Sc	0,90		0,001	51,5	0,08	0,01	0,19	0,06	0,004	0,34	
Nb	0,11		0,001	1,50	0,060	0,010	0,11	0,030	0,001	0,12	
Mo	124,1		3,00	2987	69,7	21,2	156,6	88,1	15,4	379,0	
Cs	0,060		0,001	0,95	0,13	0,020	0,32	0,050	0,010	0,13	
Ba	51,9		4,20	696,7	41,9	18,6	67,5	112,6	43,9	207,0	
∑РЗЭ	8,31		0,040	108,8	0,89	0,82	0,96	0,66	0,050	2,53	
Hf	0,43	0,001	11,0	0,040	0,010	0,060	0,040	0,001	0,20		
Th	2,92	0,0003	209,3	0,20	0,030	0,53	0,040	0,0003	0,10		
U	215,8	2,55	10855	65,1	13,0	138,7	78,3	15,6	246,1		

Примечания: М – минерализация воды; ∑РЗЭ – сумма редкоземельных элементов; 1 – среднее, 2 – минимальное, 3 – максимальное значение, n – количество проб.

Таблица 2
Основные формы миграции
микроэлементов в озерах
(расчет по НГ по усредненным данным)

Химический тип Компонент	Содо- вый	Хлорид- ный	Сульфат- ный
	мол. %		
$[\text{UO}_2(\text{CO}_3)_3]^{4-}$	99,9	97,9	99,5
$[\text{UO}_2(\text{CO}_3)_2]^{2-}$	0,05	2,13	0,42
$\text{Th}(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2^{2-}$	70,3	64,4	65,0
$\text{Th}(\text{CO}_3)_5^{6-}$	1,30	–	–
$\text{Th}(\text{OH})_3\text{CO}_3^-$	27,0	35,1	33,8
$\text{Th}(\text{OH})_4(\text{aq})$	1,25	0,06	0,08
H_3AsO_3	–	–	0,92
H_2AsO_3^-	10,6	–	–
HAsO_4^{2-}	89,4	99,9	99,1
$\text{BeCO}_3(\text{aq})$	0,08	0,30	0,11
$\text{Be}(\text{OH})_2(\text{aq})$	99,9	99,7	99,8
$\text{Zr}(\text{OH})_5^-$	51,9	45,6	42,5
$\text{Zr}(\text{OH})_4(\text{aq})$	47,9	54,0	50,3
$\text{Ga}(\text{OH})_4^-$	99,9	99,9	99,5
$\text{Sc}(\text{OH})_2^+$	0,29	0,40	0,45
$\text{Sc}(\text{OH})_3(\text{aq})$	0,95	1,65	1,62
$\text{Sc}(\text{OH})_4^-$	98,6	97,9	97,5
Li^+	97,0	46,0	48,0
$\text{LiCl}(\text{aq})$	2,46	46,7	46,3
LiSO_4^-	0,89	7,20	7,00
Rb^+	98,0	49,0	49,5
$\text{RbCl}(\text{aq})$	1,29	38,0	38,2
RbSO_4^-	0,71	16,7	15,3
Sr^{2+}	39,2	82,4	58,7
SrCl_2	0,21	12,5	0,45
SrSO_4^-	0,09	3,89	2,75
SrCO_3	7,92	0,68	29,8
$(\text{Sr}(\text{CO}_3)_2)^{2-}$	52,1	0,52	7,65
Br	100	100	100
H_3BO_3^-	15,0	47,2	78,0
H_2BO_3^-	85,0	53,8	22,0
$(\text{LnCO}_3)^+$	99,8	99,0	98,7
F^-	90,7	90,2	71,1
MgF^+	5,16	5,01	12,4
CaF^+	0,28	0,38	0,61
$\text{NaF}(\text{aq})$	3,82	4,35	10,3

Источником рубидия и цезия, как и в случае с литием, могут быть алюмосиликаты и силикаты. Повышенными содержаниями этих щелочных металлов от-

личаются такие минералы, как микроклин, мусковит, циннвальдит ортоклаз и др. Цезий и рубидий концентрируются в водах до сильвинитовой и карналлитовой стадий, на которых они соосаждаются с калийными солями. Осаждение этих минералов на данном этапе развития озер не отмечается, поэтому они беспрепятственно накапливаются в растворе.

Основное состояние бора в озерах – борокислородные соединения, количественные соотношения между которыми определяются рН вод. Поэтому в хлоридных озерах преобладающей формой ортоборной кислоты является H_3BO_3^- , а в содовых озерах – H_2BO_3^- . Интрузивные и эффузивные горные породы могут выступать источником бора. В них он содержится как в виде сульфидных примесей, так и рассеянном состоянии. Повышенные количества бора обнаружены в приторейском мелкосопочнике и в эффузивах Кулусутаевского вулканического массива, в пределах которых расположена значительная часть озер, отсюда вполне возможен дополнительный источник бора в озерах.

Количество стронция в хлоридных озерах на порядок выше, чем в содовых и сульфатных. В среднем его концентрация в первых достигает 4397 мкг/л, а максимальное значение определено в оз. Горбушка – 18506 мкг/л. Для сравнения, в более минерализованном содовом оз. Борзинское содержание этого элемента на два математических порядка ниже (174 мкг/л). Усредненные значения концентраций стронция для содовых и сульфатных озер соответственно равны 553,4 и 586,7 мкг/л. Данное обстоятельство связано с тем, что стронций мигрирует в хлоридных озерах наряду с катионом Sr^{2+} в формах SrCl_2 и SrSO_4^- , причем имеет место прямая зависимость Sr с Cl⁻ и Sr с SO_4^{2-} ($r > 0,72$). В озерах содового типа он находится преимущественно в карбонатных формах – $(\text{Sr}(\text{CO}_3)_2)^{2-}$ и SrCO_3 . Более того, подвижность Sr ограничивается образованием стронцианита SrCO_3 .

Бром в рассматриваемых озерах собственных минералов не образует, поэтому концентрируется в больших количествах. В слабоминерализованных водах он связывается с элементами-комплексобразователями (Cu, Pb, Zn, Co и др.).

Повышенные содержания урана обнаружены в озерах содового типа, относительно высокие его концентрации фиксируются в области повышенных значений рН вод. Четко прослеживается прямая

связь урана с карбонат- и гидрокарбонат-ионами ($r = 0,78$), что главным образом связано с образованием его карбонатных комплексов. По расчетам в озерах уран образует уранилкарбонатные комплексы типа $UO_2(CO_3)_3^{4-}$ и $UO_2(CO_3)_2^{2-}$, устойчивость которых находится в прямой зависимости от pH раствора [10]. Снижение pH вод способствует образованию в хлоридных озерах дикарбонат-уранил ионов, наличие которых напрямую зависит от присутствия в водах лиганда CO_3^{2-} . На стадии содообразования накопление урана подтверждается связью урана с натрием ($r = 0,95$). Преобладание концентраций натрия по сравнению с остальными катионами (кальцием, магнием и калием) в водах начинается с момента осаждения карбонатных минералов и глин [4].

Некоторое обеднение ураном содовых вод при относительно высоких содержаниях карбонат-ионов (оз. Доронинское, оз. Куджерттай и др.) объясняется наличием в водной толще сероводородной обстановки ($Eh = -380$ мВ в толще воды оз. Доронинское), при которой U^{6+} восстанавливается до U^{4+} . Далее он легко гидролизует и в конечном итоге выводится из раствора в донные осадки в виде твердой фазы $U(OH)_4$. Возможность восстановления U^{6+} в хлоридных озерах в рассматриваемых случаях менее вероятна, так как здесь чаще преобладают окислительные условия, значения Eh не опускаются ниже -35 мВ (оз. Большая Булугунда).

Аналогично урану проявляет себя мышьяк, причем присутствует он как в содовых, так и в хлоридных типах вод преимущественно в форме гидроарсенат-иона $HAsO_4^{2-}$. Исключение составляют озера с сероводородной обстановкой в водной толще, в которых мышьяк восстанавливается до As^{3+} . С геохимической средой связь мышьяка прослеживается через высокий коэффициент корреляции с гидрокарбонат-ионами HCO_3^- ($r = 0,66$).

Торий характеризуется меньшими содержаниями, чем уран, однако значения его концентраций в озерных водах колеблются в широком диапазоне (от 0,0003 до 209 мкг/л). Данный факт подтверждает более слабые водно-миграционные свойства тория, растворимость этих элементов в воде по U^{6+} и Th^{4+} различается на 3 математических порядка. По сравнению с ураном в содовых озерах зависимость содержания тория от минерализации воды видна неявно. В то же время проявляется связь тория от

количества в водах производных угольной кислоты ($r > 0,8$). По проведенным термодинамическим расчетам доминирующей формой является $Th(CO_3)_2(OH)_2^{2-}$, мольная доля которой в содовых озерах составляет до 80%, в хлоридных же снижается, но при этом остается преобладающей. На втором месте по значимости выступает форма $Th(OH)_3CO_3^-$, доля которой, напротив, растет. Возможно существование тория в форме гидроксида $Th(OH)_4$, так как даже при содержании сотых долей мкг/л тория по этому компоненту воды насыщены (ПР равно $2,0 \cdot 10^{-50}$).

В содовых озерах содержатся в больших количествах также такие химические элементы, как скандий Sc, бериллий Be, галлий Ga, цирконий Zr. Максимальные значения их концентраций составляют: Be – 4,62 (оз. Жилино), Ga – 3,74 (оз. Дунда-Нуур), Sc – 51,5, Zr – 1104 мкг/л (оз. Борзинское), превышая тем самым максимумы содержаний в сульфатных и хлоридных озерах по бериллию и галлию на один, по скандию на два, а по цирконию на три математических порядка. По результатам термодинамических расчетов основной формой их миграции являются гидроксиды: $Ga(OH)_4^-$, $Sc(OH)_4^-$, $Be(OH)_2$ (aq), $Zr(OH)_5^-$ и $Zr(OH)_4$ (aq). Связь данных элементов с геохимической средой наиболее выражена в содовых озерах и проявляется через линейную зависимость их содержаний от концентрации производных угольной кислоты с относительно высоким значением коэффициента корреляции ($r > 0,85$). Источниками скандия, бериллия, галлия, циркония преимущественно являются силикатные и алюмосиликатные минералы, для циркония, в частности, циркон $ZrSiO_4$, в составе которого присутствуют в виде изоморфной примеси гафний Hf и иттрий Y, отсюда проявляется максимально выраженная в содовых озерах ($r > 0,74$) согласованность в распределениях их содержаний.

В озерах содержания $\sum PЗЭ$ варьируют в широком диапазоне. Максимум $\sum PЗЭ$ (108,8 мкг/л) определен в содовом оз. Дунда-Нур. В хлоридных и сульфатных озерах, в сравнении с содовыми, содержание $\sum PЗЭ$ существенно ниже. Важная роль геохимической среды для PЗЭ определяется не только их связью с карбонатным ассоциатом, поскольку они мигрируют во всех типах озер преимущественно в форме $(LnCO_3)^+$, но также их четко выраженным фракционированием с накоплением тяжелой фракции в содовом типе озер [5]. Дан-

ное обстоятельство подтверждается значениями нормализованных отношений La_n/Yb_n равными по усредненным данным для содовых озер 0,32, а для сульфатных и хлоридных озер 1,45 и 0,76 соответственно.

По сравнению с сульфатными и хлоридными типами среднее содержание фтора F на порядок выше в содовых озерах. Максимальное значение (414,0 мг/л) определено в содовом безымянном озере, расположенном в районе оз. Зандай, с повышенной щелочностью (рН 9,68) и минерализацией воды (16,5 г/л). Значения одного порядка установлены для фтора в содовых озерах: Дурбачи, Гришкино, Холбо-3, Зандай. Для примера, в хлоридных озерах Холво-Торум-1 и Дабаса-Нор с водородным показателем вод менее 8,06 содержание фтора ниже 1 мг/л. По всей выборке отмечается согласованность в распределении содержания фтора и карбонатной составляющей ($r > 0,81$). Для фтора наиболее устойчивой его формой миграции в содовых озерах является ионная F^- , а с ростом минерализации воды в хлоридных значимыми становятся его комплексы с основными катионами, а именно NaF и MgF^+ .

Выводы

Анализ распределения концентраций микроэлементов показал, что содержания фтора, лития, урана и мышьяка в соленых озерах Восточного Забайкалья достигают от первых единиц до нескольких сотен миллиграмм на литр раствора. В хлоридных озерах с более высокой минерализацией в больших количествах накапливается литий, бром, бор, стронций и др. элементы, а в содовых более щелочных водах – фтор, уран мышьяк, торий, редкоземельные элементы и др. Сульфатные озера выделяются повышенными концентрациями меди, кобальта и никеля. Источником рассматриваемых элементов являются водовмещающие горные породы, растворение которых приводит к переходу в раствор всех химических элементов. Различная геохимическая среда в разных типах озер способствует тому, что содержания только некоторых подвижных в этих условиях элементов растут и накапливаются до значительных концентраций.

Исследование выполнено в ходе выполнения государственного задания и частично при финансовой поддержке РФФИ № 18-05-00104 «Геохимия озер Восточного Забайкалья: гидрогеохимические условия формирования и их минеральные ресурсы».

Список литературы / References

- Исупов В.П., Владимиров А.Г., Шварцев С.Л., Ляхов Н.З., Шацкая С.С., Чупахина Л.Э., Куйбида Л.В., Колпакова М.Н., Ариунбилэг С., Кривоногов С.К. Химический состав и гидроминеральные ресурсы соленых озер Северо-Западной Монголии // *Химия в интересах устойчивого развития*. 2011. Т. 19. № 2. С. 141–150.
- Isupov V.P., Vladimirov A.G., Shvartsev S.L., Lyakhov N.Z., Shatskaya S.S., Chupakhina L.E., Kuybida L.V., Kolpakova M.N., Sodov A., Krivonogov S.K. Chemical composition and hydromineral resources of salt lakes in the north West Mongolia // *Chemistry for Sustainable Development*. 2011. V. 19. № 2. P. 141–150 (in Russian).
- Moore S. Between a rock and a salt lake. *Industrial Minerals*. 2007. № 6. P. 58–69.
- Zheng M. Saline lakes and salt basin deposits in China. Beijing: Science Press, 2014. 321 p.
- Борзенко С.В., Замана Л.В., Исупов В.П., Шацкая С.С. Уран, литий и мышьяк в соленых озерах Восточного Забайкалья // *Химия в интересах устойчивого развития*. 2017. Т. 25. № 5. С. 479–488. DOI: 10.15372/KhUR20170502.
- Borzenko S.V., Zamana L.V., Isupov V.P., Shatskaya S.S. Uranium, Lithium, and Arsenic in Salt Lakes of Eastern Transbaikalia // *Chemistry for Sustainable Development*. 2017. V. 25. № 5. P. 479–488 (in Russian).
- Борзенко С.В., Замана Л.В., Зарубина О.В. Распределение редкоземельных элементов в водах и донных осадках минеральных озер Восточного Забайкалья (Россия) // *Литология и полезные ископаемые*. 2017. № 4. С. 306–321. DOI: 10.7868/S0024497X17040024.
- Borzenko S.V., Zamana L.V., Zarubina O.V. Distribution of Rare Earth Elements in Waters and Bottom Sediments of Mineralized Lakes in the Eastern Transbaikalian Region (Russia) // *Lithology and mineral resources*. 2017. 52 (4). P. 263–277 (in Russian).
- Колпакова М.Н., Гаскова О.Л., Наймушина О.С., Кривоногов С.К. Озеро Эбейты, Россия: химико-органический и минеральный состав воды и донных отложений // *Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов*. 2018. Т. 329. № 1. С. 111–123.
- Kolpakova M.N., Gaskova O.L., Naymushina O.S., Krivonogov S.K. Ebeity lake, Russia: chemical-organic and mineral composition of water and bottom sediments // *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering*. 2018. V. 329. 1. 111–123 (in Russian).
- Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 1 000 000 (третье поколение). Серия Алдано-Забайкальская. Лист М-50 – Борзя. Объяснительная записка / Е.А. Шивохин [и др.]; науч. ред. В.В. Старченко. СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2010. 553 с.
- State geological map of the Russian Federation. Scale 1 : 1 000 000 (third generation). Series Aldan-Zabaykalskaya. Sheet M-50 – Borzya. Explanatory note. SPb.: Kartograficheskaya fabrika VSEGEI, 2010. 553 p. (in Russian).
- Шварцев С.Л., Колпакова М.Н., Исупов В.П., Владимиров А.Г., Ариунбилэг С. Геохимия и формирование состава соленых озер Западной Монголии // *Геохимия*. 2014. № 5. С. 432–449. DOI: 10.7868/S0016752514030078.
- Shvartsev S.L., Kolpakova M.N., Isupov V.P., Vladimirov A.G., Ariunbileg S. Geochemistry and chemical evolution of saline lakes of Western Mongolia // *Geochemistry International*. 2014. V. 52. № 5. P. 388–403. DOI: 10.1134/S0016702914030070.
- Власов Н.А. Минеральные воды южной части Восточной Сибири. В 2 т. Т. 1. Гидрогеология минеральных вод и их народнохозяйственное значение. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1961. С. 189–245.
- Vlasov N.A. Mineral waters of the southern part of Eastern Siberia. In 2 vol. Vol. 1. Hydrogeology of mineral waters and their economic importance. M.-L.: Izd-vo AN SSSR, 1961. P. 189–245 (in Russian).
- Лисицын А.П. О формах нахождения урана в подземных водах и условиях осаждения его в виде UO_2 // *Геохимия*. 1962. № 9. С. 763–769.
- Lisitsyn A.P. On the forms of uranium in groundwater and its deposition conditions in the form of UO_2 // *Geochemistry*. 1962. № 9. P. 763–769 (in Russian).

УДК 553.411

**НОВЫЕ ДАННЫЕ О МИНЕРАЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЯХ
РОССЫПНОГО ЗОЛОТА ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ АНАБАРСКОГО МАССИВА****¹Герасимов Б.Б., ²Желонкин Р.Ю., ¹Кравченко А.А.**¹*Институт геологии алмаза и благородных металлов СО РАН, Якутск, e-mail: bgerasimov@yandex.ru;*²*АО «Алмазы Анабара», Якутск*

Приведены новые данные о минералогических особенностях россыпного золота Билляхской тектоно-флюидитной зоны Анабарского массива, основанных на изучении комплекса типоморфных признаков золота из мелкообъемных проб, отобранных авторами при проведении полевых работ. Все аналитические работы проводились в отделе физико-химических методов анализа ИГАБМ СО РАН. Детальное изучение морфологии, микрорельефа поверхности, фотографирование произведены на сканирующем (растровом) микроскопе JSM – 6480 LV фирмы JEOL с аналитическими приставками OxfordInstruments (волновой и энергодисперсионный спектрометры). Пробность золота определена на рентгеновском микроанализаторе Camebax-micro фирмы Сатеса. Впервые на территории Билляхской тектоно-флюидитной зоны обнаружен и изучен низкопробный мини-самородок золота рудного облика размером 11×7×3 мм. По химическому составу золото однородно по всей площади – пробность меняется в узких пределах от 539 до 589‰. Установлено, что данный мини-самородок пребывал в экзогенных условиях весьма непродолжительное время и практически не подвергался гидродинамической обработке. Преобладающая часть изученного золота характеризуется слабой окатанностью, угловато-комковидной и дендритоидной морфологией, не обработанной первичной ямчато-бугорчатой поверхностью с примазками алумосиликатного состава. Пробность варьирует в очень широких пределах – от низкой до весьма высокой. Обосновано, что данный металл не транспортировался на дальние расстояния и локализован вблизи коренного источника. Исследование минеральных включений в золоте и их сопоставление с рудным минеральным составом сульфидизированной породы монзонитового ряда, обнаруженного в поле развития гнейсов верхнеанабарской серии, позволило предположить, что изученные породы могли служить одним из коренных источников золота.

Ключевые слова: Анабарский массив, типоморфные признаки, россыпное золото, мини-самородок золота, минеральные включения, пробность, коренные источники золота

**NEW DATA ON MINERALOGICAL FEATURES OF PLACER GOLD
OF THE ANABAR MASSIF****¹Gerasimov B.B., ²Zhelonkin R.Yu., ¹Kravchenko A.A.**¹*Diamond and Precious Metal Geology Institute, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Yakutsk, e-mail: bgerasimov@yandex.ru;*²*«Almazы Anabara» JSC, Yakutsk*

New data on mineralogical features of placer gold of the Bullyakh tectono-fluid zone of the Anabar massif, based on the studies of a complex of typomorphic features of gold from small-scale probes, selected by authors at field works. All analytical work was carried out in the department of physico-chemical methods of analysis IGABM SB RAS. A detailed study of the morphology, surface microrelief, photographing was performed on a JSM – 6480 LV scanning (microscope) microscope of JEOL company with Oxford Instruments analytical prefixes (wave and energy dispersive spectrometers). Gold fineness is determined on Camebax-micro X-ray microanalyzer a «Cameca» firms. Low-grade gold mini-nugget of ore habit, 11x7x3 mm, was found and studied for the first time on the territory of the Bullyakh tectono-fluid zone. Gold has chemical homogenous composition all over the area – fineness varies within close limits from 539 to 589‰. It is identified that, this mini-nugget occurred in exogenetic conditions for a short time and almost was not hydrodynamically processed. Most of the studied gold is characterized by poor roundness, angular-clotted and dendritic morphology, not processed primary pitted-lumpy surface with films of aluminosilicate composition. Fineness varies within wide limits – from low to high enough. It is proved that, this metal was not transported over long distances and was localized close to primary source. Study of mineral inclusions in gold and their comparison with ore mineral composition of sulphidized rock of the monzonite series, found in the field of development of gneisses of the Upper Anabar series, allowed supposing that, studied rocks could be one of primary gold sources.

Keywords: Anabar massif, typomorphic characters, placer gold, mini-nugget of gold, mineral inclusions, fineness, primary gold sources

Анабарский массив является важнейшим элементом Арктического тектоно-минерагенического пояса. Несмотря на то, что на древних массивах земного шара сконцентрировано большинство крупных и крупнейших месторождений благородных, радиоактивных и редкоземельных металлов, на Анабарском массиве до на-

стоящего времени не установлены золото-рудные месторождения. Вместе с тем ряд исследователей признают его перспективность в отношении рудной золото- и платиноносности [1–3]. Между тем минералогический метод, включающий в себя изучение типоморфных особенностей россыпного золота, является весьма пер-

спективным способом прогнозирования золотого оруденения на территориях, перекрытых отложениями квартера, к каковым относится и изучаемый массив. В связи с этим актуальным становится исследование типоморфных признаков россыпного золота рассматриваемого района, с целью прогнозирования коренных источников.

В целом предшествующие исследования в результате анализа структурно-формационных, региональных металлогенических и геохимических данных в пределах Анабарского щита, пришли к выводу, что большинство магматических комплексов, с которыми могут быть связаны рудопроявления благородных металлов, локализованы в пределах Котуйканской и Билляхской тектоно-флюидитных зон (ТФЗ). Ими выделены Билляхская и Котуйкан-Монголинская металлогенические зоны [1, 4, 5]. Исходя из этого, а также принимая во внимание более благоприятное расположение в транспортном отношении, целесообразно изучить минералогические особенности золота из россыпных проявлений Билляхской металлогенической зоны Анабарского щита.

В статье приводятся предварительные результаты исследований россыпного золота из двух мелкообъемных проб ($V_{\text{общ}} = 2 \text{ м}^3$), отобранных при полевых работах в верховьях руч. Улахан Хаптасыннах (Билляхская тектоно-флюидитная зона Анабарского щита).

Цель исследования: определение индикаторных типоморфных признаков россыпного золота Билляхской тектоно-флюидитной зоны и прогнозирование потенциальных коренных источников.

Материалы и методы исследования

Детальное изучение морфологии, микро рельефа поверхности, фотографирование произведены на сканирующем (растровом) микроскопе JSM – 6480 LV фирмы JEOL с аналитическими приставками Oxford Instruments (волновой и энергодисперсионный спектрометры). Пробность золота определена на рентгеновском микроанализаторе Camebax-micro фирмы Cameca. Шлиховое опробование водотоков производилось при помощи «сибирского» лотка, мелкообъемное – мини-промприбора «бутара».

Результаты исследования и их обсуждение

Геолого-структурная позиция. Участок работ расположен в центральной части Бил-

ляхской тектоно-флюидитной зоны, которая протягивается в северо-западном направлении до 250 км при ширине от 5 до 20 км. Ее основу создают системы сближенных разломов, между которыми заключены блоки в различной степени диафорированных и мигматизированных пород гранулитовой фации верхнеанабарской серии. Структура Билляхской зоны определяется чередованием полос милонитизации и катаклаза, трассирующих ранне- и позднепротерозойские разломы. В ее центральной части расположен палеопротерозойский Билляхский плутон порфиробластовых гранодиоритов и гранитов, а также дайки палеопротерозойских магматических пород различного состава [4]. Верхнеплейстоценовое – современное звено квартера представлены озерно-болотными образованиями (льдистыми суглинками, илами, супесями, торфами), плащеобразно перекрывающими практически всю территорию.

В районе верховьев руч. Улахан Хаптасыннах, где отобраны пробы (рис. 1), рельеф полого-увалистый с относительными превышениями 50–100 м. Долина ручья – неясно выраженная с очень пологими бортами. Ширина русла колеблется от 2 до 5 м. По берегам развита низкая пойма шириной до 5 м, заросшая травой. Обломочный материал аллювия представлен глыбами – 20%, щебнем – 20%, дресвой – 30%, песком – 30% и сложен в основном гранитами, гнейсами верхнеанабарской серии, изредка встречаются «аляскиты». Пробы отобраны из русловых отложений. Золото прослеживается практически с поверхностного слоя аллювия. Вместе с тем его содержание заметно увеличивается с уровня 0,5 м. Глубина пройденных выработок – 1,5 м. Объем намытого материала двух проб составил 2 м³.

Особенности россыпного золота. Изучено золото общим весом 7,5 г, гранулометрический состав которого следующий: 1–2 мм – 7%, 0,5–1 мм – 5%, 0,25–0,5 мм – 30% и –0,25 + 0,1 мм – 58%. Золотины представлены главным образом слабоокатанными пластинчатыми, угловато-комковидными и дендритовидными выделениями с ямчато-бугорчатой поверхностью (рис. 2). Довольно часто наблюдаются индивиды в сростках с кварцем или фрагментарной пленкой алюмосиликатного состава. Пробность золота колеблется в очень широких пределах: весьма высокая 951–999‰ – 48%, высокая 900–950‰ – 10%, средняя 800–899‰ – 10%, относительно низкая 700–799‰ – 10% и низкая 699–400‰ – 22%.

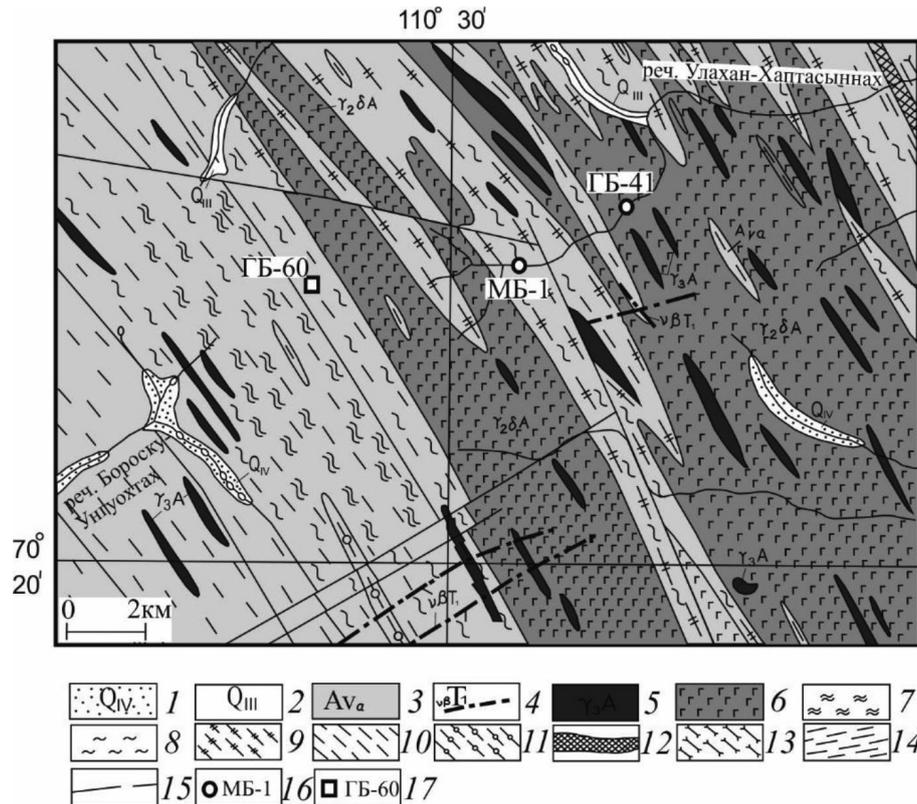


Рис. 1. Геологическое строение центральной части Билляхской тектоно-флюидитной зоны [4, 6]:

1 – современные аллювиальные пески, суглинки, галечники; 2 – верхнеплейстоценовые аллювиальные суглинки и песчаники; 3 – верхнеанабарская серия: гиперстеновые, дупироксеновые, роговообманководупироксеновые плагиогнейсы; пироксен-плагиоклазовые и роговообманковопироксен-плагиоклазовые кристаллические сланцы; редкие прослои салитовых и гранатовых плагиогнейсов; 4 – раннетриасовые дайки долеритов; 5 – аляскинты и лейкократовые биотитовые граниты; 6 – порфиробластические биотит-роговообманковые гранодиориты, граниты и граносиениты; 7 – зоны интенсивной гранитизации, биотитовые и амфиболовые гранито-гнейсы с реликтами субстрата; 8 – зоны мигматизации и умеренной гранитизации; 9 – участки интенсивной амфиболитизации и биотизации; 10 – гиперстеновые, дупироксеновые, роговообманково – пироксеновые плагиогнейсы; 11 – салитовые плагиогнейсы и скаполит-салитовые породы; 12 – биотит-силлиманитовые, силлиманитовые, силлиманит-кордиеритовые гнейсы; 13 – андрадит-клинопироксеновые и клинопироксеновые гнейсы; 14 – зоны интенсивного катаклаза и милонитизации; 15 – линии разрывных нарушений; 16 – места отбора мелкообъемных проб и их номера; 17 – место отбора штупфной пробы

Важно подчеркнуть, что в точке отбора пробы МБ-1 в интервале глубины 0,5–0,6 м намыт небольшой самородок со следующими параметрами: длина – 11 мм, ширина – 7 мм и толщина до 3 мм. Золотина имеет пластинчатую форму, ямчато-бугорчатый микрорельеф поверхности и весьма слабую окатанность (рис. 3, а). Вес мини-самородка составил 0,48 г. По химическому составу золото однородно по всей площади – пробность варьирует в весьма узких пределах от 539 до 589‰ (рис. 3, б). Высокопробная оболочка практически отсутствует, лишь на одном периферийном участке наблюдается

весьма тонкая (около 2 мкм) и непродолжительная (около 7 мкм) оторочка высокой пробы начальной стадии зарождения (рис. 3, в). Указанные типоморфные признаки свидетельствуют, что данный мини-самородок пребывал в экзогенных условиях весьма непродолжительное время и практически не подвергался гидродинамической обработке.

В крупном (фракция + 1 мм) самородном золоте микрозондовым анализом определены минеральные включения кварца, пирита, халькопирита, рутила, монацита, а также Fe, Ti, K и Nb, содержащие алюмосиликатные фазы (рис. 4).

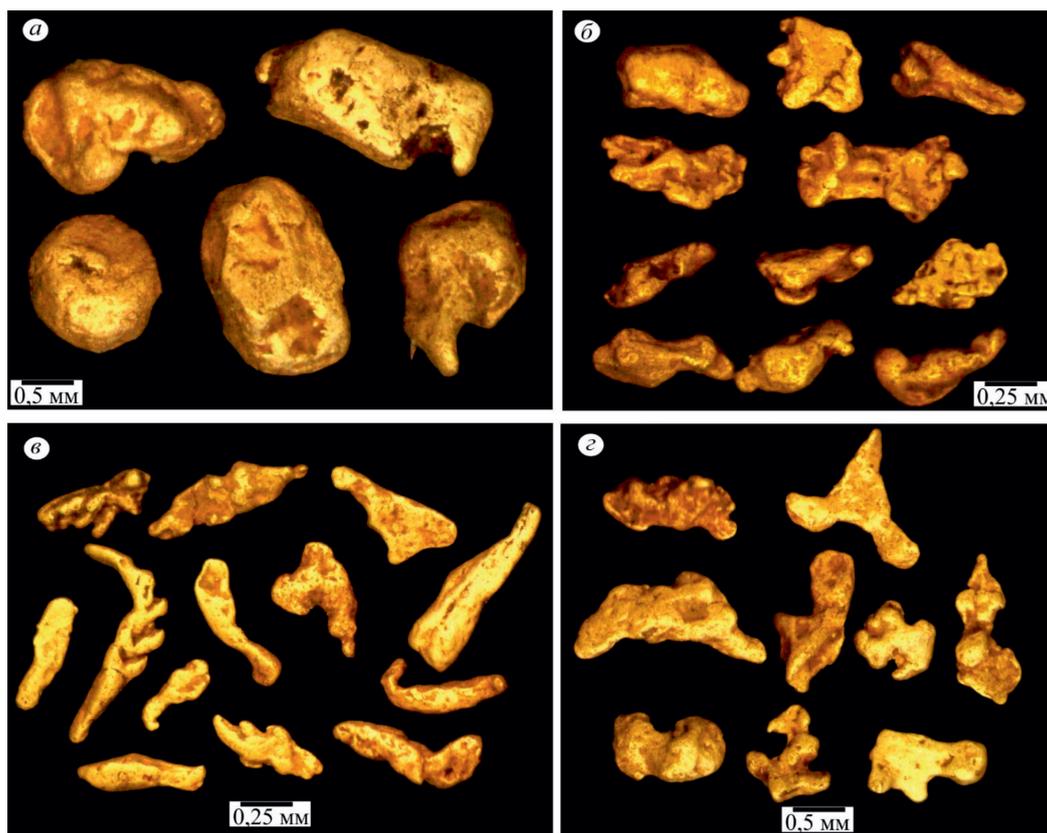


Рис. 2. Морфологические особенности россыпного золота Билляхской тектоно-флюидитной зоны: а – полуокатанные золотины фракции 0,5–1 мм; б – слабоокатанное угловато-комковидное золото фракции 0,25–0,5 мм; в – золотины дендритоидной формы фракции 0,25–0,5 мм; г – слабоокатанное золото пластинчатой формы

Таким образом, обнаружение мини-саморodka рудного облика и относительно крупного металла фракции 0,5–2 мм до 12%, их слабая окатанность и практически необработанная поверхность позволяют отнести изученное золото к автохтонному типу и свидетельствуют о наличии близлежащего коренного источника.

Потенциальные коренные источники золота. Проблемой рудной золотоносности Анабарского массива в разное время занимались немногочисленные исследователи. По данным Б.Р. Шпунта [7] частичная россыпная золотоносность образовалась за счет размыва кварц-кальцитовых сульфидизированных жил докембрийского возраста, проявленных в базитах. А.В. Толстовым [1] предполагается, что источниками россыпного высокопробного золота восточной части Анабарского массива являются кварцевые или сульфидно-кварцевые жилы. Согласно данным других авторов золотоносные площади тяготеют к интрузивам порфировидных и аляскитовых гранитоидов [8]. Вместе с тем до настоящего времени вопрос рудоносности Анабарского массива остается открытым.

В водораздельной части рр. Улахан Хапта-сыннах и Бороску Унгуохтаах в поле развития пород верхнеанабарской серии нами обнаружена небольшая зона сульфидизированных пород. Отобран образец ГБ-60 (рис. 1), который представляет собой по предварительным данным монцитит полосчатой текстуры диоксид-амфибол-биотит-плагиоклаз-калишпатового состава. Микрозондовый анализ показал, что сульфидные минералы представлены в основном пирротинном, пиритом (рис. 5, а) и халькопиритом (рис. 5, б). Мельчайшее выделение золота обнаружено в ассоциации с кварцем и халькопиритом (рис. 5, в). Фаза гессита выявлена в виде тончайших прожилков развитых по границам срастания пирита и халькопирита (рис. 5, г). Кроме этого обнаружены мелкие близкие к изометричным кристаллы монацита (рис. 5, д).

В водораздельной части рр. Улахан Хапта-сыннах и Бороску Унгуохтаах в поле развития пород верхнеанабарской серии нами обнаружена небольшая зона сульфидизированных пород. Отобран образец ГБ-60 (рис. 1), который представляет собой по предварительным данным монцитит полосчатой текстуры диоксид-амфибол-биотит-плагиоклаз-калишпатового состава. Микрозондовый анализ показал, что сульфидные минералы представлены в основном пирротинном, пиритом (рис. 5, а) и халькопиритом (рис. 5, б). Мельчайшее выделение золота обнаружено в ассоциации с кварцем и халькопиритом (рис. 5, в). Фаза гессита выявлена в виде тончайших прожилков развитых по границам срастания пирита и халькопирита (рис. 5, г). Кроме этого обнаружены мелкие близкие к изометричным кристаллы монацита (рис. 5, д).

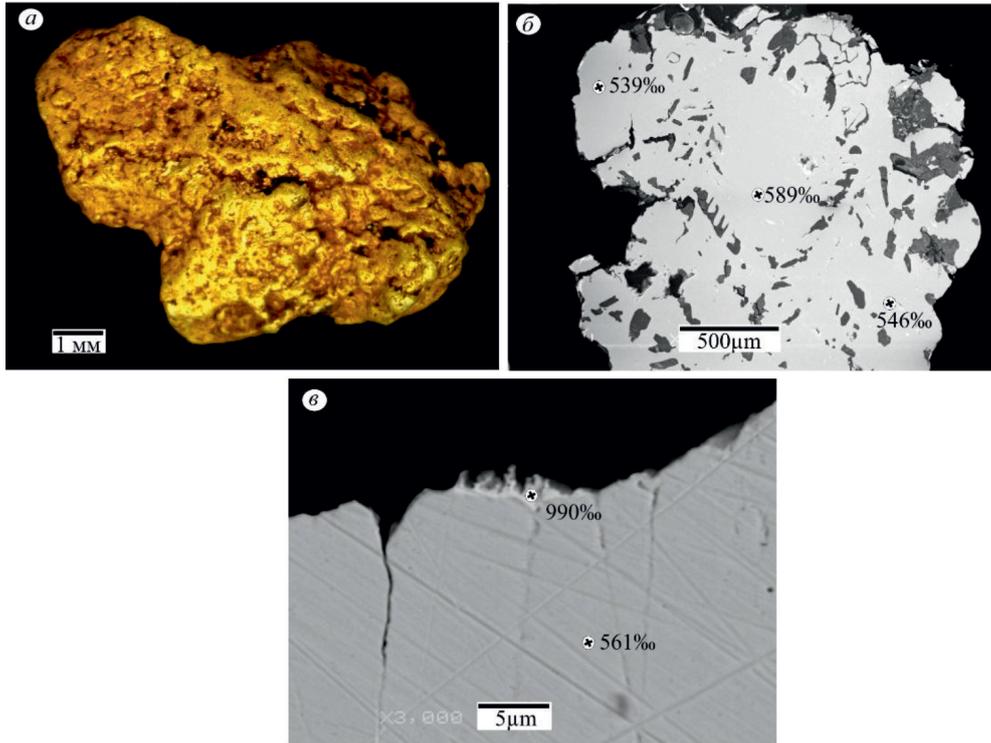


Рис. 3. Особенности мини-самородка рудного облика: а – общий вид; б – вариации пробыности; в – весьма тонкая прерывающаяся высокопробная оторочка начальной стадии зарождения по периферии мини-самородка

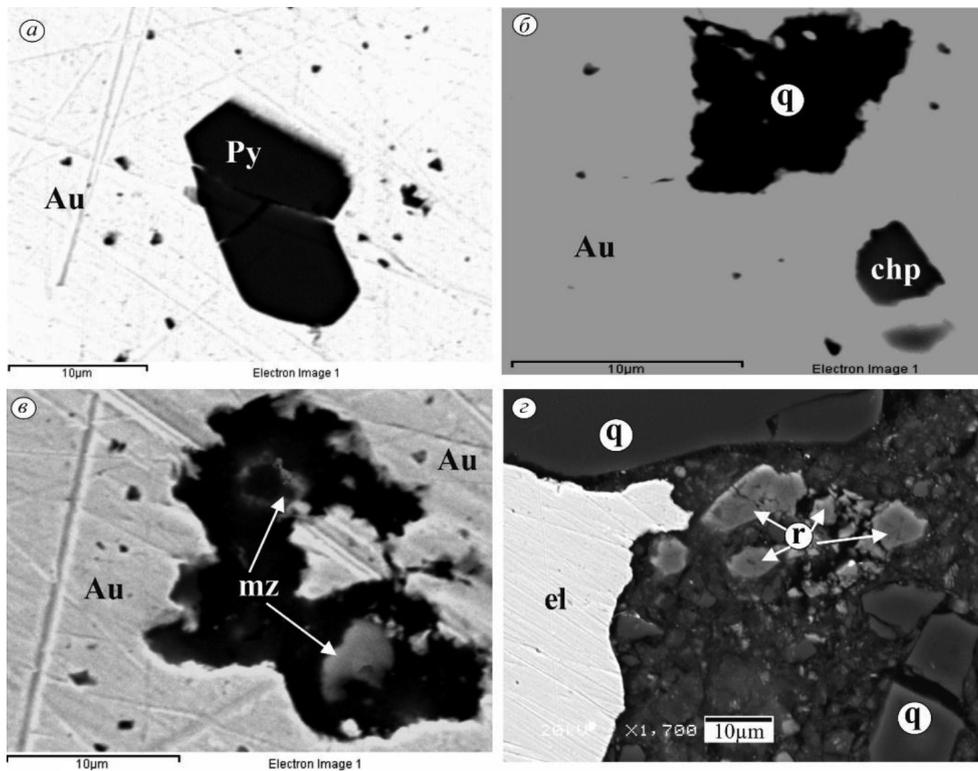


Рис. 4. Минеральные включения в россыпном золоте: а – кристалл пирита; б – включения кварца и халькопирита; в – мелкие выделения монацита; г – зерна рутила и кварца в электруме

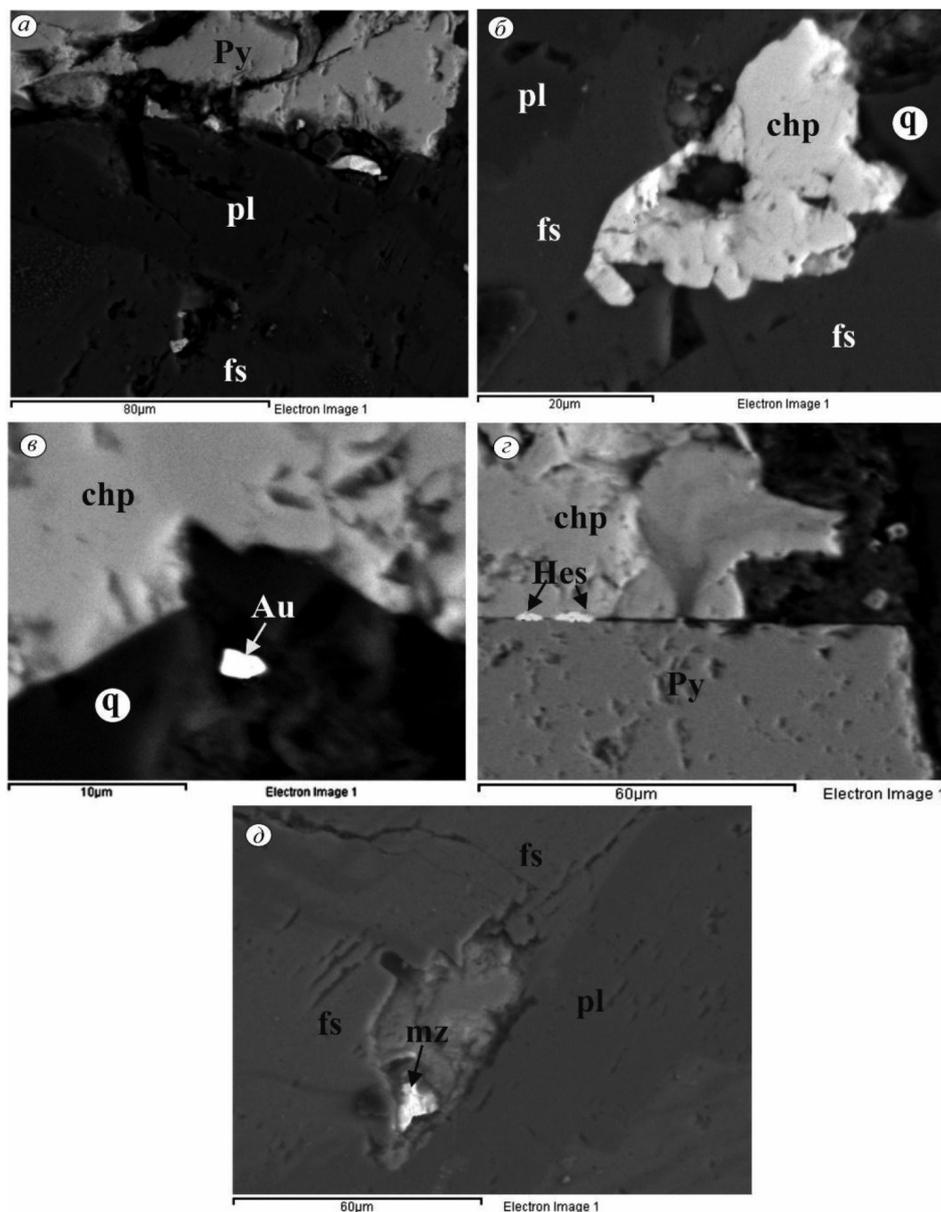


Рис. 5. Рудная вкрапленная минерализация в монцоните: а – пирит (Py) в плагиоклаз (pl) – калишпатом (fs) субстрате; б – зерно халькопирита; в – мелкое выделение золота (Au) в ассоциации с кварцем и халькопиритом; г – гессит (Hes), развитый в виде прожилка в зоне срастания халькопирита (chp) и пирита (py); д – зерно монацита

Следует обратить внимание на то, что кварц и рудные минералы развиты преимущественно по трещинам субстрата и, вероятно, представляют собой продукты наложенных низкотемпературных процессов. Доказательством этого предположения является наличие теллурида серебра характерного для низкотемпературных месторождений. Вместе с тем это предположение требует более детальных исследований.

В целом на данном этапе исследований можно констатировать, что парагенезисы рудных минералов сульфидизированных горных пород сопоставимы с минеральными включениями в россыпном золоте руч. Улахан Хаптасыннах. Это может свидетельствовать, что данные породы могли служить коренными источниками изученного россыпного золота. Безусловно, минералогические и петрографические особенности сульфидизированных пород Биляхской

зоны требуют дальнейшего более детального изучения.

Выводы

1. Детальное изучение минералогических особенностей золота из россыпного проявления верхнего течения руч. Улахан Хаптасын-нах позволило выявить типоморфные признаки, характерные для россыпей ближнего сноса. К ним относятся слабая окатанность, угловато-комковидная и дендритоидная форма, не обработанная первичная ямчато-бугорчатая поверхность с примазками алюмосиликатного состава, а также доля крупной фракции (0,5–2 мм) золота до 12% в изученных мелкообъемных пробах. Таким образом, в верховьях руч. Улахан Хаптасын-нах прогнозируется рудное проявление золота.

2. Впервые на территории Билляхской ТФЗ Анабарского щита обнаружен низкопробный мини-самородок рудного облика весом 0,48 г, что также свидетельствует о наличии близлежащих коренных источников.

3. Предварительное изучение минерального состава сульфидизированной горной породы монцонитового ряда, обнаруженного в поле развития гнейсов верхнеанабарской серии, и сопоставление с минеральными включениями в россыпном золоте позволило предположить, что данные породы могли служить одним из его коренных источников. В свете вышеизложенного возникает необходимость более детального изучения этих пород.

Статья подготовлена при финансовой поддержке проекта РФФИ № 18-45-140018 p_a, а также по плану НИР ИГАБМ СО РАН, проект № 0381-2019-0004.

Список литературы / References

1. Толстов А.В. Перспективы золотоносности Анабарской антеклизы // Вестник госкомгеологии. 2002. № 1 (2). С. 44–49.
1. Толстов А.В. Gold content potential of the Anabar anticline // Vestnik goskomgeologii. 2002. № 1 (2). P. 44–49 (in Russian).
2. Кузнецов А.А. Геолого-прогнозно-минерогеническая модель и перспективы промышленной рудоносности Анабарского щита // Отечественная геология. 2008. № 6. С. 22–34.
2. Kuznetsov A.A. The Anabar Craton: A predictive geological and mineragenic model and economic potential // Otechestvennaya geologiya. 2008. № 6. P. 22–34 (in Russian).
3. Турченко С.И., Розен О.М. Минерогения и тектоника раннего докембрия Анабарского щита // Отечественная геология. 2012. № 3. С. 8–16.
3. Turchenko S.I., Rosen O.M. Minerageny and Early Precambrian Tectonics of the Anabar shield // Otechestvennaya geologiya. 2012. № 3. P. 8–16 (in Russian).
4. Смелов А.П., Котов А.Б., Сальникова Е.Б., Ковач В.П., Березкин В.И., Кравченко А.А., Добрецов В.Н., Великославинский С.Д., Яковлева С.З. Возраст и продолжительность формирования Билляхской зоны тектонического меланжа, Анабарский щит // Петрология. 2012. Т. 20. № 3. С. 315–330.
4. Smelov A.P., Kotov A.B., Salnikova E.B., Kovach V.P., Berezkin V.I., Kravchenko A.A., Dobretsov V.N., Velikoslavinsky S.D., Yakovleva S.Z. Age and duration of the formation of the Billyakh tectonic melange zone, Anabar shield // Petrologiya. 2012. T. 20. № 3. P. 315–330 (in Russian).
5. Молчанов А.В., Князев В.Ю., Худолей А.К. Тектонофлюидитные зоны Анабарского щита и их рудоносность // Региональная геология и металлогения. 2011. № 47. С. 96–106.
5. Molchanov A.V., Knyazev V.Yu., Khudoley A.K. Tectonofluiditic zones of the Anabar Shield and their ore content // Regional'naya geologiya i metallogeniya. 2011. № 47. P. 666–675 (in Russian).
6. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение) Серия Анабаро-Виллойская. Лист R-49 – Оленёк. СПб., 2016. 407 с.
6. State geological map of the Russian Federation. Scale 1:1000000 (third generation) R-49 Anabaro-Vilyui Sheet. Series – Olenyok. SPb., 2016. 407 p. (in Russian).
7. Шпунт В.Р. Генетические типы проявлений золота в северо-восточной части Сибирской платформы // Уч. запiski. НИИГА. Региональная геология. 1970. С. 5–15.
7. Shpunt V.R. Genetic types of gold occurrences in the North-eastern part of the Siberian platform // Uch. zapiski NIIGA. Regional'naya geologiya. 1970. P. 5–15 (in Russian).
8. Кравченко А.А., Смелов А.П., Березкин В.И., Зеденизов А.Н., Добрецов В.Н. Природа золоторудной минерализации раннепротерозойского билляхского гранитоидного комплекса по геохимическим данным (Анабарский щит) // Отечественная геология. 2010. № 5. С. 23–29.
8. Kravchenko A.A., Smelov A.P., Berezkin V.I., Zedgenizov A.N., Dobretsov V.N. Nature of gold-ore mineralization of the early Proterozoic Billyakh granitoid complex according to geochemical data (Anabar shield) // Otechestvennaya geologiya. 2010. № 5. P. 23–29 (in Russian).

УДК 504:574.5

МОНИТОРИНГ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОДУКЦИОННО-ДЕСТРУКЦИОННЫХ ОТНОШЕНИЙ В ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ

¹Дмитриев В.В., ¹Боброва О.Н., ²Грачева И.В., ¹Колодкин П.А.,
³Примак Е.А., ¹Седова С.А., ¹Четверова А.А.

¹Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург;

²Ковровская государственная технологическая академия им. В.А. Дегтярева, Ковров;

³Российский государственный гидрометеорологический университет, Санкт-Петербург,
e-mail: v.dmitriev@spbu.ru, vasilij-dmitriev@rambler.ru

Рассматриваются результаты мониторинга первичной продукции и деструкции органического вещества в малых озерах северо-западного Приладожья на примере оз. Суури (Большое Волковское) по данным натурных наблюдений 2016–2018 гг. и моделирование продукционно-деструкционных отношений в мелководной экосистеме. В моделях учитывается зависимость первичной продукции от температуры воды, освещенности, содержания в воде биогенов (минерального фосфора, аммонийного, нитритного, нитратного азота). Деструкция органического вещества в водной экосистеме рассматривается как сумма трат на обмен гидробионтов: фитопланктона, зоопланктона; бактерий, ассоциированных с детритом. В экспериментах в деструкцию также включена скорость минерализации растворенного органического вещества (растворенные органические углерод, азот, фосфор). На моделях выполнена серия экспериментов по влиянию факторов среды и биоты на продукционно-деструкционные отношения в экосистеме. Рассматриваются эксперименты по изменению глубины (мощности слоя, в котором продуцируется органическое вещество); влиянию температуры воды; увеличению концентрации биогенных элементов (минерального азота и фосфора) на скорости продукции и деструкции органического вещества в озере. Имитируется увеличение трат на обмен компонентов биоты, дополнительный учет скоростей минерализации растворенного органического вещества в оценке деструкции и их влияние на внутригодовое изменение отношения «деструкция/продукция». Выявлены периоды, когда это отношение больше 1,0 (система способна к самоочищению) и меньше 1,0 (система эвтрофируется). Показано, что дополнительный учет минерализации органического вещества не сильно сказывается на величине отношения «деструкция/продукция». Делается вывод о способности экосистем малых озер к самоочищению в различные сезоны года. Обсуждаются результаты и перспективы исследований.

Ключевые слова: водная экосистема, продукция, деструкция, моделирование, самоочищение

MONITORING AND MODELING OF PRODUCTION AND DESTRUCTION RELATIONS IN AQUATIC ECOSYSTEMS

¹Dmitriev V.V., ¹Bobrova O.N., ²Gracheva I.V., ¹Kolodkin P.A.,
³Primak E.A., ¹Sedova S.A., ¹Chetverova A.A.

¹Saint Petersburg State University, St. Petersburg;

²Kovrov State Technological Academy V.A. Degtyarev, Kovrov;

³Russian State Hydrometeorological University, St. Petersburg,
e-mail: v.dmitriev@spbu.ru, vasilij-dmitriev@rambler.ru

The results of monitoring of primary production and destruction of organic matter in small lakes of the north-western Ladoga area according to field observations of 2016-2018 and modeling of production-destruction relations in a shallow-water ecosystem are considered. The models take into account the dependence of the primary production on water temperature, light, content of nutrients in water. Destruction is considered as the sum of expenses for the exchange of hydrobionts: phytoplankton, zooplankton; bacteria associated with detritus. The experiments also take into account the mineralization of dissolved organic matter. On the models, a series of experiments on the influence of environmental factors and biota on production-destruction relations in the ecosystem was carried out. Experiments on changing the depth (thickness of the layer in which organic matter is produced), the effect of water temperature, the increase in the concentration of biogenic elements on the rate of production and destruction of organic matter are considered. An increase in expenditure on the exchange of biota components, an additional consideration of the rates of mineralization of dissolved organic matter in the assessment of degradation and their effect on the intra-annual change in the degradation / production ratio is simulated. There are periods when this ratio is more (the system is capable of self-cleaning) and less (the system is eutrophied) 1.0. It is shown that the additional accounting for the mineralization of organic matter does not strongly affect the «destruction / production» ratio. The conclusion is made about the ability of lake ecosystems to clean themselves in different seasons of the year. The results and prospects of research are discussed.

Keywords: aquatic ecosystem, products, destruction, modeling, self-cleaning

Индикаторный подход к оценке состояния природных систем обуславливает применение репрезентативных критериев для оценки состояния и нормирования воздействий на естественные и антропогенно-трансформи-

рованные наземные и водные эко- и геосистемы. Такие критерии часто называют индикаторами, индексами состояния системы и ее эмерджентных свойств, маркерами системы, трассерами траекторий развития.

Одним из основных индикаторов состояния и трансформации природных экосистем традиционно выступает соотношение скоростей процессов продуцирования и деструкции органического вещества в системе. Например, кризисное состояние природной системы связывают с утратой ее способности продуцировать органическое вещество в экосистеме, а «злокачественное увеличение продуктивности» обуславливает антропогенное эвтрофирование водных экосистем [1]. Отношение «продукция / деструкция» показывает, какие процессы в данный момент преобладают в экосистеме: новообразование и биосинтез нового органического вещества или разрушение и разложение мортмассы, деструкция и минерализация взвешенного и растворенного органического вещества. При этом, как правило, в практике оценивания рассматривается отношение валовой первичной продукции к суммарной деструкции органического вещества на временном интервале функционирования экосистемы. Деструкция и минерализация органического вещества осуществляются в водной экосистеме организмами-деструкторами (свободноплавающими и агрегированными с детритом бактериями), а также другими гидробионтами (фито-, зоопланктон, бентос, рыбы и др.) в процессе их трат на обмен (единый дыхательно-выделительный процесс, присущий всем живым организмам), а первичная продукция создается первичными продуцентами (фитопланктон, макрофиты, фитобентос). В последние годы появились новые обобщения и модельные представления, описывающие эти и другие процессы в водной среде и оценку факторов, их обуславливающих [2, 3]. Реже разрабатывались модели факториальной экологии, описывающие влияние какого-либо одного или нескольких факторов на указанные процессы. Параллельно решались проблемы совместного учета факторов по типу (Л-моделей или М-моделей), совершенствовался мониторинг, разрабатывались модели функционирования водных экосистем в целом [4–6].

На основе обобщения результатов мониторинговых наблюдений за межгодовой изменчивостью D/P -отношений в летнее время и моделирования мелководной экосистемы оценить влияние факторов среды и биоты на внутригодовое изменение D/P .

Материалы и методы исследования

Модели P/D или D/P -отношений применяются в процессе анализа результатов

моделирования экосистемы в целом, и это оправдано, поскольку и числитель, и знаменатель этих отношений являются функциями многих факторов, их учет сопоставим с созданием отдельных блоков имитационной модели водной экосистемы в целом. Первый вариант (P/D) чаще присутствует в биологических или экосистемных исследованиях, выполненных с позиций био- или эоцентризма. В водоеме это отношение изменяется в течение суток, по глубине и по сезонам года. Второй вариант (D/P) чаще встречается в системном моделировании, поскольку дает возможность оценить вклад различных гидробионтов в суммарную деструкцию и способность системы к самоочищению. В целом D/P является одним из важнейших индикаторов «устойчивого развития» водных экосистем. Его незначительное изменение при внешнем воздействии на экосистему свидетельствует об устойчивости экосистемы к оказанному воздействию. Его направленное изменение в сторону снижения D/P иллюстрирует результат естественного или антропогенного эвтрофирования водной экосистемы. При этом на моделях может быть определена антропогенная составляющая этих изменений на фоне естественного изменения продукционно-деструкционных отношений в экосистеме.

1. Наблюдения за первичной продукцией и деструкцией органического вещества в водной экосистеме. Наблюдения осуществлялись в летнее время (июль) на малом озере Суури (Большое Волковское) в северо-западном Приладожье методом светлых и темных склянок [5, 7]. Ниже приводится обсуждение результатов исследований 2016–2018 гг. Значения $D:P_{\text{вал}}$ в открытом районе озера, в большинстве случаев оказались $> 1,0$. Это свидетельствует о том, что в это время процессы деструкции органического вещества превышали его новообразование.

В 2016 г. исследования в центральном районе оз. Суури проводились пять раз [3, 5]. Средняя глубина прозрачности в период суточной станции составила 1,57 м. Среднее значение $P_{\text{вал}} = 0,55$ мг O_2 /л*сут; $D = 1,13$ мг O_2 /л*сут; $D/P_{\text{вал}} = 2,36$. Отношение $D:P_{\text{вал}}$ для верхнего горизонта наблюдений составило 2,05. Сравнение данных 2016 и 2015 гг. позволило сделать вывод о том, что увеличение примерно на 0,5 м уровня воды в озере в 2016 г. уменьшило продукционную способность озерной экосистемы в период наблюдений примерно в 1,5–2 раза.

Подтвердился вывод о том, что повышение уровня воды в водоеме является значимым фактором в борьбе с его эвтрофированием. Деструкция органического вещества в озере снизилась в 1,1–1,3 раза, что указывает на разные темпы продукции и деструкции органического вещества [7].

В 2017 г. наблюдения выполнялись на шести станциях [7]. Среднее значение $P_{\text{вал}}$ составило 0,83 мг O_2 /л сут, при разбросе данных от 0,4 до 1,2 мг O_2 /л сут. Среднее значение $D = 1,73$ мг O_2 /л сут при разбросе данных от 0,8 до 2,6 мг O_2 /л сут. В целом деструкция превышала образование нового органического вещества в период работ в 2,37 раза. Получено, что в 2017 г. в слое средней прозрачности воды за 1 сутки образовалось 149 кг С сут⁻¹. В этом же слое подверглось деструкции 311 кг С сут⁻¹.

Исследования 2018 г. показали, что средняя глубина прозрачности в период исследований составила 1,48 м. Среднее значение $P = 0,38$ мг O_2 /л*сут; $D = 1,41$ мг O_2 /л*сут; $D/P_{\text{вал}} = 4,02$. Полученные значения $D/P_{\text{вал}}$ подтвердили вывод о том, что исследуемый водоем способен к самоочищению и справляется с нагрузками на него. Расчет количества органического вещества, образовавшегося за одни сутки (с 10 по 15.07.18) в слое средней прозрачности воды показал, что по величине валовой продукции фитопланктоном было синтезировано 66,53 кг С сут⁻¹. Также было показано, что за одни сутки в оз. Суури подверглось деструкции 241,27 кг С сут⁻¹. Параллельно с основными наблюдениями был проведен эксперимент для исследования влияния объема склянок на результаты экспериментов. По сравнению с традиционным (0,25 л) объем был увеличен до 2 л. Это позволило оценить чистую планктонную продукцию в озере, которая составила 0,64 мг O_2 /л*сут.

2. Моделирование $D/P_{\text{вал}}$ – отношений. Первичную продукцию и деструкцию оценим на основе следующих модельных расчетов [5]. Для упрощения задачи будем считать, что основными гидробионтами в водоеме являются: фитопланктон (F), зоопланктон (Z), бактерии (B), ассоциированные с детритом (D). Найдем валовую первичную продукцию:

$$P_{\text{вал}} = (\mu_F + r_F)F, \quad (1)$$

где μ_F – интенсивность чистого первичного биосинтеза фитопланктона, r_F – интенсивность трат на обмен фитопланктона, F – биомасса фитопланктона.

Деструкцию (D) органического вещества в воде представим как

$$D = R_F + R_Z + R_B, \quad (2)$$

где R_F , R_Z , R_B – скорости трат гидробионтов на обмен.

Расчет μ_F выполним по М-модели:

$$\mu_F = f(t^0) * f(I) * f(P) * f(N), \quad (3)$$

где t^0 – температура воды, I – освещенность в слое толщиной H ; $f(P)$, $f(N)$ – функции влияния биогенов (фосфора и азота) на рост планктонных водорослей.

Функцию влияния температуры воды зададим по [5]:

$$f(t^0) = \exp(a * (t^0) - b). \quad (4)$$

Функцию влияния освещенности зададим по [4]:

$$f(I) = I / I_{\text{опт}} * \exp(1 - I / I_{\text{опт}}). \quad (5)$$

Среднюю интегральную освещенность I в слое толщиной H рассчитаем по [5] по формуле

$$I = \{I_0 * k * k_n * [1 - \exp(-\gamma H)]\} / \gamma H. \quad (6)$$

В (6): I_0 – поступающая на поверхность воды суммарная за сутки солнечная радиация; k – коэффициент экстинкции, k_n – коэффициент влияния льда (и снега на поверхности льда) на ослабление света, γ – показатель ослабления света взвесью. Параметры k_n и γ найдем из эмпирических уравнений: $k_n = \alpha - \beta \Delta$, где $\alpha = 0,797$; $\beta = 0,014$; Δ – толщина льда в см [5]. В случае отсутствия льда $k_n = 1,0$. Коэффициент ослабления света взвесью γ рассчитаем по формуле

$$\gamma = a(Bs + M) + b, \quad (7)$$

где $a = 0,141$; $b = 0,164$; B_s – суммарная взвесь ($F + Z + B + D$); M – мутность воды, (мг/л) по [5] является функцией скорости ветра W :

$$M = (aW)^b + c, \quad (8)$$

где $a = 0,368$; $b = 2,22$; $c = 7,0$.

Влияние биогенов рассчитаем по модели Михаэлиса – Ментен – Монó [4]:

$$f(P) = \frac{P}{(K_P + P)}; f(N) = \frac{N}{K_N + N};$$

где

$$N = NH_4 + n(NO_2 + NO_3),$$

$$n = 1 / \left(1 + \left(\frac{NH_4}{NH_{4\text{крит}}}\right)\right). \quad (9)$$

Параметры полунасыщения по биогенам: $K_P = 20$ мкг $P/л$, $K_N = 35$ мкг $N/л$; критическая концентрация аммонийного азота $NH_{4крит.} = 17$ мкг $N/л$. Дополнительно может быть учтено влияние загрязняющих веществ, например тяжелых металлов, на μ_F [5].

Скорость трат на обмен у фитопланктона R_F рассчитаем по формуле

$$R_F = r_F F, r_F = a_F \mu_F + \Delta_F. \quad (10)$$

Доля a_F трат на обмен фитопланктона от величины μ_F задана по эмпирическому уравнению

$$a_F = a \exp(-0,0023 * I_0). \quad (11)$$

Параметр Δ_F задан равным 5% от величины $a_F * \mu_F$ для января.

Скорость трат на обмен зоопланктона $R_Z = r_Z Z$, где r_Z – интенсивность трат на обмен зоопланктона, зависящая от среднего веса организмов (W_Z) и температуры воды [5]:

$$r_Z = a_Z W_Z^b \exp(c(t^0 - 20)). \quad (12)$$

Скорость трат на обмен бактерий (R_B), ассоциированных с детритом принята равной 60% от валовой бактериальной продукции $B_{вал}$, рассчитываемой по эмпирической формуле из [4]: $B_{вал} = 0,0087 * (t^0)^2 * B$.

Результаты исследования и их обсуждение

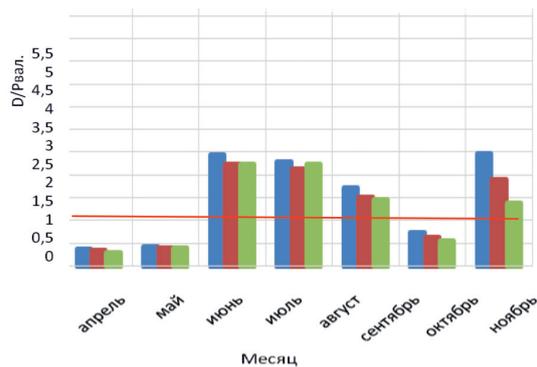
Рассчитаем $D:P_{вал}$ по формулам (1–12) для месяцев года с различными вариантами задания мощности (толщины) продукционного слоя: 1,0; 1,5; 2,0; 3,0; 4,0; 5,0 м. Значения температуры воды (t^0) по месяцам года зададим по наблюдениям в Невской губе по ГМП «Лисий нос». Значения I_0 и скорости ветра (W) зададим по средним многолетним данным для широты г. Санкт-Петербурга. Зададим расчетные параметры функций (3)–(8): $k = 0,5$; $I_{онт} = 1,5$ МДж/м²сут. Для расчета r_z зададим: $W_Z = 10^{-4}$ мг сух. веса; $a_z = 0,06$; $b = -0,25$; $c = 0,1$. Биомассу фитопланктона (F), зоопланктона (Z), бактерий (B), ассоциированных с детритом (D) зададим рекогносцировочно по результатам моделирования мелководной экосистемы [5]. Концентрацию минерального фосфора (P), аммонийного азота (NH_4); нитритов (NO_2); нитратов (NO_3) по месяцам года также зададим по результатам моделирования. Оценим возможности самоочищения водной экосистемы на годовом интервале ее функционирования по величине $D:P_{вал}$. Приведенный алгоритм дает возможность оценить также вклад в самоочищение компонентов биоты по отдельности. Для этого необходимо рассчитать отношения $R_F/P_{вал}$; $R_Z/P_{вал}$; $R_B/P_{вал}$ [5].

На рисунке приведены некоторые результаты моделирования изменчивости D/P в расчетных сценариях 1 и 2:

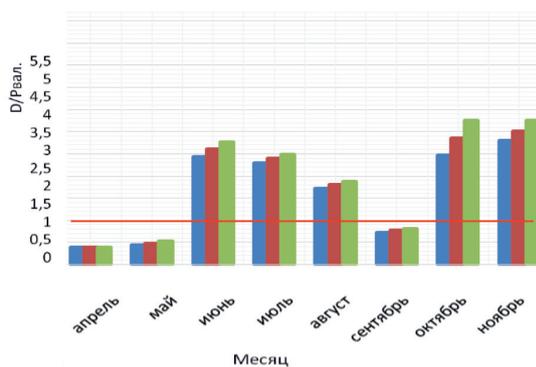
1. Влияние H и температуры воды на D/P . Рассчитывается средняя интегральная освещенность I в слое толщиной $H = 1,5$ м. Параметр a в функции (11) задан равным 0,25. Толщина льда зимой 30 см. Результаты по изменению параметра H приведены на рисунке, *a*, изменение H : $H = 1,5$ м (синий); 2 м (коричневый); 3 м (зеленый). На рисунке, *б*: представлены результаты изменения D/P при изменении температуры воды в безледный период: исходный ряд температуры воды (синий); температура воды в безледный период увеличена на 1 °С (коричневый); температура воды в безледный период увеличена на 2 °С (зеленый). Рисунок, *в*, иллюстрирует вклад отношений $R_F/P_{вал}$ (синий); $R_Z/P_{вал}$ (коричневый); $R_B/P_{вал}$ (серый) в суммарное D/P .

2. Влияние H , температуры воды и концентраций минерального азота и фосфора на D/P . Рассчитывается средняя интегральная освещенность I в слое толщиной $H = 2,0$ м. Параметр a в функции (11) задан равным 0,59 (имитируется гипотетический переход фитопланктона на активный обмен, который может быть обусловлен загрязнением экосистемы). Толщина льда зимой нарастает от 30 см в декабре до 50 см в феврале, затем снижается до 30 см в апреле. Рисунок, *з*, отражает изменение H : $H = 2,0$ м (квадраты); 1 м (ромбы); 4 м (треугольники). Рисунок, *д*, отражает изменение температуры воды: исходный ряд температуры воды (квадраты); температура воды в безледный период уменьшена на 2 °С (ромбы); температура воды в безледный период увеличена на 2 °С (треугольники). Рисунок, *е*, отражает увеличение концентрации биогенов (минеральный азот и фосфор) в 2 раза (треугольники) на фоне внутригодового изменения D/P при исходной концентрации биогенов (квадраты).

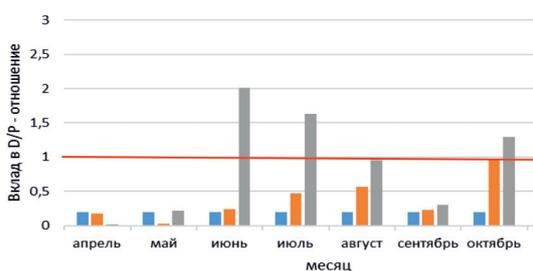
Во всех экспериментах выявлена ведущая роль бактерий в деструкции органического вещества в экосистеме. Динамика D/P – отношения при $H = 5,0$; 3,0; 2,5 м характеризуется максимумом D/P в июне – июле (2,2–1,6), который обусловлен усилением деструкции с ростом температуры воды на фоне роста продукции. $D/P < 1$ отмечено на временных промежутках январь (февраль) – май и август – ноябрь (декабрь) (до 0,4). Отличительной особенностью этих периодов является то, что значения $D/P < 1$ вызваны сравнительно низкой деструкцией на фоне роста продукции.



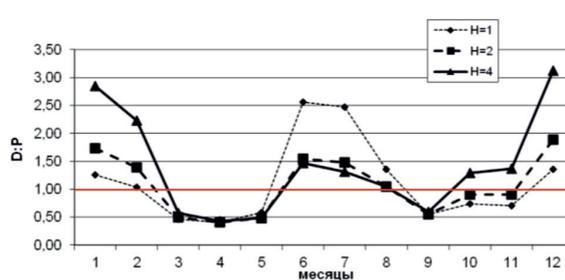
а)



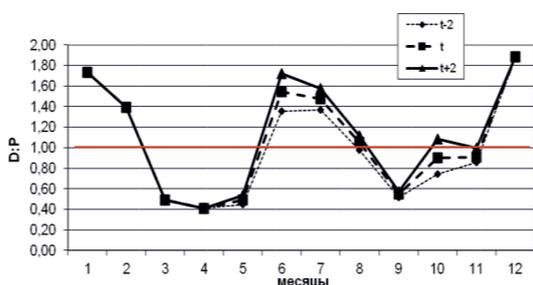
б)



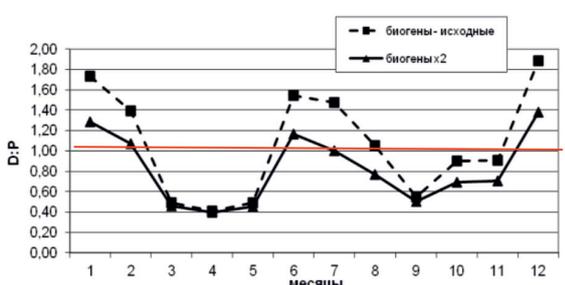
в)



г)



д)



е)

Внутригодовая изменчивость D/P в расчетных сценариях (пояснение в тексте)

В эксперименте с $H = 2,5; 2,0; 1,5$ м весной (апрель – май) отмечены $D/P < 1$ (порядка 0,4), летом $D/P > 1$ (1,7–2,45), осенью выявлены значения $D/P < 1$ (0,6–0,7), которые приходятся на сентябрь (октябрь). Зимние значения $D/P > 1$ обусловлены снижением скорости продуцирования органического вещества на фоне низкой скорости деструкции. Летние $D/P > 1,0$ характеризуются опережающим ростом деструкции на фоне увеличения первичной продукции в водоеме. Осенние $D/P < 1$ обусловлены

возрастанием продукционной способности на фоне общего постепенного снижения деструкции в водной экосистеме.

Также был выполнен эксперимент, характеризующий возможный недоучет суммарного разложения органического вещества в экосистеме за счет минерализации растворенного органического вещества. Скорость минерализации растворенного органического углерода, азота, фосфора в расчетах зависела от температуры воды [5]. Таким образом, скорость деструкции бакте-

риями взвешенного органического вещества и скорость минерализации растворенного органического вещества (M) оценивались суммой $M + R_F + R_Z + R_B$ или $(M + D)$.

Анализ изменчивости $(M+D)/P$ при $N = 2,5$ м выявил $(M + D)/P > 1$ на промежутке июнь – июль (до 1,75) и в декабре (до 2,2). Значения $(M + D)/P < 1$ отмечены на промежутке январь – май (0,35), август – ноябрь (0,55). Отмечен максимум $(M + D)/P$ в январе (2,2), который обусловлен не усилением процесса деструкции и минерализации, а снижением продуктивности фитопланктона. Минимум $(M + D)/P$ в апреле – мае (0,35) связан с увеличением продукции в водоеме (весенний максимум вегетации фитопланктона). Анализ результатов показывает, что дополнительный учет при расчете D/P скоростей минерализации растворенных органических углерода, азота, фосфора не сильно сказывается на результатах моделирования D/P -отношения.

Заключение

Разработка методов мониторинга скоростей массообмена между компонентами водных экосистем, моделирование процессов массообмена, зависимости скоростей процессов от влияющих на них факторов является актуальной задачей современной водной экологии, системного моделирования и системного нормирования. Мониторинг наземных и водных экосистем целесообразно развивать за счет оценки скоростей процессов, характеризующих массообмен в экосистемах и экосистемные функции.

Оценка внутригодовой изменчивости скоростей массообмена и соотношений между ними дает исследователю необходимую информацию для оценки экологического состояния водного объекта, его простых и сложных свойств и может использоваться для доказательства адекватности моделей водных экосистем. Современные акценты исследований: 1 – разработка индикаторов оценки экологического состояния водных экосистем; 2 – интегральная оценка эмергентных свойств водных объектов (экосистем): устойчивость, экологический статус, экологическое благополучие, экологическая напряженность и др.; 3 – разработка индикаторов системных свойств.

Информация о скоростях массообмена в экосистеме может использоваться для

принятия управленческих решений при планировании воздействия на водные объекты и их экосистемы.

Исследования выполнялись при поддержке гранта РФФИ №18-05-60291 а.

Список литературы / References

1. Одум Ю. Основы экологии / Пер. с 3-го англ. изд. под ред. Н.П. Наумова. М., 1975. 740 с.
2. Odum Y. Fundamentals of Ecology / Trans. from 3rd ed. by ed. N.P. Naumov. M., 1975. 740 p. (in Russian).
3. Ostroumov S.A. Biocontrol of water quality: Multifunctional role of biota in water self-purification. *Rus. J. Gen. Chem.* 2010. № 80 (13). P. 2754–2761. DOI: 10/1134/51070363210130086.
4. Абакумов В.А. Новое в изучении современных проблем наук об окружающей среде и экологии, включая исследования водных экосистем и организмов // Успехи наук о жизни. 2012. № 5. С. 121–126.
5. Abakumov V.A. New in the study of modern problems of environmental sciences and ecology, including studies of aquatic ecosystems and organisms // *Advances in life sciences.* 2012. № 5. P. 121–126 (in Russian).
6. Гречушникова М.Г., Гончаров А.В. Масштабы внутрисуточных изменений продукционно-деструкционных процессов в Можайском водохранилище // Третьи Виноградовские чтения. Грани гидрологии. Сборник докладов международной научной конференции памяти выдающегося русского гидролога Юрия Борисовича Виноградова / Под ред. О.М. Макарьевой. СПб.: Издательство: «Наукоемкие технологии», 2018. С. 333–337.
7. Grechushnikova M.G., Goncharov A.V. The extent of intraday changes in production and destruction processes in the Mozhaik Reservoir // *Third Vinogradov reading. Edge of hydrology. Collection of reports of the International Scientific Conference in memory of the outstanding Russian hydrologist Yuri Borisovich Vinogradov.* Edited by O.M. Makarieva. St. Petersburg: Publisher: «High Technologies», 2018. P. 333–337 (in Russian).
8. Дмитриев В.В. Гармония продукционно-деструкционных отношений в водной экосистеме // Международная научно-практическая конференция: Вторые Виноградовские чтения. Искусство гидрологии. Памяти выдающегося русского ученого Ю.Б. Виноградова. 18–22 ноября 2015 г., Санкт-Петербургский государственный университет. СПб.: «Арт-Экспресс», 2015. С. 173–177.
9. Dmitriev V.V. Harmony of production-destruction relations in the aquatic ecosystem // *International Scientific and Practical Conference: The Second Vinogradov Readings. The Art of Hydrology.* In memory of the outstanding Russian scientist Yu.B. Vinogradov. November 18–22, 2015, St. Petersburg State University. SPb.: «Art Express», 2015. P. 173–177 (in Russian).
10. Меншуткин В.В. Искусство моделирования (экология, физиология, эволюция). Петрозаводск – Санкт-Петербург, 2010. 419 с.
11. Menshutkin V.V. The Art of Modeling (Ecology, Physiology, Evolution). Petrozavodsk – St. Petersburg, 2010. 419 p. (in Russian).
12. Дмитриев В.В., Зуева Н.В., Лубенцова А.С., Валатин Д.И., Васякина А.В., Непомнящая А.В., Никонов И.А., Осташов А.А., Подшивалова Д.О., Прокопеня А.Д., Соколова Д.П., Черненко Ю.И. Экологическое состояние водных объектов карельского Приладожья: традиционный взгляд и современные акценты // Ученые записки РГГМУ. 2017. № 47. С. 126–144.
13. Dmitriev V.V., Zueva N.V., Lubentsova A.S., Valatin D.I., Vasjakina A.V., Nepomnyashchaya A.V., Nikonov I.A., Ostashov A.A., Podshivalova D.O., Prokopenya A.D., Sokolova D.P., Chernenko Yu.I. Ecological state of water bodies of the Karelian Ladoga area: the traditional look and modern accents // *Scientific notes RGGMU.* 2017. № 47. P. 126–144 (in Russian).

УДК 551.58

РАСЧЕТЫ МЕСТНОГО ЭЛЕМЕНТАРНОГО СТОКА ПО МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИМ ДАННЫМ С СУТОЧНОЙ ДЕТАЛЬНОСТЬЮ

¹Карнацевич И.В., ¹Мезенцева О.В., ²Волковская Н.П.

¹Омский государственный педагогический университет, Омск, e-mail: ikar.omsk@mail.ru;

²ФГБУ «Обь-Иртышское УГМС», Омск, e-mail: vnp7800@mail.ru

В статье показаны возможности получения гидрологической информации с помощью воднобалансовых расчетов на основе метеорологической информации с суточной детальностью. Новые возможности открылись в результате публикации в сети Интернет электронных баз метеорологических данных и разработанной в Омском государственном педагогическом университете системы управления базой данных (СУБД) компьютерной программы «Weather App». Эта компьютерная программа разработана в 2011 г. под руководством профессора И.В. Карнацевича. При этом используется математическая модель водно-балансовых расчетов, предложенная в 1957 г. профессором В.С. Мезенцевым. Данный подход позволяет дополнять детальное количественное описание малоизученных в гидрологическом отношении водосборов без проведения гидрометрических работ и в дополнение к ним. СУБД позволяет генерировать с помощью метеорологической информации многолетние цепи гидрографов местного элементарного стока с суточным разрешением и создавать карты полей стока, суммированного для различных интервалов (декад, месяцев, конкретных лет и среднего года). В статье приведены примеры расчетов испарения и местного стока по метеоданным, представленные в форме таблиц элементов водного баланса, карты изолиний стока, графика сравнения рассчитанного и измеренного стока, диаграммы годовых сумм рассчитанного суточного стока, а также фрагмента многолетней цепи гидрографов рассчитанного стока. В ходе исследований для малых водосборов, расположенных в различных природно-климатических условиях, получены многолетние непрерывные цепи гидрографов по данным ежесуточных наблюдений за температурой и осадками на сети метеорологических станций, а также построены картографические обобщения водных ресурсов малых рек без измерений в водотоках.

Ключевые слова: метеорологическая информация, местный элементарный сток, гидрограф стока, водные ресурсы, карты стока

CALCULATIONS OF LOCAL ELEMENTARY RIVER FLOW WITH USING THE METEOROLOGICAL DATA WITH DAILY DETAIL

¹Karnatsevich I.V., ¹Mezentseva O.V., ²Volkovskaya N.P.

¹Omsk State Pedagogical University, Omsk, e-mail: ikar.omsk@mail.ru;

²Ob-Irtyshskoe UGMS, Omsk, e-mail: vnp7800@mail.ru

The article shows the possibility of obtaining hydrological information using water balance calculations based on meteorological information with daily detail. New opportunities opened up as a result of the publication on the Internet of electronic databases of meteorological data and developed at the Omsk state pedagogical University database management system (DBMS) computer program «Weather App». This computer program was developed in 2011 under the guidance of Professor I.V. Karnatsevich. The mathematical model of water balance calculations proposed by Professor V.S. Mezentsev in 1957 is used. This approach makes it possible to perform a detailed quantitative description of poorly studied hydrological catchments without hydrometric work. DBMS allows you to generate with the help of meteorological information of many years of chain hydrographs of local elementary runoff with a daily resolution and to create maps of fields of flow, is summarized for different time intervals (decades, months, specific years and middle year). The article presents examples of calculations of evaporation and local runoff from meteorological data, presented in the form of tables of water balance elements, maps of runoff contours, a comparison chart of calculated and measured runoff, charts of annual amounts of calculated daily runoff, as well as a fragment of a long-term chain of hydrographs of calculated runoff. In the course of studies for small catchments located in different climatic conditions, long-term continuous chains of hydrographs were obtained from daily observations of temperature and precipitation on the network of meteorological stations, as well as cartographic generalizations of water resources of small rivers without measurements in watercourses.

Keywords: meteorological information, local elementary runoff, flow hydrograph, water resources, flow maps

В гидрометрическом отношении изучены пока далеко не все реки, особенно малые водотоки. Остается актуальной задача оценки стока таких рек [1, 2]. В конце XIX в. русский климатолог А.И. Воейков писал: «Реки – продукт климата», то есть речной сток зависит от атмосферных осадков и теплового режима местности. В наши дни благодаря созданию электронных баз ежесуточных метеорологических данных

появилась возможность подтвердить это крылатое выражение массовыми компьютерными вычислениями стока по метеоданным с суточной детальностью и точностью, достаточной для научных и практических целей. По информации о значениях температуры приземного воздуха и атмосферных осадков [3] путем воднобалансовых расчетов можно оценить слой местного элементарного стока и другие характеристики

с суточной дискретностью [4, 5]. Использование опубликованных электронных баз данных метеорологической информации представляет большой интерес в связи со значительной густотой сети метеорологических станций в отличие от сети гидропостов. Использование метеоданных в качестве дополнительной информации в гидрологических исследованиях может повысить объективность выводов и оценок.

Цель исследования: показать возможности получения гидрологической информации с помощью воднобалансовых расчетов на основе метеорологической информации с суточной детальностью. При этом использованы опубликованные в сети Интернет электронные базы метеорологических данных об осадках и температурах и разработанная в Омском государственном педагогическом университете система управления базой данных (СУБД) «Weather App».

Материалы и методы исследования

Математическая модель воднобалансовых расчетов по метеоданным была предложена В.С. Мезенцевым (1957, 1969, 1974, 1993) и начиная с середины XX века, прошла широкую апробацию для оценки водных ресурсов и дефицитов увлажнения различных частей бывшего СССР. Исследования и расчеты в те годы проводились с месячной детальностью из-за трудоемкости процесса обработки гигантских объемов информации, сконцентрированной в справочниках Гидрометеорологической службы и отсутствия электронных баз метеоданных с суточной детальностью. До создания и публикации в интернете электронных баз метеоданных не было возможности применения системы уравнений математической модели В.С. Мезенцева для расчетов стока и испарения по суточным интервалам из-за практически непреодолимых трудностей по извлечению из бумажных документов в гидрометфондах десятков тысяч ежесуточных значений температур и осадков, а также введения вручную этих чисел в компьютер.

В начале XXI в. Росгидромет опубликовал в интернете материалы ежесуточных наблюдений за осадками и температурой на 230 метеорологических станциях территории бывшего СССР. База данных [3] содержит десятки миллионов ежесуточных значений осадков, средних температур воздуха и пр. В течение ряда лет была разработана компьютерная система управления базой данных (СУБД) «Weather App» [4, 5]

для массовых расчетов текущих водных балансов с суточным разрешением для метеостанций, а также параллельно исправлены ошибки в базе данных, неизбежно возникавшие у работников Гидрометеослужбы при наборе чисел на клавиатуре. В 2011 г. были выполнены первые расчеты ежесуточного стока без измерений в реках по материалам 120 метеостанций Сибири и прилегающих территорий за тысячи последовательных интервалов исключительно на основании данных метеорологических наблюдений.

В результате расчетов был получен местный элементарный сток, не зависящий от площади водосбора, от уклонов, от времени добега волны паводка, от эффектов площадного и руслового регулирования. Отсутствие зависимости его от площади водосбора позволяет выполнять построение полей в среде ГИС и делать территориальные обобщения.

Местный, или рассчитываемый по метеорологическим данным сток количественно близок к гидрометрическому стоку с малых и средних по величине (в условиях равнины рельефа) водосборов, а в условиях аридных зон является единственно надежным источником количественной информации о водных ресурсах территории.

Результаты исследования и их обсуждение

Воднобалансовые расчеты посуточно произведены для 120 станций России за непрерывный период около 40–50 лет [4, 5]. Кроме местного стока также получены, например, такие трудноопределимые характеристики, как общее увлажнение (КХ), водный эквивалент теплоэнергетических ресурсов климата или максимальное возможное испарение (Zm), суммарное испарение (Z), относительная влажность почвы в долях наименьшей влагоемкости (V). СУБД «Weather App» позволяет проанализировать и описать закономерности статистических, частотных, хронологических и динамических характеристик. Ниже в качестве примера показаны лишь фрагменты таблиц, некоторые графики и одна из карт.

На рис. 1 приведена карта изолиний рассчитанного с помощью компьютерной программы СУБД «Weather App» суммарного слоя стока в 1970 г. Годовой слой стока за конкретный год получен по данным 120 метеорологических станций расчетом по суточным интервалам суммарно за год.

Таблица 1

Фрагмент таблицы результатов расчета ежесуточных значений стока (Y) и испарения (Z) по метеоданным станции Петропавловск-Камчатский. КХ – общее увлажнение, Zm – максимально возможное испарение. Все величины – в мм/сут

Дата	КХ	Zm	Z	Y	Дата	КХ	Zm	Z	Y
01.10.1983	0	2,8	1,3	0,4	09.10.1983	0	2,4	1,5	0,9
02.10.1983	0	3,1	1,5	0,5	10.10.1983	0	1,7	1,1	0,6
03.10.1983	1,1	2,4	1,2	0,4	11.10.1983	0	1,4	0,8	0,5
04.10.1983	7,6	2,4	1,2	0,4	12.10.1983	62,6	2,1	1,4	1,0
05.10.1983	0	2,1	1,0	0,3	13.10.1983	32,4	1,7	1,3	1,2
06.10.1983	47,5	2,4	1,3	0,5	14.10.1983	0	1,7	1,3	1,3
07.10.1983	20,5	2,8	1,7	0,9	15.10.1983	0	1,7	1,3	1,3
08.10.1983	2,2	2,4	1,5	0,9	16.10.1983	0	1,7	1,3	1,3

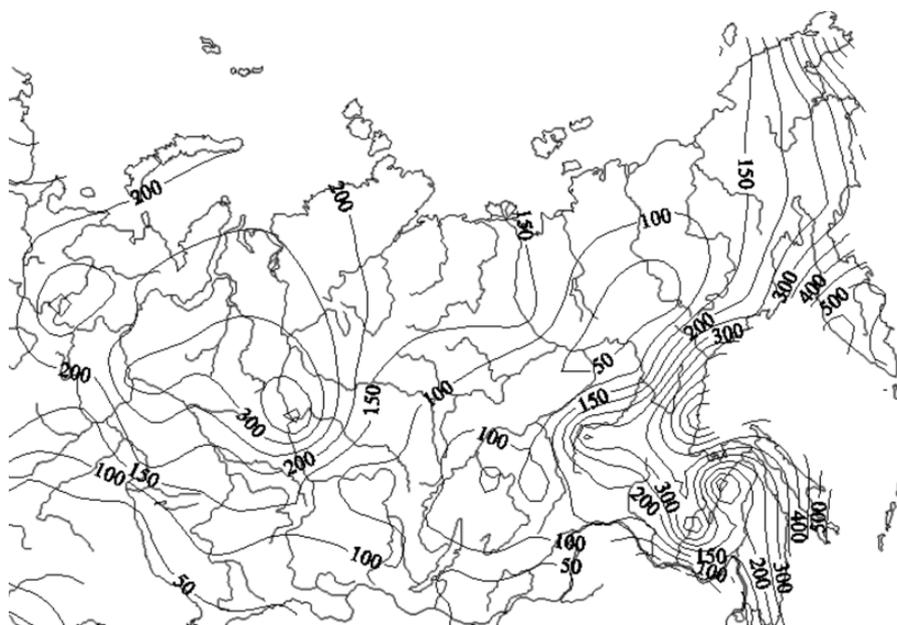


Рис. 1. Годовой слой местного стока в 1970 г., полученный по данным расчетов 120 метеостанций по суточным интервалам и суммированный за год, мм/год

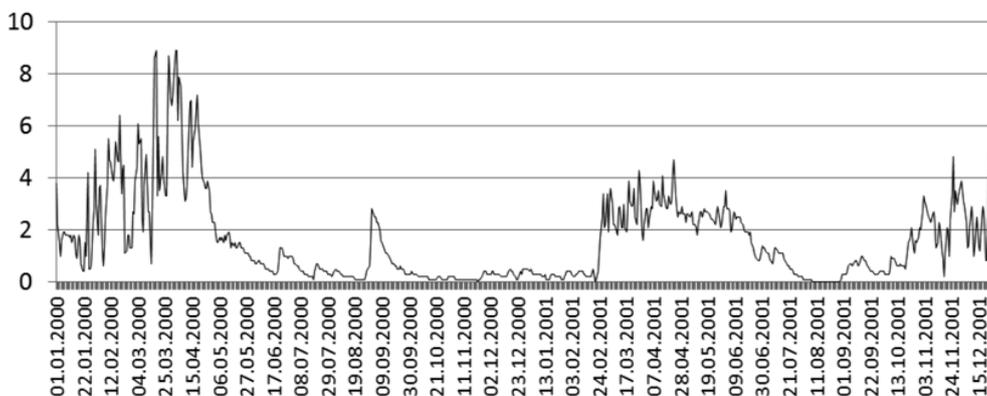


Рис. 2. Фрагмент 50-летней цепи гидрографов местного стока Y, мм/сут, за 730 суток 2000 и 2001 гг., полученного по данным наблюдений за температурой воздуха и атмосферными осадками для метеостанции Сочи

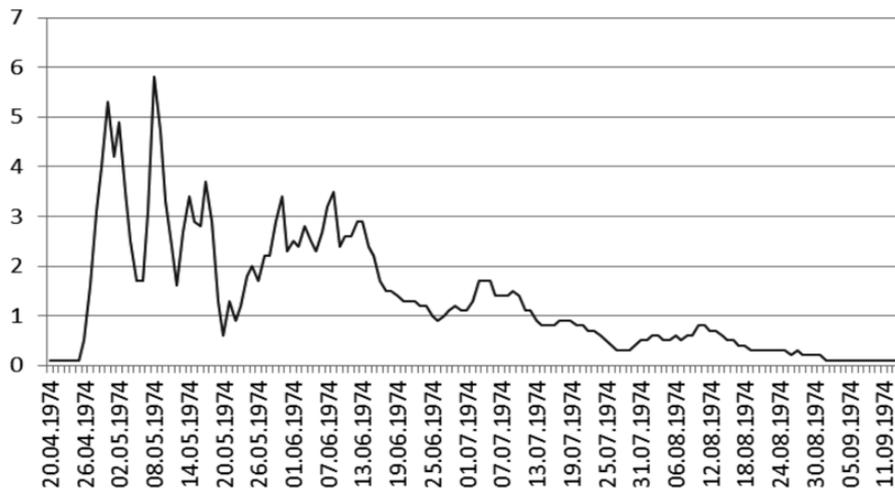


Рис. 3. Гидрограф местного стока $Y_{сут} = f(t)$ с 20 апреля до 11 сентября 1974 г., полученный расчетом по данным метеостанции Веребье



Рис. 4. Ежегодные значения слоя местного стока Y , мм/год, полученные расчетом по суточным интервалам и последующим суммированием за каждый год для метеостанции Веребье в Новгородской области

На рис. 2 и 3 показаны длинные цепи гидрографов стока с суточным разрешением, полученные по метеорологическим данным для метеостанции г. Сочи и станции Веребье (Новгородская область).

На рис. 4 показана изменчивость местного элементарного годового стока, рассчитанного путем суммирования суточных значений для метеостанции Веребье в Новгородской области.

На рис. 5 и в табл. 2 представлены результаты контроля достоверности расчетных значений стока и испарения на основании сравнения этих значений с измеренными.

На рис. 6 сопоставлены ежегодные значения слоя годового стока за 47 лет – рассчитанного с суточной детальностью по метеоданным г. Омска и измерявшегося ежедневно в реке Омь у г. Калачинска. Как и следовало ожидать, явно выражена синхронность колебаний водности на территории Барабинской равнины. Большие же расхождения в конкретные годы объясняются разным режимом осадков, выпадавших над осадкомером (на метеостанции) и над огромной площадью бассейна реки, начинающейся на расстоянии около 1000 км от метеостанции Омск на Васюганской равнине.

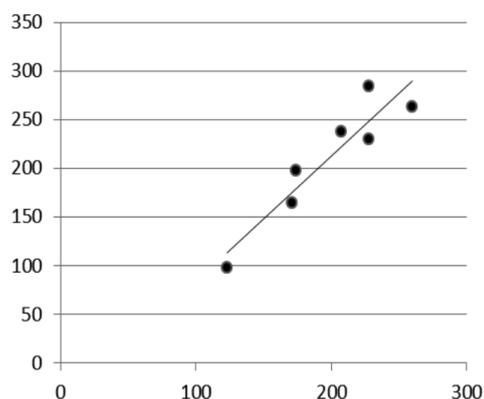


Рис. 5. Сравнение рассчитанных по суточным интервалам для метеостанции Веребье (ось ординат) и измеренных в р. Мста у д. Девкино (ось абсцисс) ежегодных (за 1967–1972 гг. и 1974 г.) значений слоя годового стока Y , мм/год. Коэффициент корреляции $r = 0,93$

Таблица 2
Станция Веребье. Годовые суммы суточных значений элементов водного и теплового балансов, мм

Год	KX	Zm	Z	Yp	Yи
1967	981	756	610	284	228
1968	815	693	488	263	260
1969	860	681	538	230	228
1970	788	712	498	198	174
1971	708	682	463	164	171
1972	569	765	396	98	123
1973	835	704	473	182	–
1974	773	717	528	237	207

Примечания: Yp – годовая сумма рассчитанных ежесуточных значений слоя стока, мм, Yи – ежегодный слой стока, измеренного в р. Мста у д. Девкино ($F = 22\,500\text{ км}^2$), мм/год.

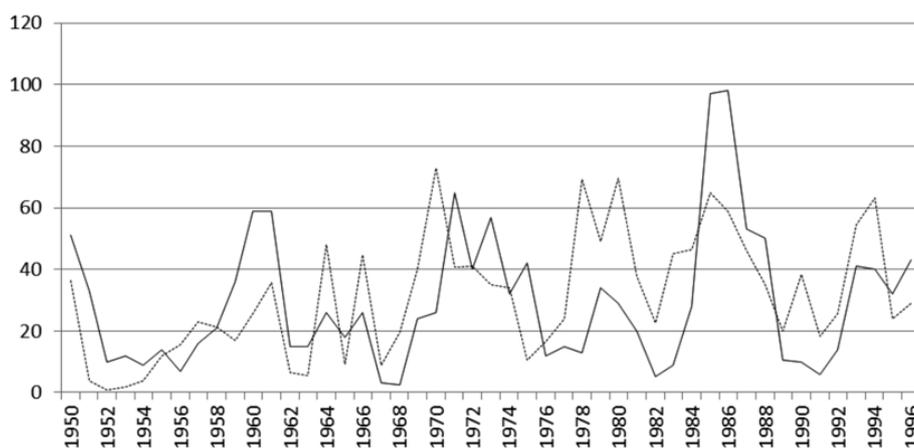


Рис. 6. Сравнение рассчитанного (пунктирная линия) по метеоданным станции Омск и измеренного в р. Омь у г. Калачинск (площадь водосбора $F = 47\,800\text{ км}^2$) слоя ежегодного стока Y , мм за 47 лет

Совпадения рассчитанных и измеренных значений стока априори быть не должно из-за инерционности речного стока, а также различий атмосферного увлажнения центра тяжести водосбора и удаленной от него метеостанции. Отклонения объясняются инерционностью гидрометрического стока в связи с регулирующим воздействием заболоченности водосбора на перераспределение влаги между годами. Рассчитанный местный элементарный сток безынерционен. Значения слоя стока в разные по увлажнению годы колеблются от 5–10 мм/год до 60–100 мм/год. К сожалению, на сайте [3] нет электронных данных ни одной из метеостанций, расположенных вблизи центра

тяжести водосборной площади бассейна р. Омь с указанным створом у г. Калачинска. Расчеты по такой станции коррелировали бы, безусловно, теснее с измеренными значениями.

Заключение

В начале XXI в. благодаря созданию и публикации в интернете электронной базы метеорологических данных в ежесуточных данных стандартных метеорологических наблюдений появилась возможность получать расчетным путем детальную и достаточно точную гидрологическую информацию. Этот факт означает новые возможности и перспективы в практической

гидрометеорологии, например создание на основе данных метеостанций без каких-либо измерений в речных потоках карт местного элементарного стока для неизученных с точки зрения гидрометрии водосборов малых и средних рек в целях определения их водных ресурсов. Современные геоинформационные системы [6] и СУБД «Weather App» [4, 5] позволяют легко генерировать поля любой характеристики по триадам координат множества метеостанций. Благодаря этому карту изолиний можно одинаково быстро построить для конкретных суток любого года или создать карту нормы стока за любую декаду любого месяца. Для водосборов в различных природно-климатических условиях впервые в мировой гидрологии получены многолетние непрерывные цепи гидрографов по данным ежесуточных наблюдений на сети метеорологических станций, а также построены карты стока без измерений в водотоках.

Массовая проверка достоверности результатов расчета стока по данным метеостанций произведена сравнением с измеренными значениями и не только для территории Сибири, но и для метеостанций Европейской России и соседних стран. Проверка эта убеждает в том, что точность рассчитываемого стока достаточно высока, а потому результаты расчета могут быть полезны для многих научных и практических целей инженерных расчетов.

Список литературы / References

1. Каюкова Е.П. Изучение и оценка подземного стока малых рек на примере бассейна р. Бодрак (юго-западный

Крым) // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 7. Геология. География. 2015. № 2. С. 130–151.

Kayukova E.P. Study and evaluation of underground flow of small rivers on the example of the Bodrak river basin (South-Western Crimea) // Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Seriya 7. Geologiya. Geografiya. 2015. № 2. P. 130–151 (in Russian).

2. Методы расчета водных балансов. Международное руководство по исследованиям и практике / Под ред. А.А. Соколова и Т.Г. Чапмена. Л.: Гидрометеоздат, 1976. 120 с. [Электронный ресурс]. URL: http://elib.rshu.ru/files_books/pdf/img-217145611.pdf (дата обращения: 16.11.2018).

Methods of calculation of water balances. International guide for research and practice / Edited by A.A. Sokolov and T.G. Chapman. L.: Hydrometeoizdat, 1976. 120 p. [Electronic resource]. URL: http://elib.rshu.ru/files_books/pdf/img-217145611.pdf (date of access: 16.11.2018) (in Russian).

3. Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – Мировой центр данных (ВНИИГМИ-МЦД). Справочная информация о погоде и климате [Электронный ресурс]. URL: <http://meteo.ru/pogoda-i-klimat> (дата обращения: 16.11.2018).

All-Russian research Institute of hydrometeorological information – World data center. Background information on weather and climate [Electronic resource]. URL: <http://meteo.ru/pogoda-i-klimat> (date of access: 16.11.2018) (in Russian).

4. Карнацевич И.В., Акимова В.С. Расчеты элементарных дождевых паводков по данным стандартных метеонаблюдений // Омский научный вестник. 2014. № 1 (128). С. 190–192. Karnatsevich I.V., Akimova V.S. Calculations of elementary rain floods according to standard meteorological observations // Omsk scientific Bulletin. 2014. № 1 (128). P. 190–192 (in Russian).

5. Карнацевич И.В. Карты месячных и декадных норм местного элементарного стока центральной части Западно-Сибирской равнины // Омский научный вестник. 2012. № 2 (114). С. 240–246.

Karnatsevich I.V. maps of monthly and decadal norms of local elementary runoff of the Central part of the West Siberian plain. // Omsk scientific Bulletin. 2012. № 2 (114). P. 240–246 (in Russian).

6. Бикбулатова Г.Г. Исследование распределения атмосферного увлажнения на территории Сибири и Дальнего Востока // Омский научный вестник. 2011. № 1 (104). С. 232–235.

Bikbulatova G.G. Investigation of atmospheric moisture distribution in Siberia and the Far East // Omsk scientific Bulletin. 2011. № 1 (104). P. 232–235 (in Russian).

УДК 556:551.444(470)

ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ И ОПЫТ РЕАЛИЗАЦИИ МОНИТОРИНГА ПОДЗЕМНЫХ ИСТОЧНИКОВ ВОДОСНАБЖЕНИЯ В ПРЕДГОРНЫХ И ГОРНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ НА ЮГЕ РОССИИ

Компаниец Е.В.

ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) им. М.И. Платова», Новочеркасск, e-mail: Elena13.Kompaniets@yandex.ru

В данной статье приводятся результаты реализации новых систем выявления родников, изучения их качественных, и количественных характеристик, химического состава подземных вод, в дальнейшем организации и ведения мониторинга. Эти исследования являются составной частью работ по ведению мониторинга подземных вод в предгорных и горных территориях на юге России. Основными оценочными параметрами являются полнота и качество получаемой гидрогеологической информации о водообильности и химическом составе подземных вод. Отбор пресных подземных вод по природным факторам не является объектом, приводящим к изменению экологической обстановки, за исключением изменений, связанных с добычей подземных вод, которая может привести к их загрязнению и истощению, в связи с чем основным объектом мониторинга является мониторинг подземных вод. Мониторинг подземных вод включает в себя наблюдение за эксплуатационными водоносными горизонтами в пунктах водоотбора, состоянием зон санитарной охраны и техническим состоянием водоисточников. Ведение мониторинга подземных вод проводится с целью предотвращения загрязнения водоисточников, истощения запасов подземных вод и с целью подготовки фактических материалов к подсчету эксплуатационных запасов. В ходе данного исследования рассматривались предгорные и горные территории на юге России – горная часть Республики Адыгея (с. Хамышки и п. Гузерипль), территория плато Лаго-Наки. В результате проведенного обследования будет получена характеристика существующих источников подземных вод (данные о водообильности, качестве подземных вод), что позволит использовать их для водоснабжения населения и включить в систему мониторинга геологической среды.

Ключевые слова: родники, мониторинг, подземные источники водоснабжения, геологоразведочные работы, химический состав подземных вод

PROBLEM ISSUES AND EXPERIENCE OF IMPLEMENTATION OF MONITORING OF UNDERGROUND SOURCES OF WATER SUPPLY IN FOOTHILLS AND MOUNTAIN TERRITORIES IN SOUTH RUSSIA

Kompaniets E.V.

Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Novocherkassk, e-mail: Elena13.Kompaniets@yandex.ru

This article presents the results of the implementation of new systems for the identification of springs, the study of their qualitative and quantitative characteristics, the chemical composition of groundwater, further organization and monitoring. These studies are an integral part of the monitoring of groundwater in the foothills and mountain areas in the South of Russia. The main evaluation parameters are the completeness and quality of hydrogeological information on water availability and chemical composition of groundwater. The selection of fresh groundwater by natural factors is not an object that leads to changes in the environmental situation, except for changes associated with the extraction of groundwater which can lead to their pollution and depletion, and therefore the main object of monitoring is the monitoring of groundwater. Groundwater monitoring includes monitoring of the operational aquifers at the water collection points, the state of the sanitary protection zones and the technical condition of the water sources. Groundwater monitoring is carried out to prevent pollution of water sources, depletion of groundwater resources and to prepare actual materials for the calculation of operating reserves. This study examined the foothills and mountain areas in the South of Russia – the mountainous part of the Republic of Adygea (Hamyski village and Guzerip village) and the territory of the plateau of Lago-Naki. As a result of the survey will be obtained characteristics of existing groundwater sources (data on water availability, groundwater quality), which will use them for water supply to the population and include in the monitoring system of the geological environment.

Keywords: springs, monitoring, underground water sources, geological exploration, chemical composition of groundwater

Россия является одной из стран, наиболее обеспеченных водными ресурсами. Водные ресурсы на территории страны распределены крайне неравномерно. Юг России является самым менее обеспеченным водными ресурсами регионом. На наиболее освоенные районы европейской части России приходится около 10–15% водных ресурсов, что приводит к дефициту в воде [1].

Исследования по проведению гидрогеологического обследования родников в предгорной и горной части территории юга России проводятся согласно «Республиканскому плану геологоразведочных работ по воспроизводству минерально-сырьевой базы Республики Адыгея», а также «Программе на маршрутное обследование горной части Республики Адыгея с выделением типовых водопунктов для включе-

ния их в систему охраны и мониторинга геологической среды». В результате проведенного обследования будет получена характеристика существующих источников подземных вод, выполнен поиск источников пресных вод в горной части Республики Адыгея для водоснабжения населенных пунктов (с. Хамышки, п. Гузерипль) и развивающихся горных курортов на плато Лаго-Наки, а также поиск и оценка источников пресных подземных вод, пригодных для промышленного розлива (данные о водообильности, качестве подземных вод), что позволит использовать их для водоснабжения населения и включить в систему мониторинга геологической среды [2].

Материалы и методы исследования

Оценочные параметры проектируемых работ.

1. Предполевая проработка фондовых материалов по геолого-съёмочным работам, проведенным на территории исследований. Создание каталога родников с выноской их на карту в пределах обозначенных площадей. Выделение перспективных площадей для поиска водоисточников (родников), пригодных для водоснабжения небольших населенных пунктов, объектов туризма и культуры (в том числе религиозного направления). Приобретение топоосновы масштаба 1:10000 и/или аэрокосмических снимков для проведения гидрогеологического обследования родников и поиска источников водоснабжения на перспективных участках.

2. Гидрогеологические маршруты проводятся с целью поисков источников родникового стока, изучения и описания горных пород, геоморфологических элементов рельефа.

3. Гидрогеологическое обследование родников с определением их водообильности и гидрохимическим опробованием для оценки качества источников родникового стока [3].

4. Рекогносцировочное обследование выделенных площадей для оценки их санитарного состояния.

5. Геофизические исследования методом наземной площадной электроразведки для выделения степени и характера обводненности геологического разреза и в результате определение перспективных мест проведения буровых работ.

6. При выявлении перспективных площадей, пригодных для организации централизованного водоснабжения, бурение поисково-разведочных скважин на перспек-

тивных участках, выделенных при помощи геофизических исследований.

7. Опытные гидрогеологические работы проводятся с целью оценки водообильности исследуемых водоносных комплексов, предварительного определения их гидрогеологических параметров и гидрохимических условий.

8. Лабораторные исследования поверхностных вод для определения их качества и возможности использования для хозяйственно-питьевого водоснабжения и, возможно, промышленного розлива проводятся согласно требованиям СанПиНа 2.1.4.1175-02 «Гигиенические требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения. Санитарная охрана источников». Лабораторные работы заключаются в определении химического состава поверхностных вод, их микробиологических и органолептических свойств, содержания в них макро- и микрокомпонентов, в том числе элементов группы азота, тяжелых металлов, фенола, фтора и нефтепродуктов [4].

9. Оборудование перспективных для целей водоснабжения водоисточников под проведение режимных наблюдений (по сезонам года) – мониторинга поверхностных водных объектов.

Физико-географическое положение района предполагаемых работ, расположенного в предгорной части Северного склона Главного Кавказского хребта, абсолютные отметки поверхности земли колеблются от 170 м до 3238 м и повышаются в направлении с севера на юг. Основными водными артериями района работ являются р.р. Белая, Лаба, Курджипс, Фарс, Чахрак и их более мелкие притоки. Это горные реки со стремительным течением – 1,5–2,0 м/с. Долины рек на равнине довольно широкие, плоские, иногда асимметричные, склоны террасированы [5]. Потоки рек в поймах разветвляются на многочисленные рукава, меандрирующие по долине и изменяющие во время паводка глубину вреза. Питание рек осуществляется за счет таяния высокогорных снегов и льдов, за счет атмосферных осадков и разгрузки подземных вод. Основным источником водоснабжения района работ являются артезианские скважины, эксплуатирующие водоносные горизонты четвертичных, неогеновых и верхнеюрских отложений. В юго-западной части Майкопского района эксплуатируется Пшехинское месторождение подземных вод, представленное родниками Шумик 1; 2 и р. Шумичка, приуроченное к верхнеюрским трещинно-карстовым известнякам.

В южной части района водоснабжение осуществляется и за счет поверхностных вод, колодцев и родников. На территории района работ расположено 68 родников с дебитами от 0,02–0,05 л/с до 0,9–2,4 л/с. Воды родников пресные, используются для хозяйственно-питьевого водоснабжения населения и водопоя скота. Приблизительная оценка эксплуатационных запасов по суммарному дебиту родников дается для родников с дебитом свыше 0,1 л/с. Общая площадь горной и предгорной частей Республики Адыгея, оцениваемая по родниковому стоку, составляет около 3400 км². Общий родниковый сток с этой площади равен – 22,95 л/с. Средний модуль родникового стока будет равен – 22,95 л/с: 3400 км² = 0,007 л/с, км² [6].

Для выяснения современного состояния источников, их местоположения, количественных и качественных характеристик необходимо провести их обследование. Гидрогеологические условия района исследований таковы: район находится в пределах южной части Азово-Кубанского артезианского бассейна, выполненного мощной толщей песчано-глинистых и галечниковых отложений кайнозойского возраста. Южная часть района находится в пределах горноскладчатой области Северо-Западного Кавказа, сложенной песчаниками, известняками.

Водоносные горизонты четвертичных отложений. Аллювиальные отложения распространены по долинам р.р. Белой, Курджипс, Ходзь, Фарса и их многочисленных притоков. Воды грунтовые приурочены к песчано-галечниковым отложениям мощностью от 2 до 10 м. Водоносный горизонт вскрывается на глубинах 0,5–6,5 м (колодцы) [7]. Дебиты колодцев изменяются от 0,2 до 1,5 л/с. По химическому составу воды гидрокарбонатные, гидрокарбонатно-сульфатно-хлоридные кальциевые, кальциево-магниевые с сухим остатком 0,4–1 г/л. Питание грунтовых вод происходит за счет атмосферных осадков, они же определяют и их режим [8].

Грунтовые воды делювиально-эллювиальных отложений широко распространены по всей территории, за исключением высокогорья, лишённого четвертичного покрова. Водовмещающими породами являются суглинки и супеси с прослоями песков, мощностью от 1 до 20 м. Дебиты колодцев колеблются от 0,1 до 0,8 л/с. Воды пресные с минерализацией 0,6–1 г/л, пестрые по химическому составу: гидрокарбонатные кальциевые, сульфатно-гидрокарбонатные натриево-магниевые.

Водоносные горизонты верхнего и среднего миоцена ($N^3_1-N^2_1$). Выходы отложений

верхнего сармата ($N^3_1s_3$) на поверхность наблюдаются в бортах долин рек Фарс, Белая, Курджипс. В местах выхода этих отложений вскрываются грунтовые воды. Водовмещающими породами являются галечник с песком. Мощность отложений от 1 до 30 м. Водообильность отложений характеризуется дебитами 0,1–0,2 л/с. Воды пресные, гидрокарбонатные, кальциевые, кальциево-натриевые с минерализацией 0,34–1 г/л. Питание водоносного горизонта происходит за счет атмосферных осадков и грунтовых вод четвертичных отложений.

Водоносный горизонт среднего сармата ($N^3_1s_2$) приурочен к пескам и песчаникам, мощность которых колеблется от 3 до 18 м [9]. Дебиты родников незначительные 0,1–0,2 л/с. Воды пресные с минерализацией 0,6–1,0 г/л по химическому составу гидрокарбонатные натриевые натриево-магниевые-кальциевые. Питание водоносного горизонта происходит за счет атмосферных осадков и грунтовых вод четвертичных отложений [10].

Отложения нижнего сармата ($N^3_1s_1$) развиты в северной части территории. Водоносными являются пески небольшой мощности. Дебиты родников составляют 0,2 л/с. Воды нижнего сармата дренируются родниками по склонам мелких балок и речек. По химическому составу воды гидрокарбонатно-сульфатные магниевые-натриевые с сухим остатком 0,38–0,78 г/л. Питание происходит за счет атмосферных осадков и грунтовых вод четвертичных отложений.

Караганский водоносный горизонт (N^2_1kg) представлен песками и трещиноватыми мергелями. Водообильность горизонта характеризуется дебитами 0,4–0,5 л/с. По химическому составу воды гидрокарбонатные натриевые и сульфатно-гидрокарбонатные натриево-магниевые с сухим остатком 0,6 г/л. Питание горизонта происходит за счет атмосферных осадков.

Воды отложений цокарагского горизонта (N^2_1c) развиты в песках, реже в песчаниках и мергелях. Мощность песков колеблется от 2 до 32 м. В местах выхода на поверхность данного горизонта вскрываются грунтовые воды. Водообильность горизонта 0,1–0,3 л/с. Воды пресные с минерализацией 0,4 г/л. По химическому составу воды гидрокарбонатно-сульфатные натриево-кальциевые сульфатно-гидрокарбонатные натриевые. Питание горизонта происходит за счет атмосферных осадков в местах выходов пород на поверхность.

Водоносные горизонты олигоцен-нижнемиоценовых отложений ($Pg_3-N^1_1mk$) – Май-

копская свита и эоцен-палеоценовых отложений (Pg_{1-2}) [11]. Майкопские отложения (Pg_3-N^1mk) широкой полосой выходят на поверхность, протягивающуюся в широтном направлении. Водовмещающей породой являются пески, мощностью 2–6 м. Водообильность отложений характеризуется дебитами родников от 0,04 до 0,5 л/с. Минерализация грунтовых вод 0,36 г/л, по химическому составу воды гидрокарбонатные кальциевые, натриево-кальциевые. Питание горизонта происходит за счет атмосферных осадков.

Породы нижнего и среднего палеогена выходят на поверхность на юге района. Представлены они аргиллитами, глинами. Воды этих отложений в районе работ не изучены.

Водоносные горизонты меловых отложений (K_{1-2}). Меловые отложения выходят на поверхность в горной части района исследований. Грунтовые воды залегают на глубине 10–18 м. В пониженных местах они дренируются родниками. Водовмещающими породами являются пески, трещиноватые известняки и песчаники. Дебиты родников изменяются от 1,2 до 2,4 л/с. Воды пресные с сухим остатком 0,3–0,5 г/л, по химическому составу – гидрокарбонатные кальциевые. Питание водоносных горизонтов происходит за счет атмосферных осадков.

Водоносные горизонты юрских отложений ($J_{3,2,1}$). Отложения верхней юры (J_3) распространены на юге, где они широкой полосой выходят на поверхность. На глубине до 15 м залегают грунтовые воды, дренирующиеся в виде родников в пониженных участках, в долинах рек. Дебиты родников изменяются от 0,02 до 1,0 л/с. Грунтовые воды пресные с сухим остатком 0,5 г/л. По химическому составу – гидрокарбонатные кальциево-магниево-сульфатные-кальциевые. Питание горизонта осуществляется за счет атмосферных осадков. Область питания совпадает с площадью выхода отложений верхней юры на поверхность.

Отложения средней юры J_2 представлены глинистыми сланцами и практически безводны, выходящие родники, по-видимому, связаны с элювием этих отложений. Водовмещающими породами нижней юры J_1 являются трещиноватые алевролиты и песчаники. Выходы вод приурочиваются к тектоническим нарушениям. В пониженных участках, долинах рек и балках выходят источники с небольшими дебитами (0,003–0,7 л/с).

Водоносный горизонт триасовых отложений (Т). Триасовые отложения (Т) распространены в южной части района работ. Представлены они трещиноватыми известняками,

песчаниками, конгломератами. В пониженных участках выходят источники с дебитами 0,07 л/с. Воды пресные с минерализацией 0,5 г/л, по химическому составу гидрокарбонатно-сульфатные кальциево-натриевые и гидрокарбонатные натриевые [12].

Водоносный горизонт палеозойских отложений (Pz). Палеозойские отложения (Pz), сложенные осадочными и изверженными породами, распространены в юго-западной части территории. Дебиты родников, выходящих из палеозойских отложений в пониженных участках, долинах рек и балок незначительны: 0,03–0,04 л/с.

Для определения качественных показателей воды проводятся лабораторные работы, которые заключаются в определении химического состава подземных вод, их органолептических свойств, содержания в них микрокомпонентов, в том числе элементов группы азота, тяжелых металлов, фенола, фтора, нефтепродуктов [13].

Наиболее эффективным методом обеспечения рационального использования подземных вод, контроля за состоянием подземной гидросферы и ее взаимосвязи с различными компонентами природной среды, получения необходимой информации для обоснования и принятия управленческих решений являются создание системы и проведение мониторинга месторождений и водозаборов [14].

Основным целевым назначением мониторинга на территории водных объектов является, прежде всего, подготовка фактических материалов к подсчету эксплуатационных запасов, защита подземных вод от истощения и загрязнения, обеспечение их рациональной эксплуатации.

Источники загрязнения родниковых вод, которыми могут являться склады удобрений и ядохимикатов, канализационные сооружения и выгребные ямы, должны располагаться не ближе 50 м ниже по потоку грунтовых вод от родника. В радиусе ближе 20 м запрещается проведение любой деятельности, способствующей загрязнению родника. Также источники забора родниковых вод должны устраиваться в определенных местах, которые не подвержены заболачиванию, развитию оползней.

Результаты исследования и их обсуждение

В процессе проведения работ были выявлены участки пресных подземных вод в районе с. Хамышки, п. Гузерипль и развивающихся горных курортов на плато Лаго-Наки. Также были получены данные

о водообильности и химическом составе источников, проведена регистрация источников и внесение их в кадастр. На выявленных источниках водоснабжения проводится слежение за динамикой изменения водообильности и качества подземных вод в зависимости от сезонов года (ведение мониторинга поверхностных водных объектов).

Выводы

Таким образом, в работе показаны особенности реализации мониторинга подземных источников водоснабжения в предгорных и горных территориях на юге России. В результате проведения исследования получена характеристика поверхностных вод родников с целью выявления пригодных источников для водоснабжения небольших населенных пунктов, объектов туризма и культуры (в том числе религиозного направления), что позволяет включить их в систему мониторинга геологической среды Краснодарского края.

Список литературы / References

1. Бандурин М.А. Применение систем управления базами данных при эксплуатационном мониторинге водопроводящих сооружений // Современные наукоемкие технологии. 2016. № 12–1. С. 24–28.
2. Bandurin M.A. Application of Control Systems with Database Operational Monitoring Water Spending Constructions // Modern high technologies. 2016. № 12–1. С. 24–28 (in Russian).
3. Волосухин Я.В., Бандурин М.А. Вопросы моделирования технического состояния водопроводящих каналов при проведении эксплуатационного мониторинга // Мониторинг. Наука и безопасность. 2012. № 1. С. 70–74.
4. Volosoukhin Ya.V., Bandurin M.A. Issues of water-conducting channels technical state modeling while operational monitoring // Monitoring. Nauka i bezopasnost. 2012. № 1. P. 70–74 (in Russian).
5. Любимова Т.В., Бондаренко Н.А., Стогний В.В., Погорелов А.В. Новые методы инженерно-геологического районирования территории Краснодарского края и Республики Адыгея // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2017. № 132. С. 239–248 [Электронный ресурс]. URL: <http://ej.kubagro.ru/2017/08/pdf/19.pdf> DOI: 10.21515/1990-4665-132-019 (дата обращения: 16.12.2018).
6. Lyubimova T.V., Bondarenko N.A., Stogny V.V., Pogorelov A.V. New Methods of Engineering-Geological Zoning of the Territory of the Krasnodar Region and the Republic Of Adygea // Politematicheskij setevoy e'lektronny'j nauchny'j zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2017. № 132. P. 239–248 [Electronic resource]. URL: <http://ej.kubagro.ru/2017/08/pdf/19.pdf> (date of access: 16.12.2018). DOI: 10.21515/1990-4665-132-019 (in Russian).
7. Юрченко И.Ф. Плано-предупредительные мероприятия повышения надежности мелиоративных объектов // Природообустройство. 2017. № 1. С. 73–79.
8. Yurchenko I.F. Planned-Prophylactic Measures of Improving Reliability of Reclamation Objects // Prirodoobustrojstvo. 2017. № 1. P. 73–79 (in Russian).
9. Любимова Т.В., Бондаренко Н.А., Стогний В.В., Погорелов А.В. Разработка научно-методических основ оценки интегрального риска проявления экзогенных геологических процессов на территории Краснодарского края // Бюллетень науки и практики. 2017. № 11 (24). С. 205–214 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.bulletennauki.com/lyubimova> (дата обращения: 16.12.2018). DOI: 10.5281/zenodo.1048445.
10. Lyubimova T.V., Bondarenko N.A., Stogny V.V., Pogorelov A.V. Development of the scientific and methodical bases of an assessment of the integrated risk of manifestation of exogenous geological processes in the territory of Krasnodar Krai // Bulletin of Science and Practice. 2017. № 11 (24). С. 205–214 [Electronic resource]. URL: <http://www.bulletennauki.com/lyubimova> (date of access: 16.12.2018). DOI: 10.5281/zenodo.1048445 (in Russian).
11. Любимова Т.В., Бондаренко Н.А., Погорелов А.В. Интегральная оценка сложности инженерно-геологических условий территории Краснодарского края // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2016. № 121. С. 2031–2044 [Электронный ресурс]. URL: <http://ej.kubagro.ru/2016/07/pdf/129.pdf> (дата обращения: 16.12.2018). DOI: 10.21515/1990-4665-121-129.
12. Lyubimova T.V., Bondarenko N.A., Pogorelov A.V. Integrated Assessment of Complexity of Engineering and Geological Conditions of the Territories of the Krasnodar Region // Politematicheskij setevoy e'lektronny'j nauchny'j zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2016. № 121. P. 2031–2044 [Electronic resource]. URL: <http://ej.kubagro.ru/2016/07/pdf/129.pdf> (date of access: 16.12.2018). DOI: 10.21515/1990-4665-121-129 (in Russian).
13. Балакай Г.Т., Юрченко И.Ф., Лентяева Е.А., Ялалова Г.Х. Безопасность бесхозяйных гидротехнических сооружений. Германия: LAP Lambert, 2016. 85 с.
14. Balakaj G.T., Yurchenko I.F., Lentyaeva E.A., Yalalova G.H. Safety of ownerless hydraulic engineering constructions. Germany: LAP Lambert, 2016. 85 p. (in Russian).
15. Башарин А.К., Берзин К.А., Борукаев Ч.Б., Гришняк Р.И., Косыгин Ю.А., Матвеевская А.Д., Парфенов Л.М., Чиков Б.М. Труды института геологии и геофизики. Карта тектоники докембрия в масштабе 1:15000000 (Объяснительная записка). Новосибирск: ИГиГ СО АН СССР, 1972. 90 с. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.geokniga.org/books/18125> дата обращения: 16.12.2018).
16. Basharin A.K., Berzin K.A., Borukayev Ch.B., Grishnyak R.I., Kosygin Yu.A., Matveevskaya A.D., Parfyonov L.M., Chikov B.M. Works of institute of geology and geophysics. The card of tectonics of the Precambrian in scale 1:15000000 (Explanatory note). Novosibirsk: IGIG SO AN SSSR, 1972. 90 p. [Electronic resource]. URL: <http://www.geokniga.org/books/18125> (date of access: 16.12.2018) (in Russian).
17. Черепанский М.М., Каримова О.А., Карабанов А.К., Томина Н.М., Зекцер И.С. Подземные воды в водных ресурсах и водном балансе бассейна р. Днепра // Использование и охрана природных ресурсов в России. 2017. № 1 (149). С. 7–18.
18. Cherepanskiy M.M., Karimova O.A., Karabanov A.K., Tomina N.M., Zektser I.S. Groundwater in Water Resources and Water Balance of the River's Dnieper Basin // Ispol'zovanie i ohrana prirodny'x resursov v Rossii. 2017. № 1 (149). P. 7–18 (in Russian).
19. Волосухин В.А., Бандурин М.А. Расчёт и эксплуатационный мониторинг лотковых каналов оросительных систем. Ростов н/Д., 2007. 139 с.
20. Volosukhin V.A., Bandurin M.A. Calculation and operational monitoring of tray channels of irrigating systems. Rostov n/D., 2007. 139 p. (in Russian).
21. Бандурин М.А., Волосухин В.А. Способ проведения эксплуатационного мониторинга технического состояния лотковых каналов оросительных систем // Патент РФ № 2368730. МПК E02B 13/00. / № 2008100926/03; заявл. 09.01.2008; опубл. 27.09.2009. Бюл. № 27.
22. Yurchenko I.F. Automatization of water distribution control for irrigation // International Journal of Advanced and Applied Sciences. 2017. № 4 (2). С. 72–77. DOI: 10.21833/ijaas.2017.02.013
23. Волосухин Я.В., Бандурин М.А. Проведение эксплуатационного мониторинга с применением неразрушающих методов контроля и автоматизация моделирования технического состояния гидротехнических сооружений // Мониторинг. Наука и безопасность. 2011. № 3. С. 88–93.
24. Volosoukhin Ya.V., Bandurin M.A. Operational monitoring with application of nondestructive control methods and automatic control of modeling of hydraulic facilities technical state // Monitoring. Nauka i bezopasnost'. 2011. № 3. P. 88–93 (in Russian).
25. Язиков Е.Г. Мониторинг территорий водозаборов. Лекция 12-13. [Электронный ресурс]. URL: http://portal.tpu.ru/SHARED/y/YAZIKOVEG/Uch_publicacii/Tab1 (дата обращения 6.12.2018)
26. Yazikov E.G. Monitoring of territories of water intakes. Lecture 12-13. [Electronic resource]. URL: http://portal.tpu.ru/SHARED/y/YAZIKOVEG/Uch_publicacii/Tab1 (date of access: 6.12.2018) (in Russian).

УДК 550.461

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОСТУЛАТОВ ФОРМАЛЬНОЙ КИНЕТИКИ
ДЛЯ ОПИСАНИЯ ПРОЦЕССА ПОВЕРХНОСТНОЙ ВОДНОЙ ЭРОЗИИ****Мельникова Е.А., Лукашов С.В.***ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет», Брянск,
e-mail: sergelukashov@yandex.ru*

В настоящей работе сделана попытка интерпретировать процессы водной эрозии с помощью постулатов формальной химической кинетики. Целью настоящей работы являлось исследование зависимости динамики склонового стока для построения кинетических кривых, описывающих процесс поверхностной эрозии. Показано, что взаимодействующими компонентами в эрозионном процессе можно считать подвергающийся эрозионному воздействию грунт, «исходное вещество», и эродированный, «продукт процесса». Обосновано, что построение кинетической модели смыва грунта под воздействием водного потока опирается на анализ предполагаемого механизма процесса и составление его схемы. Как любой физико-химический гетерогенный процесс, водная эрозия включает три одновременно протекающих стадии: перенос реагирующих веществ в зону реакции; химическое взаимодействие в зоне реакции; отвод продуктов реакции из зоны реакции. Самой медленной стадией процесса является смыв грунта, так как подвергающийся эрозионному воздействию грунт изначально находится в зоне воздействия водного потока. Исследована динамика зависимости склонового стока от времени, при этом установлено, что взаимодействие почвогрунтов с водой является лимитирующей стадией процесса и, следовательно, лежит в кинетической области. Предложена кинетическая модель описания эрозионного процесса грунта, в основе которой лежат постулаты формальной химической кинетики. Проведены исследования динамики склонового стока на песчаных и глинистых почвогрунтах. Для полученных экспериментальных данных построены линеаризованные графики динамики склонового стока. Хорошее схождение результатов расчетов с опытными данными при оценке процесса поверхностной эрозии на основе кинетической модели позволяет рекомендовать предлагаемую методику для прогнозирования эрозионных процессов.

Ключевые слова: водная эрозия, химическая кинетика, склоновый сток, динамика, скорость химической реакции, порядок реакции, гетерогенный процесс

**USING THE POSTULATES OF FORMAL KINETICS TO DESCRIBE
THE PROCESS OF SURFACE WATER EROSION****Melnikova E.A., Lukashov S.V.***Bryansk State Engineering-Technological University, Bryansk, e-mail: sergelukashov@yandex.ru*

In this paper, an attempt is made to interpret processes water erosion using postulates formal chemical kinetics. The aim of this work was to study dependence slope flow dynamics for construction of kinetic curves describing process surface erosion. It is shown that interacting components in erosion process can be considered to exposed erosion soil, «starting material», and eroded, «product of process.» It is proved that construction of kinetic model soil flushing under influence of water flow is based on analysis proposed mechanism process and preparation of its scheme. Like any physical and chemical heterogeneous process, water erosion involves three simultaneous stages: transfer of reactants to reaction zone; chemical interaction in reaction zone; removal of reaction products from reaction zone. The slowest stage of process is flushing of soil, since soil exposed to erosion is initially in zone of water flow. The dynamics dependence of slope runoff on time was studied, and it was found that interaction of soils with water is limiting stage of process and, consequently, lies in kinetic region. The kinetic model description soil erosion process, which is based on the postulates of formal chemical kinetics, is proposed. Studies dynamics of slope runoff on sandy and clay soils were carried out. For the experimental data obtained, linearized graphs of the slope flow dynamics are constructed. A good convergence of calculation results with experimental data in assessment surface erosion process based on kinetic model allows us to recommend the proposed method for predicting erosion processes.

Keywords: water erosion, chemical kinetics, slope runoff, dynamics, rate of chemical reaction, reaction order, heterogeneous process

Водная эрозия – один из основных рельефообразующих факторов на земной поверхности. Интенсивность эрозионных процессов растёт с каждым годом. Стремительно увеличиваются территории, подверженные разрушающему воздействию водной эрозии. Снижение негативного действия водной эрозии на почвенный покров – актуальная задача современности, для решения которой в настоящее время используются различные научные подходы

и методы, с различной степенью достоверности интерпретирующие процессы водной эрозии [1, 2].

На пахотных землях проявляется в основном поверхностная эрозия, ведущая к обеднению почвы гумусом и питательными веществами [3–5].

Вселенная живет по единым законам. Если предположить, что процессы поверхностной эрозии протекают по законам, аналогичным законам химической кинетики,

то их можно использовать для описания и прогнозирования эрозионных процессов.

Основным понятием в химической кинетике является понятие о скорости реакции. Химические реакции, которые протекают в гомогенных системах, называются гомогенными реакциями. Гетерогенные реакции – это химические реакции, которые протекают в гетерогенных системах. Водная эрозия почвогрунтов является гетерогенной реакцией, так как происходит на поверхности раздела фаз [6].

Любой гетерогенный физико-химический процесс можно представить из трех одновременно протекающих стадий: перенос реагирующих веществ в зону реакции; химическое взаимодействие в зоне реакции; отвод продуктов реакции из зоны реакции.

Если самым медленным процессом является подвод реагирующих веществ, то такие процессы идут в «диффузионной области». Если самой медленной стадией процесса является скорость взаимодействия компонентов, участвующих в процессе, то процесс протекает в «кинетической области» [6].

Взаимодействующими компонентами в эрозионном процессе можно считать подвергающийся эрозионному воздействию грунт, «исходное вещество», и эродированный, «продукт процесса». Медленной стадией процесса следует считать смыв грунта, так как подвергающийся эрозионному воздействию грунт изначально находится в зоне воздействия водного потока.

Важнейшие параметры кинетики – скорость и время протекания процесса. В формальной кинетике скорость химической реакции представляется в зависимости только от концентрации реагирующих веществ. Закономерности формальной кинетики позволяют определить кинетические параметры химической реакции [6].

Изменение концентрации от времени выражается кинетической кривой ($C = f(\tau)$). Крутизна кинетической кривой характеризует истинную скорость химической реакции в определенный момент времени. Кроме того, по кинетическим кривым можно определить порядок и константу скорости реакции [6].

Именно эти подходы, по мнению авторов, могут быть использованы при оценке процессов, происходящих при поверхностной эрозии.

Цель исследования: исследование зависимости склонового стока от времени для

построения кинетической модели, описывающей процесс поверхностной эрозии почвогрунтов.

Материалы и методы исследования

Для проверки выдвигаемой гипотезы в предпринимаемых исследованиях в качестве основополагающего был использован индуктивный метод, базирующийся на анализе экспериментальных данных, полученных на физической модели процесса водной эрозии. Процесс смыва грунта моделировали, используя лабораторную дождевальную установку типа ЛДУ-1М малых габаритов, которая пригодна для работы в условиях небольших лабораторий [7]. Исследовались почвогрунты, взятые в бассейне р. Сеща Дубровского района.

Результаты исследования и их обсуждение

Построение кинетической модели смыва грунта под воздействием водного потока опирается на анализ предполагаемого механизма процесса и составление его схемы. Схема должна отражать возможные стадии перехода исходного вещества системы – грунт в естественном состоянии – в смывтый в результате водной эрозии грунт и учитывать на данном уровне абстрагирования основные характерные черты описываемого процесса.

Предположим, что все изменения в системе «грунт – внешняя среда» происходят в результате взаимодействия только двух обобщенных кинетических единиц – грунт в естественном состоянии и смывтый в результате водной эрозии грунт:



где G , Ω – количество исходного и смывтого в результате эрозии грунта.

В качестве параметра концентрации использовался показатель Ψ , определяемый по формуле [8]:

$$\Psi = \pm \frac{\Omega_{t+\Delta t} - \Omega_t}{\Omega_{t+\Delta t}}, \quad (2)$$

где Ω_t , $\Omega_{t+\Delta t}$ – склоновый сток к моментам времени t и $t+\Delta t$; Δt – временной интервал, через который производились замеры.

Динамика склонового стока представлена в таблице.

Порядок реакции определяли графически. Для этого строили графики в координатах $\Psi - t$, $\ln|\Psi| - t$, $1/\Psi - t$, $1/\Psi^2 - t$, соответствующие нулевому, первому, второму и третьему порядкам реакции. Полученные данные представлены на рис. 1 и 2.

Динамика склонового стока на песчаных и глинистых почвогрунтах

Песчаные почвогрунты (пойма реки Сеща Дубровского района Брянской области)			Глинистые почвогрунты (пойма реки Сеща Дубровского района Брянской области)		
Ω	t	Υ	Ω	t	Υ
1906	6	0,35	1380	12	0,02
1416	12	0,39	1350	18	0,02
1016	18	0,34	1320	24	0,03
756	24	0,36	1280	30	0,03
556	30	0,33	1240	36	0,03
418	36	0,51	1200	42	0,04
276	42	0,34	1150	48	0,06
206	48	1,06	1090	54	0,09
100	54	0,66	1000	60	0,11
60	60	0,66	900	66	0,14
–	–	–	790	72	0,16
–	–	–	680	78	0,21
–	–	–	560	84	0,21
–	–	–	440	90	0,13
–	–	–	390	96	0,34
–	–	–	290	102	0,26
–	–	–	230	108	0,26

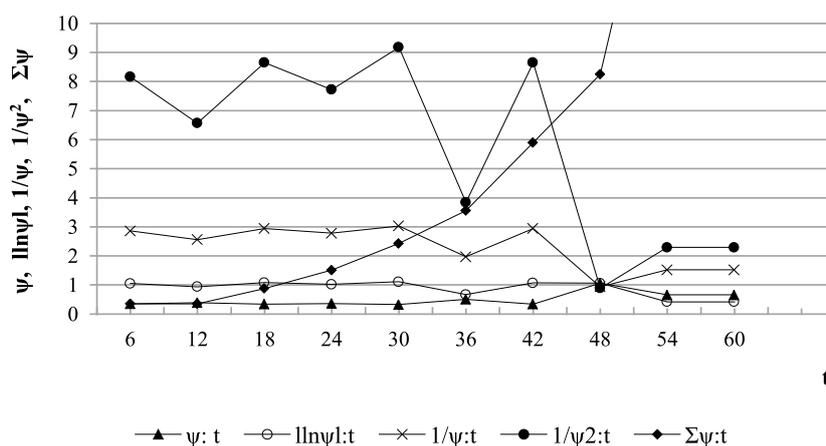


Рис. 1. Динамика склонового стока на песчаных почвогрунтах (пойма реки Сеща в Дубровском районе Брянской области)

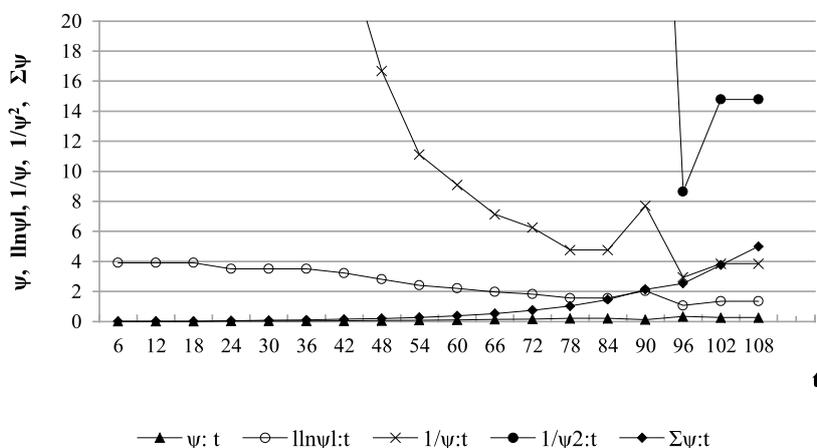


Рис. 2. Динамика склонового стока на глинистых почвогрунтах (пойма реки Сеща в Дубровском районе Брянской области)

Как видно из данных, представленных на рис. 1 и 2, функции приближаются к линейной форме для зависимостей $\Psi(t)$ и $\Sigma\Psi(t)$ в интервале времени 30–50 с, что соответствует нулевому порядку реакции. Нулевой порядок характерен для гетерогенных реакций в том случае, если скорость диффузии реагентов к поверхности раздела фаз меньше скорости их химического превращения. Таким образом, лимитирующей стадией процесса следует считать смыл грунта, так как подвергающийся эрозионному воздействию грунт изначально находится в зоне воздействия водного потока.

Для того, чтобы предсказать изменение объема подвергнувшегося эрозии грунта в любой момент времени, необходимо определить:

Ω_0 – склоновый сток в начальный момент времени относительно оси отсчета;

Ω_{CT} – склоновый сток в момент стабилизации процесса относительно той же оси;

μ – комплексный параметр, характеризующий максимальную удельную скорость изменения количества подвергнувшегося эрозии грунта.

Для нахождения Ω_0 , Ω_{CT} , μ необходимо полученные экспериментальные данные, через равные промежутки времени, нанести на график с ординатой Ψ и с абсциссой Ω_t . Для нахождения Ω_0 , определяющего положение оси отсчета 0–0, нужно задаться сначала значением $\Omega_0 = 0$, а затем, постепенно увеличивая его методом последовательных приближений, добиться на графике совершенной линейной зависимости Ψ от Ω_t .

После преобразования кривых изменения количества подвергнувшегося эрозии грунта прямую линию продолжают до пересечения с осью абсцисс и осью ординат. На оси ординат получится отрезок, численно равный $\Psi_\mu = 1 - e^{-\mu G \Delta t}$, а на оси абсцисс – отрезок Ω_{CT} . Зная временной интервал Δt ,

можно найти $\mu G_m = \frac{\ln(1 - \Psi_\mu)}{\Delta t}$ [9]. Полу-

ченные данные для песчаных и глинистых почвогрунтов представлены на рис. 3.

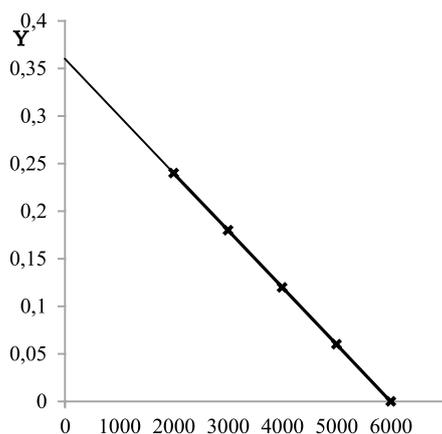
Как видно из данных, представленных на рис. 3, совершенная линейаризация кинетических кривых изменения объема различных почвогрунтов, подвергнувшихся эрозии, свидетельствует о возможности описания процесса кинетическими моделями.

В течение всего периода протекания процесса эрозии μG_m , Ω_0 не изменяются и могут использоваться для определения координат кинетической кривой, характеризующей эрозионный процесс, используя зависимость

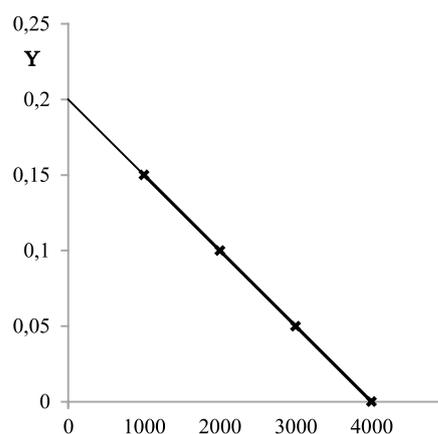
$$\Omega_t = \frac{\Omega_{\infty t}}{1 + \frac{\Omega_{\infty} - \Omega_0}{\Omega_0} e^{-\mu G \Delta t}}, \quad (3)$$

где Ω_{∞} – максимальный склоновый сток, который может наблюдаться в результате эрозионного процесса.

$$\Omega_{\infty} = \frac{\Omega_{CT} \mu G_m}{\mu G_m}. \quad (4)$$



а)



б)

Рис. 3. Линейаризованные графики зависимости динамики склонового стока: а) песчаные почвогрунты, б) глинистые почвогрунты

Продолжительность протекания процесса эрозии до полного затухания можно определить по зависимости [10, 11]:

$$t = \frac{1}{\mu G_m} \ln \frac{\Omega_k (\Omega_0 - \Omega_{CT})}{\Omega_0 (\Omega_k - \Omega_{CT})}, \quad (5)$$

где Ω_k – склоновый сток в конце временного периода;

Ω_{CT} – склоновый сток в стационарном периоде процесса.

Если принять $\Omega_k / \Omega_{CT} = n$, а $n = 0,95$, так как при $n > 0,95$ продолжительность процесса увеличивается, а интенсивность резко снижается, то можно прогнозировать продолжительность протекания исследуемого процесса. Оптимальное значение n следует устанавливать в каждом конкретном случае (в зависимости от условий протекания процесса и поставленных задач).

После некоторых преобразований зависимость (5) приобретает вид

$$t = \frac{1}{\eta_1 G_m} \ln \left(\frac{\Omega_{CT} - \Omega_0}{\Omega_0} \cdot \frac{n}{1-n} \right). \quad (6)$$

Выводы

1. В процессе проведенных исследований установлено, что постулаты формальной химической кинетики могут быть использованы для описания процессов водной эрозии почвогрунтов.

2. Предложена кинетическая модель описания эрозионного процесса грунта, в основе которой лежат постулаты формальной химической кинетики.

3. Хорошее схождение результатов расчетов с опытными данными при оценке процесса поверхностной эрозии позволяет рекомендовать методику, основанную на кинетических моделях для прогнозирования эрозионных процессов.

Список литературы / References

1. Эрозия почвы // ECOPORTAL [Электронный ресурс]. URL: <https://ecoportal.info/eroziya-pochvy/> (дата обращения: 15.12.2018).

Soil erosion // ECOPORTAL [Electronic resource]. URL: <https://ecoportal.info/eroziya-pochvy/> (date of access: 15.12.2018) (in Russian).

2. Писаренко В.Н., Писаренко П.В., Писаренко В.В. Охрана почвенного покрова: негативные последствия ветровой и водной эрозии почв // Agro Mage [Электронный ресурс]. URL: https://agromage.com/stat_id.php?id=538 (дата обращения: 15.12.2018).

Pisarenko V.N., Pisarenko P.V., Pisarenko V.V. Protection of a soil cover: negative consequences of a wind and water erosion of soils // Agro Mage [Electronic resource]. URL: https://agromage.com/stat_id.php?id=538 (date of access: 15.12.2018) (in Russian).

3. Гресков П.Н. Эффективность гидропосева Profile для защиты склонов от эрозии // Инженерная защита. 2014. № 1. С. 34–37.

Greskov P.N. Effectiveness of hydrocrops of Profile for protection of slopes against an erosion // Inzhenernaya Zashchita. 2014. № 1. P. 34–37 (in Russian).

4. Точицкий А.А., Лепешкин Н.Д. Защитим почву на склоновых землях [Электронный ресурс]. URL: <https://belagromech.by/articles/zashhitim-pochvu-na-sklonovyh-zemlyah/> (дата обращения: 15.12.2018).

Tochitsky A.A., Lepeshkin N.D. Let's protect the soil on slope lands // RUP «NPTs NAN of Belarus on Mechanization of Agriculture» [Electronic resource]. URL: <https://belagromech.by/articles/zashhitim-pochvu-na-sklonovyh-zemlyah/> (date of access: 15.12.2018) (in Russian).

5. Геологический словарь: в 3 т. / Гл. ред. О.В. Петров. 3-е изд., перераб. и доп. СПб.: ВСЕГЕИ, 2012. Т.3. 435 с.

Geological dictionary: in 3 t. / Chapter of an edition O.V. Petrov. The 3rd prod., the reslave. and additional. SPb.: VSEGEI, 2012. T. 3. 435 p. (in Russian).

6. Беспалова Ж.И., Смирнова Н.В., Пятерко И.А., Кудрявцев Ю.Д. Химическая кинетика и катализ: учебное пособие по курсу «Физическая химия». Новочеркасск: ЮРГПУ (НПИ), 2014. 98 с.

Bespalova Z.I., Smirnova N.V., Pyaterko I.A., Kudryavtsev Yu.D. Chemical kinetics and catalysis: manual at the rate «Physical chemistry». Novocherkassk: YuRGPU (NPI), 2014. 98 p. (in Russian).

7. Комиссаров М.А. Эрозия почвы при орошении мобильными дождевальными установками // Мелиорация и водное хозяйство. 2011. № 3. С. 32–34.

Komissarov M. A. Soil erosion during mobile sprinklers irrigation. 2011. № 3. P. 32–34 (in Russian).

8. Мищенко А.Е. Стабильность эрозионно-опасного склона // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2013. № 5 (43). С. 17–20.

Mishchenko A.E. Stability of an erosive and dangerous slope // News of the Orenburg state agricultural university. 2013. № 5 (43). P. 17–20 (in Russian).

9. Василенков В.Ф., Мельникова Е.А. К построению модели движения жидкости в ненасыщенной почве при испарении // Достижения науки и передовой опыт в производстве и учебно-воспитательный процесс: материалы межвузовской научно-практической конф. Брянск, 1995. С. 57–58.

Vasilenkov V.F., Melnikova E.A. To creation of model of flow of fluid in the nonsaturated soil at evaporation // Achievements of science and the best practices in production and teaching and educational process: materials interuniversity scientific and practical. Bryansk, 1995. P. 57–58 (in Russian).

10. Василенков В.Ф. О применении кинетических моделей в мелиорации // Пути повышения продуктивности полей и ферм: сб. тезисы докладов научной конф. Рязань, 1989. С. 113–115.

Vasilenkov V.F. About application of kinetic models in melioration // Paths of increase in efficiency of fields and farms: Sb. Theses of reports scientific. Ryazan, 1989. P. 113–115 (in Russian).

11. Василенков В.Ф., Василенков С.В., Демина О.Н., Мажайский Ю.А., Мельникова Е.А. Экологическая и экономическая оптимизация эксплуатационного режима орошения современными дождевальными машинами // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2015. № 4 (28). С. 85–93.

Vasilenkov V.F., Vasilenkov S.V., Dyomina O.N., Magaiskiy Yu.F., Melnikova E.A. Ecological and economic optimization of the operational mode of an irrigation by the modern dozhdevalny cars // Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named After P.A. Kostychev. 2015. № 4 (28). P. 85–93 (in Russian).

УДК 504.06(571.54)

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ДАЧНЫХ И САДОВОДЧЕСКИХ НЕКОММЕРЧЕСКИХ ОБЪЕДИНЕНИЙ ГОРОДА УЛАН-УДЭ И ЕГО ПРИГОРОДА

Мотошкина М.А., Норбоева Б.С., Аюшеева Д.М.

ФГБОУ ВО «Бурятский государственный университет», Улан-Удэ, e-mail: maralmot@yandex.ru

В данной статье рассматривается город Улан-Удэ и его пригородная зона, которые являются единой системой, включающей в себя несколько подсистем, между которыми существуют тесные взаимосвязи различного характера, в частности на уровне социально-экономических явлений, которые часто приводят к конфликтным ситуациям за счет ограниченности земельных ресурсов. И одна из таких проблем – это стихийная территориальная застройка дачных некоммерческих товариществ и садоводческих некоммерческих товариществ (ДНТ и СНТ) в черте города Улан-Удэ и его пригороде, которая приводит к острым экологическим, социальным и экономическим проблемам. В связи с этим возникла необходимость разработки научно обоснованного методологического подхода к формированию пригородных территорий. Были рассмотрены дачные и садоводческие некоммерческие товарищества, которых более 200 в городе Улан-Удэ и его пригороде, их права и обязанности, условия их функционирования, территориальное размещение. Выявлена разница между ДНТ и СНТ в их правовых отношениях. Чтобы наглядно сравнить динамику ДНТ и СНТ, применялся дистанционный метод зондирования земной поверхности. Для получения наиболее полной картины динамики территориального роста дачных и садоводческих некоммерческих товариществ были обработаны космические снимки за период с 1998 по 2018 г. Анализ этих данных показывает, что ежегодно происходит увеличение площадей частного сектора примерно в 13,5 км². Выявлено несколько проблем в законодательстве и пробелы в нормативно-правовой базе. Также выделены несколько негативных последствий, связанных с неконтролируемой застройкой частного сектора, в том числе в ДНТ и СНТ.

Ключевые слова: дачные некоммерческие товарищества, садоводческое некоммерческое товарищество, динамика, нормативно-правовые акты, федеральный закон, правовое регулирование, площадь города, смог, прирост населения, самоволки

MODERN PROBLEMS OF SUBURBAN AND GARDENING NON-COMMERCIAL ASSOCIATIONS OF THE CITY OF ULAN-UDE AND ITS SUBURBS

Motoshkina M.A., Norboeva B.S., Ayusheeva D.M.

Buryat State University, Ulan-Ude, e-mail: maralmot@yandex.ru

This article discusses the city of Ulan-Ude and its suburban area, which are a single system, which includes several subsystems, between which there are close relationships of different nature, in particular at the level of socio-economic phenomena, which often lead to conflict situations due to limited land resources. And one of these problems is the spontaneous territorial development of suburban non-profit partnerships and horticultural non-profit partnerships (DNT and SNT) in the city of Ulan-Ude and its suburbs, which leads to acute environmental, social and economic problems. In this regard, it became necessary to develop a scientifically based methodological approach to the formation of suburban areas. There were considered cottage and horticultural non-commercial partnerships, of which more than 200 in the city of Ulan-Ude and its suburbs, their rights and obligations, the conditions of their functioning, territorial location. The difference between DNT and SNT in their legal relations is revealed. To visually compare the dynamics of DNT and SNT was used remote sensing method of the earth's surface. To obtain the most complete picture of the dynamics of the territorial growth of suburban and horticultural non-profit partnerships, space images were processed for the period from 1998 to 2018. Analysis of these data shows that the private sector is growing at an annual rate of about 13.5 km². Several problems in the legislation and gaps in the regulatory framework were identified. Also highlighted are several negative consequences associated with uncontrolled development of the private sector, including in the DNT and SNT.

Keywords: suburban non-commercial associations, gardening non-commercial association, dynamics, legal and regulatory instruments, Federal law, legal regulation, the area of the city, smog, population growth, Illegal construction

На сегодняшний день в г. Улан-Удэ заметна динамика возрастания садово-дачных товариществ вокруг городской агломерации. Образовавшиеся на окраине города такие объединения, как дачные некоммерческие товарищества (далее ДНТ) и садоводческие некоммерческие товарищества (далее СНТ), приводят к тому, что появляется ряд определенных острых проблем, которые ведут к огромной нагрузке на среду обитания человека. Конечно, вместе с тем,

с другой стороны, ДНТ и СНТ решают проблемы жилья, удовлетворяют потребности людей, снимают проблему отдыха людей, снижают социальную напряженность. Объектом исследования стала территориальная система размещения и роста пригородной зоны г. Улан-Удэ, в том числе ДНТ и СНТ, а предметом – закономерности формирования, размещения, функционирования и развития этой территориальной системы г. Улан-Удэ.

Цель исследования заключается в выявлении специфики образования и территориального размещения ДНТ и СНТ в черте г. Улан-Удэ и пригородной зоне, а также возникшие в связи с этим проблемы.

Для достижения цели необходимо:

1. Выявить разницу между ДНТ и СНТ в нормативно-правовом отношении, их права и обязанности.

2. Рассмотреть нормативно-правовую базу, регламентирующую деятельность и образование ДНТ и СНТ.

3. Проследить динамику территориального роста ДНТ и СНТ.

4. Выявить положительные и отрицательные проблемы, связанные с территориальным размещением ДНТ и СНТ.

Материалы и методы исследования

Сейчас купить земли ДНТ и СНТ стало гораздо проще и дешевле. Размер участков во многом зависит от финансовых возможностей покупателя, а также от определенных уставных требований товариществ.

Есть определенное различие между ДНТ и СНТ, оно заключается в том, что ДНТ предназначено для капитального дачного строительства, а затем только ведения приусадебного личного хозяйства. СНТ в свою очередь имеет главным предназначением огородничество и садоводство. Соответственно, права всех участников данных объединений также значительно отличаются. Что касается нормативной базы регулирующей отношения в данной сфере, можно выделить Земельный кодекс Российской Федерации, где рассмотрены правовые взаимоотношения касательно земель, а именно их распределение и назначение, затем, соответственно, выделяется гражданско-правовое положение, которое регулируется Гражданским кодексом Российской Федерации. Профилирующими нормативно-правовыми актами являются следующие законы: Федеральный закон от 15.04.1998 № 66-ФЗ «О садоводческих, огороднических и дачных некоммерческих объединениях граждан» и Федеральный закон от 29 июля 2017 г. № 217-ФЗ «О ведении гражданами садоводства и огородничества для собственных нужд и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». Из общих положений Федеральных законов можно вынести главное, что их целью является комплексное регулирование в области тех отношений, которые возникают в связи с ведением гражданами садоводства, огородничества и дачного хозяйства, и устанавли-

вает правовое положение садоводческих, огороднических и дачных некоммерческих объединений, в том числе особенности их гражданско-правового положения.

Отношения, возникающие в связи с созданием садоводческих, огороднических или дачных некоммерческих объединений, а также в связи с деятельностью таких объединений, настоящий Федеральный закон регулирует в той мере, в какой они не урегулированы законодательством Российской Федерации. Федеральный закон применяется по отношению ко всем садоводческим, огородническим и дачным некоммерческим объединениям, создаваемым на территории Российской Федерации, а также по отношению к ранее созданным садоводческим, огородническим и дачным товариществам и садоводческим, огородническим и дачным кооперативам [1].

Если с регулированием более или менее понятно, то остается вопрос об их правовом положении, здесь можно выделить статью 6 Федерального закона от 15.04.1998 № 66-ФЗ «О садоводческих, огороднических и дачных некоммерческих объединениях граждан», где прописаны правовые полномочия ДНТ и СНТ. Во-первых, товарищеские объединения могут осуществлять предпринимательскую деятельность в рамках соответствующих им целей, для которых они были созданы. Во-вторых, данные объединения считаются созданными с момента его государственной регистрации, при этом садоводческое, огородническое или дачное некоммерческое объединение должны иметь в собственности обособленное имущество, приходно-расходную смету, печать с полным наименованием такого объединения на русском языке или на государственном языке соответствующей республики [2].

Проблема данных объединений заключается в их достаточно активной застройке в окрестностях г. Улан-Удэ. Начиная с начала 2000 г. таких товарищеских объединений насчитывалось около 90, на сегодняшний день это число увеличилось в 2 раза. По данным государственного реестра на 2018 г. ДНТ и СНТ более 200 в окрестностях города.

Чтобы наглядно сравнить динамику ДНТ и СНТ, применялся дистанционный метод зондирования земной поверхности. Для сравнения брались снимки за период с 1993 по 2018 г. (рис. 1–6).

Результаты исследования и их обсуждение

На снимках высокого разрешения видно, как стремительно увеличивалась площадь городской агломерации за период с 1998 по

2018 г. Снимки позволили сделать выводы о росте площади города и пригорода в разные годы: так, на 2018 г. площадь Улан-Удэ и его пригорода составляет 172 км². В 2015 г. – 161 км², 2012 г. – 142 км², 2009 г. – 128 км², 2003 – 115 км² и в 1998 г. площадь составляла чуть больше 105 км². Из этого следует, что с 1998 г. неумолимо идет активная урбанизация вокруг города Улан-Удэ. Прирост площадей в среднем за один год составляет порядка около 13,5 км².

С одной стороны, прирост населения в город это неплохо, так и создаются ме-

гаполисы, но не в данном случае. Прирост населения идет за счет оттока трудоспособного населения из деревень, где на сегодняшний день остро стоит проблема с безработицей, и это вынуждает людей ехать в столицу республики, дабы найти даже самую низкооплачиваемую работу. Еще одним стимулом для застроек вокруг города стал материнский капитал, за счет этих средств выкупалось большинство земельных участков, и возводились частные дома в товарищеских объединениях за период с 2012 г. по сегодняшний день.

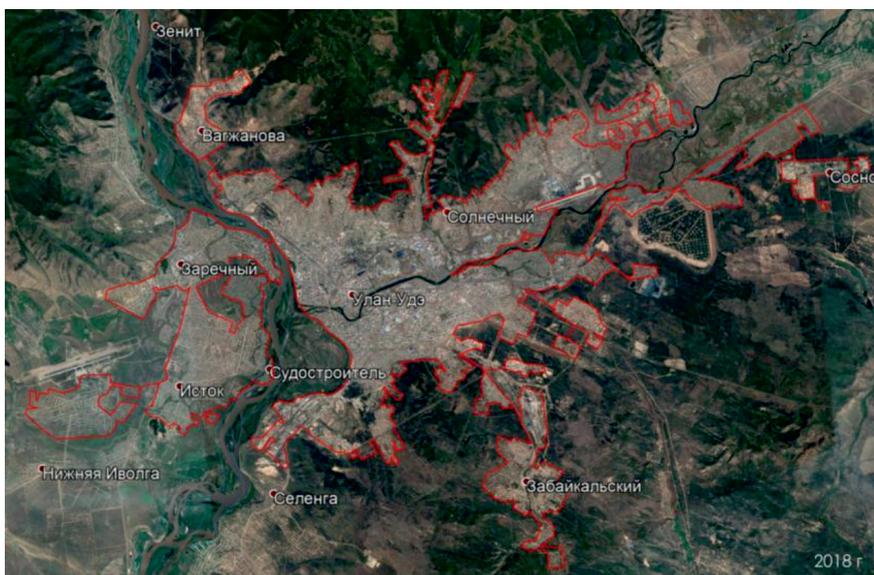


Рис. 1. Город Улан-Удэ, 2018 г.

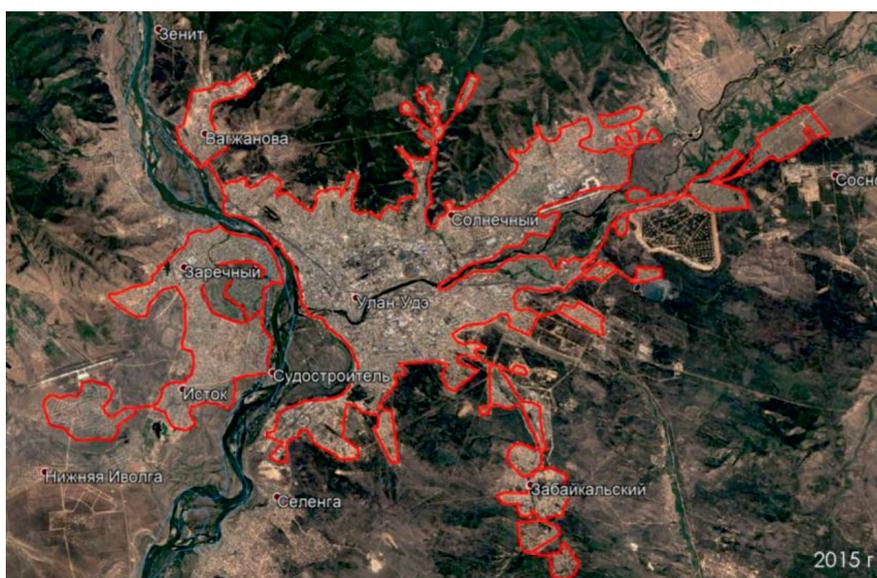


Рис. 2. Город Улан-Удэ, 2015 г.

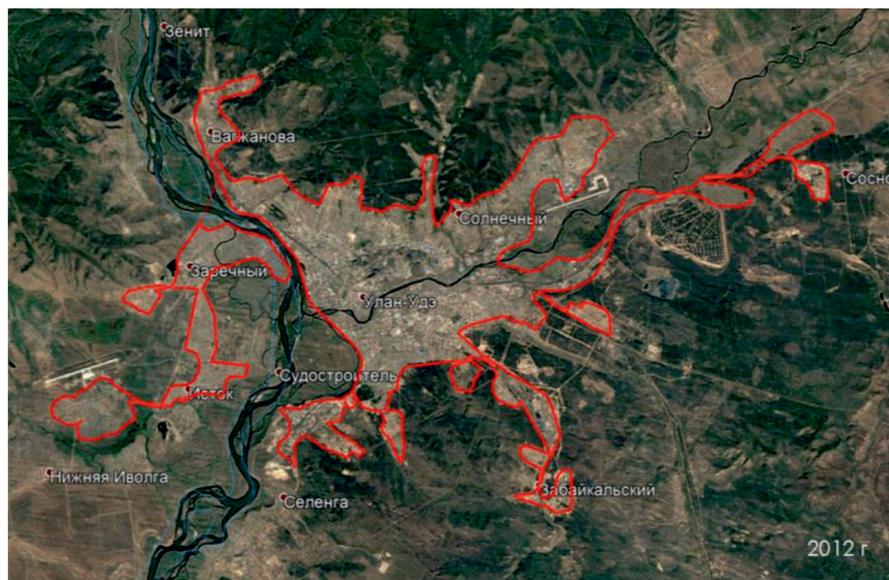


Рис. 3. Город Улан-Удэ, 2012 г.

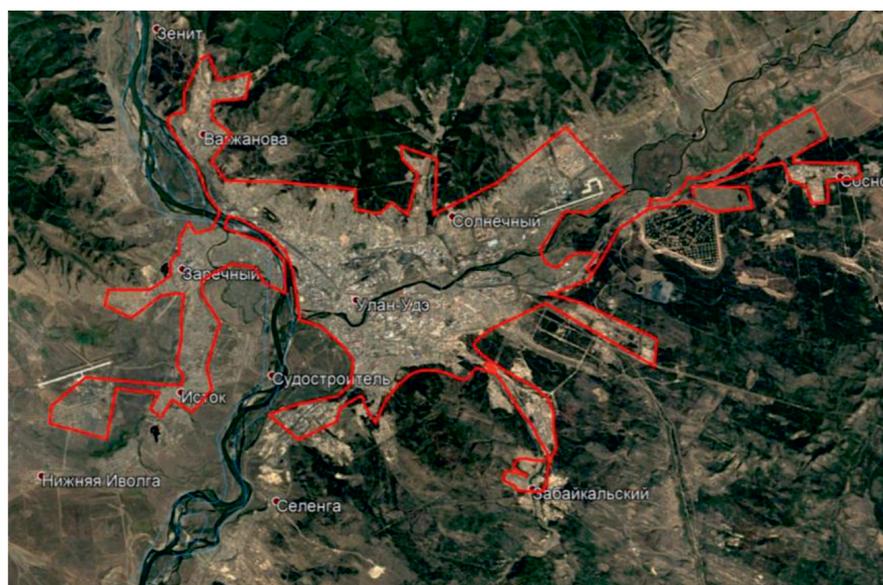


Рис. 4. Город Улан-Удэ, 2009 г.

Это не единственные проблемы, связанные с ДНТ и СНТ. Динамичный прирост данных объединений, где разрешено не только сельское хозяйство, но и капитальное строительство, несет за собой ряд социально-экономических, экологических и многих других проблем, связанных с данным видом использования земель.

Выделяя проблемы, нельзя упускать из вида то, что ДНТ и СНТ несут и антропогенную нагрузку на экологию города.

Можно выделить не только хозяйственную деятельность, которую они осуществляют непосредственно на своих земельных участках, где активно эксплуатируется почвенный покров, что в будущем грозит их деградации. Также стоит отметить нагрузку на экологическую среду города и пригородной зоны в зимний период. Этот период характеризуется маловетренным сезоном, и для г. Улан-Удэ это весьма плохо, так как город расположен в Иволгино-Удин-

ской межгорной впадине, все выбросы в атмосферу накапливаются в виде смога или дыма. По данным Бурятского Гидрометцентра, зимой 2018 г. концентрация бензопирена в воздухе превысила норму в более чем в 30 раз [3]. Власти республики не предпринимают никаких решений по растущей экологической проблеме. Уровень смога растет ежемесячно, если брать данные за ноябрь, то уровень выше в среднем

в 14 раз, а вот уже к декабрю – в 21 раз. Говоря о бензопирене, стоит отметить, что он является сильнейшим канцерогенным веществом.

Причиной возникновения в зимний сезон постоянного смога в столице республики является отопление углем и дровами в мелких котельных и печах частного сектора, как отмечают ученые-экологи Бурятии [4].

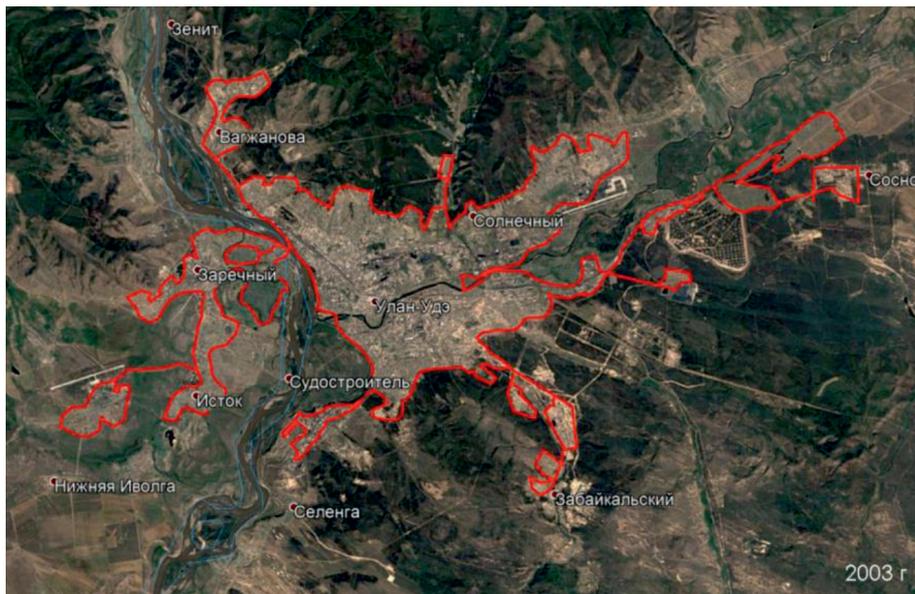


Рис. 5. Город Улан-Удэ, 2003 г.



Рис. 6. Город Улан-Удэ, 1998 г.

Проблема с дачными и садоводческими объединениями не только экологическая, но и социально-экономическая и правовая. Так на сегодняшний день существует ряд проблем связанных с их регулированием.

Одна из главных выделяемых проблем связана с самовольным захватом земель в г. Улан-Удэ и пригородных районах, где приобрела растущую тенденцию.

Для того, чтобы у граждан не было заблуждений по данному вопросу, Управление Росреестра по Бурятии наглядно показывает, как проводится государственный земельный надзор. Для этого они проводят запланированные встречи (собрания) с гражданами.

ГВ ходе встречи любой заинтересованный гражданин может узнать, в чем состоят полномочия Управления по государственному земельному надзору, и почему ведомство не может убирать «самоволки» на стадии строительства, кто такой «самовольщик» и почему не все граждане, у которых нет свидетельства о регистрации, относятся к этой категории.

На сегодня ДНТ и СНТ создаются под лозунгом «узаконим самоволки», хотя никакого узаконения не происходит и оно невозможно, потому что земли под «самоволками» являются обремененными и их нельзя предоставить в собственность. То есть проблема «самоволок» через создание ДНТ и СНТ не решается.

Частым явлением стало проведение махинаций с земельными участками под данным лозунгом, который указан выше в тексте. Хорошим примером может служить случай, не так давно произошедший. В ходе запланированного рейда инспекторов Управления Росреестра по Бурятии были выявлены мошенничество. Проверке подверглось ДНТ, находящееся на земельном участке, собственником которого является БурНИИСХ СО РАСХН (Бурятский научно-исследовательский институт сельского хозяйства Сибирского отделения РАСХН). Руководство института пообещало людям, что занимаемые ими земельные участки будут оформлены, при этом данные лица не имели никакого права распоряжаться этой землей. Граждане, поверив этим словам, заняли землю, не имея на руках никаких правоустанавливающих документов.

Подобных случаев мошенничества в дачных и садоводческих товариществах много. Появляется некая группировка лю-

дей, которая собирает деньги с граждан и исчезает с полученными средствами.

Следует отметить, что единственным правоудостоверяющим документом является свидетельство о праве собственности или выписки из ЕГРН. Многие владельцы «самовольщики» считают, что документом, удостоверяющим их право собственности на участок земли, являются членские книжки. Но по своей сути они не подтверждают право собственности на землю.

Решением в данном случае может стать только бдительность самих граждан, приобретающих землю. То есть денежные средства стоит передавать после получения свидетельства о государственной регистрации права собственности.

В противном случае жители Бурятии могут стать правонарушителями и выплачивать огромные штрафы. Их размер с 20 марта увеличился в десятки раз. Так, за самовольное занятие земельного участка налагается штраф от 1 до 1,5% кадастровой стоимости, но не меньше 5 тыс. руб. для граждан, от 1,5 до 2% кадастровой стоимости, но не менее 20 тыс. руб. – для должностных лиц и для юридических лиц – от 2 до 3% кадастровой стоимости участка, но не менее 100 тыс. руб. [5].

Если же кадастровая стоимость не определена, то штраф может варьироваться от 5 до 10 тыс. руб. для граждан, от 20 до 50 тыс. руб. – для должностных лиц, от 100 до 200 тыс. руб. – для юридических лиц [5].

Выводы

Во-первых пригородная зона г. Улан-Удэ используется для размещения ДНТ и СНТ, при этом чаще всего в первую очередь осваиваются наиболее доступные во временном отношении районы, экономические выгодные территории, но при этом данная территориальная система складывается достаточно стихийно и не соответствует экологическим требованиям и современным потребностям населения, при том, что государственные власти не особо заинтересованы в решении этих проблем. Во-вторых, выявлен ряд таких проблем, как скученность городского населения, острая нехватка жилья, загрязнение окружающей среды, шум, воровство, преступность, нехватка жизненного пространства, незаконное подключение к электроэнергии, пожары, смертность, отсутствие подведения коммуникаций (дорог или проблема строительства и ремонта уже существующих дорог, электроэнергии-электрификации, которые ведут к массово-

му хищению цветного и черного металлов, питьевого водоснабжения, а также недостаток воды для полива «отсутствие летних водопроводов», вывоз мусора, реализация продукции с садово-дачных товариществ, охрана имущества ДНТ и СНТ, проблема пассажирских перевозок, неудобные остановки, высокая стоимость проезда, уничтожение сорных растений и вредителей, ликвидация крупных несанкционированных свалок) и т.д.

Рассуждая о проблемах ДНТ и СНТ в статье, можно сделать и третий вывод, о том, что неэффективно решается проблема безработицы в отдаленных от столицы населенных пунктах, что в свою очередь ведет к нерегулируемой численности населения в городе. В-четвертых, не все понятно с правовой базой в области, связанной с ДНТ и СНТ, до сих пор нет точно урегулированной, единой правовой базы.

Список литературы / References

1. Федеральный закон от 15.04.1998 № 66-ФЗ (ред. от 03.07.2016) «О садоводческих, огороднических и дачных некоммерческих объединениях граждан» // Законы РФ [Электронный ресурс]. URL: <https://fzakon.ru/laws/federalnyy-zakon-ot-15.04.1998-n-66-fz> (дата обращения: 17.12.2018).
2. Федеральный закон от 07/29/2017 No. 217 «On the conduct of gardening and horticulture by citizens for their own needs and on amendments to certain legislative acts of the Russian Federation» // Russian newspaper. 2 August 2017 [Electronic resource]. URL: <https://rg.ru/2017/07/30/fz217-site-dok.html/> (date of access: 17.12.2018) (in Russian).
3. Родионов Д. В Улан-Удэ усиливается смог // Номер один. 2018 [Электронный ресурс] [Электронный ресурс]. URL: <https://gazeta-n1.ru/archive/2018/5/60853/> (дата обращения: 17.12.2018).
4. Родионов Д. In Ulan-Ude enhanced smog // Number one. 2018 [Electronic resource]. URL: <https://m.gazeta-n1.ru/archive/2018/5/60853/> (date of access: 17.12.2018) (in Russian).
5. ИА «Байкал Медиа Консалтинг». Улан-удэнцы жалуются на запахи и смог над городом // Байкал медиа консалтинг. 2018 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.baikal-media.ru/news/society/353481/> (дата обращения: 17.12.2018).
6. ИА «Baikal Media Konsalting». Ulan-audience such complain about the smell and smog over the city // Baikal media konsalting. 2018 [Electronic resource]. URL: <https://www.baikal-media.ru/news/society/353481/> (date of access: 17.12.2018) (in Russian).
7. ИА «Байкал Медиа Консалтинг». Росреестр: В Улан-Удэ множество случаев мошенничества в ДНТ и СНТ // Байкал медиа консалтинг. 2015 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.baikal-media.ru/news/society/300700/> (дата обращения: 17.12.2018).
8. ИА «Baikal Media Konsalting». Rosreestr: In Ulan-Ude many cases of fraud in DNT and SNT // Baikal media consulting. 2015 [Electronic resource]. URL: <https://www.baikal-media.ru/news/society/300700/> (date of access: 17.12.2018) (in Russian).

УДК 502.53

**РУБКИ УХОДА В ЛЕСНЫХ СООБЩЕСТВАХ ПРИРОДНОГО ЗАКАЗНИКА
КАК ФАКТОР МИГРАЦИИ ЖЕЛЕЗА В ПОЧВЕ****Несговорова Н.П., Савельев В.Г., Калегина А.В.***ФГБОУ ВО «Курганский государственный университет», Курган, e-mail: geograf@kgsu.ru*

Статья посвящена исследованию влияния рубок ухода на межфазовые (твердая фаза, почвенный поглотительный комплекс) переходы и процессы вертикальной миграции железа как одного из компонентов химического состава в почвах природного зоологического заказника. Актуальность работы обусловлена важностью создания и поддержания в жизнеспособном состоянии охраняемых территорий, ролью почвы в конкретном природном сообществе и влиянием на природный комплекс хозяйственной деятельности, даже если она проводится в целях «улучшения состояния сообщества». Основное противоречие рассматриваемой проблемы состоит в том, что известны основные особенности миграции железа в почве и факторы, управляющие данными процессами, однако применимо к почве конкретного региона со своеобразием природно-климатических условий, к которым относим лесостепное Южное Зауралье, Белозерский природный зоологический заказник, проводимая в нем хозяйственная деятельность и ее последствия не выявлены. Рассмотрение проблемы осуществляется на фоне влияния факторов различной природы на миграционные процессы железа в почве. Теоретическое обоснование и сравнительный анализ теоретической модели влияния факторов различной природы, построенной на материалах предыдущих самостоятельных научных исследований и работ российских и зарубежных ученых и модели, созданной в результате обобщения настоящих исследований, показали определенное сходство данных моделей и их различие. Оно может быть объяснено: а) влиянием хозяйственной деятельности на природные сообщества (рубок ухода); б) совокупностью природных условий лесостепного (Южного) Зауралья. Результаты исследования подтверждают предположение о том, что рубки ухода не только изменяют характер растительности на подвергнутых им территориях, но и оказывают влияние на миграцию железа в почве.

Ключевые слова: миграция железа в почве, факторы миграционных процессов, модели миграции железа, хозяйственная деятельность в природном заказнике

**CARE CUTTERS IN FOREST COMMUNITIES OF NATURAL RESERVATION
AS A FACTOR OF IRON MIGRATION IN SOIL****Nesgovorova N.P., Savelev V.G., Kalegina A.V.***Kurgan State University, Kurgan, e-mail: geograf@kgsu.ru*

The article is devoted to the study of the effect of thinning on interphase (solid phase, soil absorption complex) transitions and processes of vertical migration of iron as one of the components of the chemical composition in the soils of the natural zoological reserve. The relevance of the work is due to the importance of creating and maintaining protected areas in a viable state, the role of the soil in a particular natural community and the impact on the natural complex of economic activity, even if it is carried out in order to «improve the state of the community». The main contradiction of the problem under consideration is that the main features of iron migration in soil and the factors controlling these processes are known, however, it applies to the soil of a particular region with the peculiarities of the natural and climatic conditions to which the forest-steppe Southern Trans-Urals, the Belozersky zoological reserve, the economic activity conducted in it and its consequences are not identified. Consideration of the problem is carried out against the background of the influence of factors of different nature on the migration processes of iron in the soil. The theoretical substantiation and comparative analysis of the theoretical model of the influence of factors of different nature, built on the materials of previous independent scientific studies and works of Russian and foreign scientists and the model created as a result of the generalization of these studies showed a certain similarity of these models and their difference. It can be explained: a) the impact of economic activity on natural communities (thinning); b) the totality of the natural conditions of the forest-steppe (southern) Trans-Urals. The results of the study confirm the assumption that thinning not only changes the nature of the vegetation in the areas subjected to it, but also affects the migration of iron in the soil.

Keywords: iron migration in soil, factors of migration processes, models of iron migration, economic activity in a natural reserve

Актуальность работы обусловлена важностью создания и поддержания в жизнеспособном состоянии охраняемых территорий, ролью почвы в конкретном природном сообществе и влиянием на природный комплекс хозяйственной деятельности, даже если она проводится в целях «улучшения состояния сообщества».

На первый взгляд трудно обосновать прямую взаимосвязь такого производ-

ственного процесса, как рубки ухода за сообществом, и динамикой химических соединений в почве данной территории.

Однако почва – основной источник минерального (корневого) питания растений, следовательно, химический состав почвы является одним из главных лимитирующих жизнеспособность биоты факторов, содержание и формы химических соединений железа относятся к одному из них. Это с одной стороны.

С другой стороны, входящая в биогеоценоз растительность сама способна оказывать значимое влияние на миграционные процессы химических элементов.

Железо – микроэлемент, который усваивается растениями в наибольшем количестве по сравнению с другими микроэлементами. Оно выполняет ведущую роль среди всех металлов, поглощаемых растениями.

Основное противоречие рассматриваемой проблемы состоит в том, что известны основные особенности миграции железа в почве и факторы, управляющие данными процессами, однако применимо к почве конкретного региона со своеобразием природно-климатических условий, к которым относим лесостепное Южное Зауралье, Белозерский природный зоологический заказник, проводимая в нем хозяйственная деятельность и ее последствия не выявлены.

Проблема исследования заключается в выявлении того, какие факторы управляют процессами миграции железа в почвах Белозерского заказника и как влияют рубки (в рамках разрешенной хозяйственной деятельности) на миграционные процессы железа?

Проблема изучения роли почвы в питании растений насчитывает более чем полуторавековую историю. В ее рамках следует выделить особое внимание исследователей последних десятилетий к следующим факторам:

– изучению особенностей почв конкретного региона: (J. Wang, Z. Li, C. Cai, W. Yang, R. Ma, T. Wang, 2012) [1], (N.V. Gopp, 2015) [2];

– влиянию геохимических особенностей ландшафтов в миграционных процессах микроэлементов (Е.М. Коробова, Б.Н. Рыженко, Е.В. Черкасова, Э.М. Седых, Н.В. Корсакова, В.Н. Данилова, С.Д. Хушвахтова, В.Ю. Березкин, 2014), (Д.В. Московченко, 2012) [3];

– динамике отдельных микроэлементов в системе «почва – растения»: (миграции тяжелых металлов Г.Е. Шумакова, 2017) [4], (миграции железа Л.С. Малюкова, 2011) [5], выявление корреляционной связи в данной системе (Н.А. Пудовкин, Р.Ш. Мубаракшин, И.Ю. Кутепова, А.Ю. Кутепов, 2013) [6];

– миграционным процессам химических элементов в сложной системе почвы, в том числе:

а) миграции железа (P. Sipos, T. Németh, Z. May, 2009) [7], (Л.А. Магошкина, С.И. Левшина, Д.Н. Юрьев, 2006) [8], (G.V. Motuzova, E.A. Karpova, R.S. Artikaev, 2009) [9], (А.С. Фрид, М.А. Гома Ботхина Саад, Т.И. Борисочкина, 2016) [10];

б) межфазовым миграциям в рамках одного горизонта (в черноземе выщелоченном – А.Х. Шеуджен, Т.Н. Бондарева, Х.Д. Хурум, И.А. Лебедевский, М.А. Осипов, С.В. Есипенко, 2017) [11];

в) вертикальным миграциям железа по почвенному профилю (В.Н. Шоба, 1979) [12], водной миграции железа (А.В. Пузанов, С.В. Бабошкина, Т.А. Рождественская, С.Н. Балыкин, 2015) [13];

г) определению устойчивости геосистем по миграции химических элементов (Л.Н. Семёнова, Ю.М. Семёнов, 2010) [14].

Цель исследования: теоретически обобщить миграционные процессы соединений железа в почве и действие факторов на них влияющих, провести экспериментальное исследование по динамике содержания железа в почвах Белозерского заказника и выявить факторы ими управляющие.

Объект исследования: фитогеоценозы Белозерского государственного заказника Курганской области.

Предмет исследования: миграционные процессы соединений железа в почве и факторы ими управляющие.

Охраняемые природные территории – неперемный «атрибут жизнедеятельности» человечества в последние столетия. Что имеется в виду? Прежде всего, констатация факта необходимости охранять природные комплексы, прежде всего для будущих поколений. Уровень охраны природного комплекса различен – от полного неприятия какой-либо деятельности в рамках территории до разрешения отдельных видов хозяйственной деятельности. Природный заказник относится к таким территориям – с разрешенной хозяйственной деятельностью, направленной на поддержание данного комплекса.

С другой стороны, как показывают результаты мониторинга, современный экономический рост и социальное развитие сопровождаются негативными изменениями в природных экосистемах. Процесс развития социума чаще всего обедняет экосистемы и снижает видовое разнообразие, в результате исчезновение даже отдельных видов биоты может значительно ограничить выбор возможностей для будущих поколений. Устойчивое развитие требует сохранения наибольшего биоразнообразия, однако проводимая неграмотно хозяйственная деятельность, изначально направленная на благие цели, может иметь прямо противоположный результат и косвенно способствовать исчезновению видов благодаря на-

рушению химического баланса в корневом питании растений.

В целом деградация природных ресурсов, загрязнение окружающей среды и утрата биологического разнообразия сокращают способность экологических систем к самовосстановлению.

Материалы и методы исследования

Объект исследования – биогеоценозы Белозерского государственного природного зоологического заказника, на территории которого были заложены пробные площадки для исследования влияния выборочных рубок на динамику химических элементов в системе «почва – растения» и закрепление их в почвенных горизонтах. На данных площадках, как и в контроле, изучены фитогеоценозы и отобраны пробы почв для химического анализа с разных горизонтов и образцы растительности.

Используемые методы: теоретические – анализ источников информации, сравнение, обобщение, моделирование. Эмпирические (практические): определение количества железа методом роданида аммония на основе колориметрического метода. Метод основан на взаимодействии железа с роданид-ионом в сильноокислой среде с образованием окрашенного в красный цвет комплексного соединения. Интенсивность окраски пропорциональна концентрации железа; потенциометрический метод определения рН. Измерение рН заключается в сравнении потенциала индикаторного электрода, погруженного в испытуемый раствор, с потенциалом того же электрода в стандартном буферном растворе с известным значением рН; методика определения гумуса И.В. Тюрина на основе титриметрического метода. Метод И.В. Тюрина основан на окислении органического вещества почвы хромовой кислотой до углекислоты. Количество кислорода, израсходованное на окисление органического углерода, определяют по разности между количеством хромовой кислоты, взятой для окисления, и ее количеством, оставшимся неизрасходованным после окисления. Остаток хромовой кислоты, не израсходованной на окисление, оттитровывают 0,1 н раствором соли Мора с индикатором дифениламином; методика определения подвижного фосфора по Кирсанову на основе колориметрического метода. Метод основан на извлечении подвижных соединений фосфора из почвы раствором соляной кислоты и последующем количественном определении содержания

фосфора в почве в виде синего фосфорно-молибденового комплекса на фотоэлектроколориметре.

Статистический и корреляционный анализ результатов [15].

Результаты исследования и их обсуждение

Общая биогеохимическая направленность истории и миграции железа на поверхности земной коры включает генерирование подвижных соединений, их транспорт и накопление в транзитных и аккумулятивных ландшафтах.

Железо под действием различных факторов может переходить из одной фазы в другую, меняя свое состояние. В твердой фазе почвы железо находится в форме оксидов и карбонатов. В почвенном растворе железо находится в виде свободных катионов. В ППК (почвенном поглотительном комплексе) железо, соединяясь с гуминовыми кислотами, образует органо-минеральные соединения.

Основными лимитирующими факторами подвижности железа между фазами почвы, если судить по литературным данным, являются: значение рН почвы (в кислых почвах подвижность и доступность железа увеличивается), окислительно-восстановительный потенциал – Eh (с повышением его значения растет доступность железа), наличие солей кальция (при увеличении их количества в почве снижается подвижность и доступность железа), наличие железобактерий (участвуют в связывании и осаждении железа, образуя нерастворимые соединения).

Между почвенными горизонтами по вертикальному профилю основными лимитирующими факторами подвижности железа являются:

1) подстилаящая порода (наличие в подстилаящей породе железосодержащих минералов повышает наличие соединений железа в почве), железо в минеральной форме поднимается из горизонта С (материнская порода) в горизонт В (иллювиальный), а из горизонта В в горизонт А (гумусово-элювиальный). Имеется и обратный переход: из горизонта А в горизонт В, а далее в горизонт С. В этом случае железо, соединяясь с гумусом, образует органо-минеральные формы и оседает;

2) структура почвы (чем лучше почва структурирована, тем меньше железо вымывается из почвы, т.е. его динамика замедляется);

3) механический состав – в легких почвах подвижность железа повышается, а в почвах с тяжелым механическим составом замедляется.

В процессе работы выявлена динамика содержания нерастворимого (в твердой фазе) железа в почве. Среди всех исследуемых участков выделяется один тем, что в его пробе содержится количество железа, значительно превышающее содержание в других образцах. Объяснение этому явлению можно найти, во-первых, в том, что на данном участке на глубине около 1 м идет активный процесс новообразования – в результате наблюдается скопление новообразований в виде конкреций с процентным содержанием железа 12,96%.

С другой стороны – данная территория является «площадкой рубки сосняка для осветления территории» предыдущего года. Такие рубки практикуются в Белозерском заказнике с целью создания обширных пространств – полей в лесном массиве с преобладанием травянистой растительности, которая будет естественной кормовой базой для травоядных обитателей заказника, в первую очередь косуль, лосей и кабанов.

Однако результаты анализа показывают, что результатами рубок осветления является смена лесных (с преобладанием сосны лесной) фитоценозов на травянистые включающие в первые годы в основном сорную растительность из семейства астровые. На этом фоне активное использование растениями железа тормозится, а близкое залегание грунтовых вод способствует окислению почвенного железа и накоплению в форме гидроксидов.

Результаты исследования показывают, что нерастворимое железо в почве находится в основном в горизонте С (материнской породе), следовательно, основным источником железа в почве являются подстилающие породы. Железо в почву поступает из подстилающей породы в процессе ее контакта с материнской породой почвы.

В горизонте В нерастворимого железа содержится тоже значительное количество, но чуть меньше, чем в горизонте С. Это объясняется тем, что данный химический элемент может переноситься в верхние горизонты благодаря восходящим токам.

В верхнем горизонте (А) почвенного нерастворимого железа содержится значительно меньше, чем в нижерасположенных горизонтах. Это можно связать, во-первых, с механическим составом гумусового горизонта (легкий механический

состав – преобладание физического песка), во-вторых – с активностью биологического круговорота – поглощением растворенного железа корневой системой имеющихся травянистых растений.

Вертикальная восходящая динамика с понижением содержания нерастворимого железа в верхнем горизонте наблюдается на всех участках проведенных рубок осветления в заказнике.

Наибольшее количество почвенного нерастворимого железа в горизонте А отмечается на участке смешанного леса, не подвергнутого рубке к западу от озера Зыбучево. Аналогично, максимальное количество железа выявлено в нижних горизонтах этого же участка. Из этого можно предположить, что на данном участке Белозерского государственного природного зоологического заказника подстилающие породы находятся на небольшой глубине и состоят из железосодержащих пород. Во-вторых, наличие сложно устроенного фитоценоза способствует удержанию его в верхних горизонтах.

Интересная динамика выявлена для содержания растворенного железа (в почвенном растворе) по горизонтам. Наибольшее содержание растворенного железа в целом наблюдается в почве на участках летней рубки 2017 г. около Бобрового болота и смешанного леса к западу от озера Зыбучево (в контроле). Причем на первом участке растворенного железа больше в горизонте С, а на ненарушенном участке больше в горизонте В. Проведенный анализ результатов позволил предположить, что:

а) в первом случае наблюдается вертикальная миграция свободного (не связанного растительностью) железа в нижние горизонты;

б) а во втором случае это связано с био-гидроаккумулятивным почвообразованием под покровом растительности (смешанного леса) с обязательным участием грунтовых вод (подпитывающих озеро Зыбучево).

В рамках каждого горизонта выявлена территориальная горизонтальная динамика по всем участкам Белозерского заказника и динамика перехода железа из твердой фазы в жидкую, т.е. в почвенный раствор.

Помимо этого, выявлена динамика территориальной миграции соединений железа в рамках определенной территории, например, в прибрежных сообществах Бобрового болота и озера Зыбучево, а также на территориях, подвергавшихся антропогенному воздействию, в том числе на территориях рубок ухода.

В прибрежной зоне Бобрового болота участки различаются по содержанию железа в почве (в целом), в почве более удаленного от болота участка его значительно больше. Если судить по степени подвижности, то в почве данного участка преобладает растворенная форма железа. Возможно, подвижные формы железа смываются из почвы берегового участка благодаря близкому расположению к водоему, с одной стороны, и расположению на склоне (в трансэлювиальном ландшафте) с другой.

В прибрежной зоне озера Зыбучево на одном участке количественное распределение содержания железа следующее: нерастворимого и растворенного очень низкое. Данный участок расположен в непосредственной близости к водоему и на трансэлювиальном ландшафте, благодаря этому наблюдается постоянное смывание подвижных, растворенных форм железа, следовательно, возможен вынос железа из почвы при стекании талых и дождевых вод в озеро.

На удаленном от озера участке содержание всех форм железа в почве значительно выше. Участок расположен в смешанном лесу, следовательно, скорость стекания здесь значительно ниже за счет меньшего угла уклона и наличия различных жизненных форм растительности, связывающей и поглощающей ионы растворенного железа.

На территориях рубок содержится незначительное количество железа, особенно на территориях, подвергавшихся рубке, растительность на которых либо полностью уничтожена, либо находится на начальной стадии восстановления. Следовательно, здесь исключается воздействие биологического поглощения. Почвенный покров нарушен, почва не структурирована и легко пропускает воду. Также эти участки расположены на склонах возвышенности. Эти три фактора приводят к вымыванию и смыванию железа.

Один участок рубки расположен в небольшом понижении, что способствует аккумулярованию на этой территории соединений железа. А близкое залегание грунтовых вод способствует окислению железа и накоплению его в виде гидроксидов. Все это способствует образованию скоплений в виде конкреций.

Заключение

1. На основе полученных результатов исследования и проведения их корреляционного анализа разработаны модели внешнесредового воздействия на переход железа

из одной фазы в другую в рамках каждого горизонта отдельно и модель внешнесредового воздействия на подвижность железа по горизонтам почвы.

2. Внутренним содержанием модели является переход железа из твердой фазы в фазу почвенного раствора.

3. Среди факторов, влияющих на подвижность железа между фазами почвы в горизонте А, лимитирующими являются рН актуальная, рН обменная и количество гумуса. Фоновыми факторами являются количество растворимых фосфатов и количество гидрокарбонатов в почвенном растворе.

Соотношение количества нерастворимого железа в твердой фазе почвы и растворенного железа в почвенном растворе зависит от кислотности почвенного раствора. Чем ниже рН в горизонте А, тем больше железа находится в почвенном растворе.

При низком содержании гумуса в выявленных образцах доказано, что он в основном находится в органо-минеральном комплексе.

Среди факторов, влияющих на подвижность железа между фазами почвы в горизонте В, лимитирующим является рН актуальная. Фоновыми факторами являются: рН обменная, количество гумуса, содержание фосфатов и гидрокарбонатов. Среди факторов, влияющих на подвижность железа между фазами почвы в горизонте С, лимитирующими являются рН актуальная, рН обменная. Фоновыми факторами являются: количество гумуса, фосфатов и гидрокарбонатов.

Среди факторов, оказывающих влияние на подвижность железа между горизонтами, одним из главных лимитирующих является фазовая динамика, механический состав и структура почвы. Фоновыми факторами являются влажность почвы, наличие растительности, содержание кислорода и микрофлора (железобактерии) почвы.

Сравнение модели, полученной в результате собственных исследований с теоретической, представленной выше, показало, что между теоретической моделью и полученной в результате исследования есть лишь неполное соответствие. Результаты исследования подтверждают предположение о том, что рубки ухода не только изменяют характер растительности на подвергнутых им территориях, но и оказывают влияние на миграцию железа в почве.

Список литературы / References

1. Wang J., Li Z., Cai C., Yang W., Ma R., Wang T. Research of red soil aggregate abrasion degree of different layers

in overland flow. *Nongye Gongcheng Xuebao*. 2012. № 19 (28). P. 78–84.

2. Gopp N.V. Soils of the southwestern part of the Dzhuluk depression in the Altai Republic. *Eurasian soil science*. 2015. № 6 (48). P. 567–577. DOI: 10.1134/S1064229315060046.

3. Коробова Е.М., Рыженко Б.Н., Черкасова Е.В., Седых Э.М., Корсакова Н.В., Данилова В.Н., Хушвахтова С.Д., Березкин В.Ю. К вопросу о формах нахождения йода и селена в природных водах и их концентрирование на ландшафтно-геохимических барьерах // *Геохимия*. 2014. № 6. С. 554–568. DOI: 10.7868/S0016752514040037.

Korobova E.M., Ryzhenko B.N., Cherkasova E.V., Sedikh E.M., Korsakova N.V., Danilova V.N., Khushvakh-tova S.D., Berezkin V.Yu. On the question of the forms of iodine and selenium in natural waters and their concentration on landscape-geochemical barriers // *Geochemistry International*. 2014. № 6. P. 500–514 DOI: 10.1134/S001670291404003X (in Russian).

4. Шумакова Г.Е. Особенности миграции тяжёлых металлов из водорастворимых соединений почвы в разные части плода кабачков // *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*. 2017. № 125. С. 296–308 [Электронный ресурс]. URL: <http://ej.kubagro.ru/2017/01/pdf/21.pdf>. DOI: 10.21515/1990-4665-125-021.

Shumakova G.E. Features of migration of heavy metals from water-soluble compounds of the soil to different parts of the fruit of zucchini // *Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University*. 2017. № 125. P. 296–308 [Electronic resource]. URL: <http://ej.kubagro.ru/2017/01/pdf/21.pdf> (in Russian).

5. Малукова Л.С. Микроэлементы в системе почва – чайное растение в условиях субтропиков России. Сочи: Россельхозакадемия, 2011. 114 с.

Malyukova L.S. Trace elements in the soil system – tea plant in the conditions of subtropics of Russia. *Sochi: Rossel'hozakademiya*, 2011. 114 p. (in Russian).

6. Пудовкин Н.А., Мубаракшин Р.Ш., Кутепова И.Ю., Кутепов А.Ю. Корреляционная связь железа в почвах и растений экологических сообществ г. Саратова // *Интеграция науки и производства – стратегия устойчивого развития АПК России в WTO: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию Победы в Сталинградской битве* (г. Волгоград, 30 января 2013 г.). Волгоград, 2013. С. 234.

Pudovkin N.A., Mubarakshin R.Sh., Kuteпова I.Yu., Kute-pov A.Yu. Correlation of iron in soils and plants of ecological communities of Saratov // *Integration of science and production – strategy of sustainable development of the Russian agro-industrial complex in the WTO: materials International scientific and practical conference dedicated to the 70th anniversary of the Victory in the Battle of Stalingrad* (Vologograd, January 30, 2013 g.). *Vologograd*, 2013. P. 234 (in Russian).

7. Sipos P., Németh T., May Z. Mineralogical composition of iron-rich precipitates in a meadow soil (river Ipoly, ne Hungary). *Agrokemia es Talajtan*. 2009. № 1 (58). P. 27–44.

8. Матюшкина Л.А., Левшина С.И., Юрьев Д.Н. О миграции железа в почвах и поверхностных водах нижнего Амура // *Биогеохимические и экологические исследования наземных и водных экосистем*. 2006. № 18. С. 185–194.

Matyushkina L.A., Levshina S.I., Yuryev D.N. On the migration of iron in the soils and surface waters of the lower Amur // *Biogeochemical and environmental studies of terrestrial and aquatic ecosystems*. 2006. № 18. P. 185–194 (in Russian).

9. Motuzova G.V., Karpova E.A., Aptikaev R.S. Arsenic species in soils: ecological aspects. Understanding the Geological and Medical Interface of Arsenic, As 2012: 4th International congress on arsenic in the environment (g. Cairns, 22–27 July 2012 g). Cairns, 2012. P. 391–392.

10. Фрид А.С., Гома Боткина Саад М.А., Борисочкина Т.И. Миграция железа, кобальта и никеля в аридных почвах Египта, орошаемых природными и городскими сточными водами // *Агрохимия*. 2016. № 8. С. 68–81.

Frid A.S., Goma Botkhina Saad M.A., Borisochkina T.I. Migration of iron, cobalt and nickel in the arid soils of Egypt, irrigated with natural and urban wastewater // *Agrochemistry*. 2016. № 8. P. 68–81 (in Russian).

11. Шеуджен А.Х., Бондарева Т.Н., Хурум Х.Д., Лебедевский И.А., Осипов М.А., Есипенко С.В. Содержание и формы соединений молибдена в черноземе выщелоченном Западного Предкавказья в условиях агрогенеза // *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*. 2017. № 64. С. 157–162. DOI: 10.21515/1999-1703-64-157-162.

Sheudzhen A.Kh., Bondareva T.N., Khurum Kh.D., Lebedovskiy I.A., Osipov M.A., Esipenko S.V. The content and forms of molybdenum compounds in leached chernozem of the western precaucasia under conditions of agrogenesis // *Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University*. 2017. № 64. P. 157–162 (in Russian).

12. Шоба В.А. Формы миграции железа, алюминия и кремния в дерново-глубокоподзолистых почвах Салаира // *Специфика почвообразования в Сибири*. 1979. С. 163–171.

Shoba V.A. Forms of migration of iron, aluminum and silicon in the sod-deep-podzolic soils of Salair // *Specifica pochvoobrazovaniya v Sibiri*. 1979. P. 163–171 (in Russian).

13. Пузанов А.В., Бабошкина С.В., Рождественская Т.А., Балыкин С.Н. Некоторые закономерности водной миграции железа и марганца в различных по водно-физическим свойствам горно-лесных темно-серых почвах Северного Алтая // *Биогеохимия техногенеза и современные проблемы геохимической экологии: труды IX Международной биогеохимической школы* (г. Барнаул, 24–28 августа 2015 г.). Барнаул: Изд-во СО РАН, 2015. С. 297–300.

Puzanov A.V., Baboshkina S.V., Rozhdestvenskaya T.A., Balykin S.N. Some regularities of water migration of iron and manganese in different water-physical properties of mountain-forest dark gray soils of Northern Altai // *Biogeochemistry of technogenesis and modern problems of geochemical ecology: works of the IX International Biogeochemical School* (Barnaul, August 24–28, 2015). *Barnaul: Publishing house SB RAS*, 2015. P. 297–300 (in Russian).

14. Семёнова Л.Н., Семёнов Ю.М. Миграционная способность тяжелых металлов в почвах как индикатор чувствительности геосистем // *География и природные ресурсы*. 2010. № 2. С. 26–33.

Semenova L.N., Semenov Yu.M. Migration capacity of heavy metals in soils as an indicator of the sensitivity of geosystems // *Geography and natural resources*. 2010. № 2. P. 116–123. DOI: 10.1016/j.gnr.2010.06.005 (in Russian).

15. Бухтояров О.И., Несговорова Н.П., Савельев В.Г., Иванцова Г.В., Богданова Е.П. Методы экологического мониторинга качества сред жизни и оценки их экологической безопасности. Курган: КГУ, 2015. 239 с.

Bukhtoyarov O.I., Nesgovorova N.P., Saveliev V.G., Ivantsova G.V., Bogdanova E.P. Methods of environmental monitoring of the quality of living environments and assessing their environmental safety. *Kurgan: KGU*, 2015. 239 p. (in Russian).

УДК 911.37:314.7(470.341)

МАЯТНИКОВАЯ МИГРАЦИЯ СЕЛЬСКОГО НАСЕЛЕНИЯ НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

¹Шевченко И.А., ¹Соткина С.А., ¹Голованева А.А., ¹Макарова И.С., ²Бикмаева А.В.

¹ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный педагогический университет имени К. Минина»,
Нижегород, e-mail: irina-dzr52@mail.ru;

²Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ,
Дзержинский филиал, Дзержинск

В статье рассмотрена актуальная проблема маятниковой миграции сельского населения Нижегородской области. Обосновано особое значение маятниковых трудовых связей и семейных взаимоотношений. Раскрыто участие сельских жителей в маятниковых трудовых поездках, которое привело к возникновению особой прослойки населения, для которой характерен своего рода «промежуточный» образ жизни. Исследования проводились в зоне Нижегородской агломерации с устойчивой системой трудовых связей между селом и городом. В статье рассматриваются такие вопросы, как двойственность образа жизни на структуре и быте семьи, домашнем хозяйстве, бюджете, создает ли участие в маятниковых трудовых связях специфические особенности в формировании семей и воспитании детей. Был проведен сравнительный анализ семейно-возрастной структуры сельского населения пригородной зоны и выделены группы по признаку места работы. Отмечено, что «промежуточный» образ жизни, сложившийся под влиянием участия сельских жителей в маятниковых трудовых миграциях, вызвал появление такого типа семьи, в укладе которой неразрывно сочетаются городские и сельские элементы. Поэтому сложности отдельных семей в совокупности могут перерасти в проблемы, имеющие важное значение. Более достоверное представление о влиянии участия в трудовых связях на структуру семьи дает анализ состава семей трудоспособного сельского населения. Влияние маятниковых трудовых поездок на величину семьи, в частности на число детей, также требует дифференцированного подхода к выбору исходных показателей. Данные позволяют заключить, что основные тенденции, выявленные при анализе всего населения, сохраняются. Материалы статьи представляют практическую ценность, поскольку массовость и обширная география вовлечения населения в трудовые связи с городами придают проблеме всеобщий характер и ставят перед необходимостью поиска методов их решения.

Ключевые слова: миграция, маятниковая миграция, Нижегородская область, Дзержинск, городское и сельское население, трудовые связи, семья

CIRCULAR MIGRATION OF THE RURAL POPULATION OF THE NIZHNY NOVGOROD REGION

¹Shevchenko I.A., ¹Sotkina S.A., ¹Golovaneva A.A., ¹Makarova I.S., ²Bikmaeva A.V.

¹Nizhny Novgorod State Pedagogical University named after K. Minin, Nizhny Novgorod,
e-mail: irina-dzr52@mail.ru;

²Russian Academy of National Economy and Public Administration under the President
of the Russian Federation, Dzerzhinskiy Branch, Dzerzhinsk

The article deals with the actual problem of the pendulum migration of the rural population of the Nizhny Novgorod region. The particular importance of pendulum labor relations and family relationships is substantiated. The participation of villagers in pendulum labor trips, which led to the emergence of a special stratum of the population, which is characterized by a kind of "intermediate" way of life. Studies were conducted in the area of the Nizhny Novgorod agglomeration with a stable system of labor relations between the village and the city. The article examines such issues as duality of lifestyle on the structure and way of life of the family, household, budget, does participation in pendulum labor relations create specific features in the formation of families and the upbringing of children. A comparative analysis of the family-age structure of the rural population of the suburban area was carried out, and groups were selected based on their place of work. It is noted that the "intermediate" way of life, formed under the influence of the participation of rural residents in pendulum labor migrations, has caused the emergence of this type of family, in whose structure the urban and rural elements are inextricably combined. Therefore, the complexity of individual families in aggregate can grow into problems that are important. A more reliable picture of the impact of participation in labor relations on the family structure is provided by an analysis of the composition of the families of the working-age rural population. The impact of commuting on the size of a family, in particular on the number of children, also requires a differentiated approach to the choice of baselines. The data allow us to conclude that the main trends identified in the analysis of the entire population remain. The materials of the article are of practical value, since the mass character and extensive geography of involving the population in labor relations with cities give the problem a universal character and make it necessary to search for methods to solve them.

Keywords: migration, pendulum migration, Nizhny Novgorod region, Dzerzhinsk, urban and rural population, labor relations, famil

Маятниковая миграция охватывает все грацией, необходимо понять ее сущность, более значительную часть населения, возрастает ее роль в жизни общества. Чтобы содержание, перспективы развития. Маятниковой миграцией принято считать процесс территориального перемещения эффективно управлять маятниковой ми-

населения, имеющий устойчивый постоянный характер и не связанный с переменной места жительства. Различные методы маятниковой миграции исследованы в ряде научных работ. Маятниковая миграция есть форма движения прежде всего трудоспособной части населения. Понятие «работник» включает в себя единство трех признаков: как рабочей силы, как субъекта производственных отношений и как личности носителя рабочей силы. Любое изменение (развитие) этих сторон индивида отражает подвижность работника, которая осуществляется под воздействием разнообразных экономических и внеэкономических факторов [1].

Цель исследования: выявление особенностей маятниковой миграции сельского населения Нижегородской области. Сама по себе подвижность работников исторически возникла задолго до появления крупной машинной промышленности. Вначале территориальная миграция населения осуществляется в поисках благоприятных условий для жизни. Ее следствием явилось раздробленное расселение людей, диктуемое особенностями природных условий. С развитием товарно-денежных отношений и формированием общества миграция населения обуславливается потребностями рынка не только в продуктах, но и в рабочей силе и определяется уже преимущественно производственными отношениями работника (его подвижностью как субъекта производственных отношений). В силу раздробленности, частного характера производства расселение людей сохраняет «дисперсный» характер, но обусловлено уже не столько природными условиями, сколько отношениями людей в процессе товарно-денежных отношений [2]. Маятниковый мигрант оказывается в особой ситуации, которая неизбежно влияет на его общественную и личную жизнь, поведенческую линию, на любую форму участия в процессе воспроизводства, включая генерацию поколений, осуществляемую в основной ячейке общества – семье. Как отражается двойственность образа жизни на структуре и быте семьи, домашнем хозяйстве, бюджете? Создает ли участие в маятниковых трудовых связях специфические особенности в формировании семей и воспитании детей? Что представляет собой семья человека, живущего на селе и работающего в городе? Исследования, позволяющие в той или иной мере ответить на поставленные вопросы, проводились в зоне

Нижегородской агломерации с устойчивой системой трудовых связей между селом и городом.

Материалы и методы исследования

В ходе нашего исследования нами были изучены маятниковые трудовые связи и семья. Участие сельских жителей в маятниковых трудовых поездках привело к возникновению особой прослойки населения, для которой характерен своего рода «промежуточный» образ жизни. Это люди, которые живут на селе, а работают в городе. Они испытывают на себе одновременное воздействие двух типов общественной среды и оценочных комплексов, еще имеющих в настоящее время существенные различия. В результате образ жизни маятниковых мигрантов органически сочетает городские и сельские признаки. В селах, расположенных за пределами агломерации, происходит отток населения, и в первую очередь он захватывает молодежь – наиболее подвижную и активную часть населения, более требовательную к содержанию и организации трудового процесса, к условиям быта и отдыха. В результате население периферийных деревень заметно постарело. Здесь преобладают бездетные семьи, велика доля престарелых одиночек. В пригородной же зоне благодаря развитию трудовых и культурно-бытовых связей недостатки сельского образа жизни смягчаются, поэтому отток населения не столь значителен. Часть выехавших замещают прибывшие из отдаленных районов, и неблагоприятные структурные изменения семей не столь глубоки и необратимы. Степень их проявления находится в обратной зависимости от вовлеченности населения в маятниковые трудовые связи с городами [3].

Результаты исследования и их обсуждение

В результате выборочного обследования семейной структуры пригородного населения в зоне Нижегородской агломерации были получены следующие результаты. Был проведен сравнительный анализ семейно-возрастной структуры сельского населения пригородной зоны и выделены группы по признаку места работы. Оказалось, что между работающими на селе и маятниковыми мигрантами существуют различия, близкие к тем, которые выявлены при сопоставлении семейной структуры городского и сельского населения (табл. 1).

Таблица 1

Семейная структура пригородного населения Нижегородской агломерации, %

Состав семей	Население всех возрастных групп		Трудоспособное население	
	Работающие в городе	Работающие на селе и пенсионеры	Работающие в городе	Работающие на селе
Одиночки	3,0	58,7	3,0	10,9
Простые семьи, в том числе без детей	63,5	39,5	63,5	81,0
Сложные семьи в том числе без детей в младших семьях	33,0	27,4	33,0	24,4
	33,5	1,8	33,5	8,1
	9,8	0,6	10,1	2,7

Надо отметить, что одиночек среди маятниковых мигрантов значительно меньше (3%), чем среди живущих и работающих на селе (58,7%).

Как для населения, работающего в городе, так и для работающих на селе преобладающим типом семьи является простая, хотя для маятниковых мигрантов характерна высокая доля сложных семей (33,5% против 1,8% семей, среди занятых на селе). Однако изучение населения по всем возрастным группам не показательно, так как в число одиночек и бездетных пар, представленных супругами пенсионного возраста, входят те, кто уже не участвует в трудовых связях с городом.

Более достоверное представление о влиянии участия в трудовых связях на структуру семьи дает анализ состава семей трудоспособного сельского населения. Данные позволяют заключить, что основные тенденции, выявленные при анализе всего населения, сохраняются. Более низкая доля одиночек, ведущих самостоятельное хозяйство, среди маятниковых мигрантов отчасти обусловлена нелегким бременем забот, связанных с заготовкой топлива, ремонтом частного жилья и т.д. Кроме того, надо иметь в виду, что 70–80% маятниковых мигрантов в благоприятных для вступления в брак возрастах – уже семейные люди. Чем старше люди, тем выше доля состоящих в браке. Лишь в предпенсионных возрастах снова возрастает доля не состоящих в браке. Исходя из этого можно сказать, что участие в маятниковых трудовых связях не является препятствием для вступления в брак.

Благодаря маятниковым поездкам расширяется круг общения, открываются более широкие по сравнению с селом возможности выбора супругов. Процесс более высокой брачной активности маятниковых мигрантов имеет и обратную сторону: пригородные сельские районы характеризуются пониженной устойчивостью браков. Количество раз-

водов на 1000 населения в сельских пригородах Нижнего Новгорода больше, чем в более удаленных районах. Значительную часть семей маятниковых мигрантов составляют бездетные семьи, в том числе семьи, где супруги уже пожилые.

Среди работающих на селе бездетные семьи, где супруги уже немолодые, составляют подавляющее большинство, среди работающих в городах – их менее половины. Приблизительно треть бездетных семей среди маятниковых мигрантов представлена супругами среднего возраста, четверть – молодежью. Стремление отложить рождение ребенка свидетельствует в определенной степени о неустойчивости брака этой группы сельского населения. Влияние маятниковых трудовых поездок на величину семьи, в частности на число детей, также требует дифференцированного подхода к выбору исходных показателей. Поскольку маятниковые трудовые связи в Нижегородской агломерации, зародившись в дореволюционные годы и получив развитие в годы социалистической индустриализации, приобрели массовый характер лишь в 1960–1970-е гг., постольку активное влияние они оказали на семьи определенных возрастных категорий в последние годы. В условиях Нижегородской агломерации – это лица в возрасте от 18 до 36 лет. Сравнительно небольшая разница возрастов обеспечивает сходство комплекса социальных и оценочных факторов, влияющих на величину семей. Из общего числа обследованных семей были выделены те, среди которых мать и отец или одна мать были участниками маятниковой трудовой миграции [4].

Как и по всей группе работающих в городах сельских жителей, подавляющее число семей выделенных возрастных категорий относится к группе бездетных или имеющих одного ребёнка. Высокая доля бездетных семей в возрастной группе до 25 лет объясняется отчасти непродолжитель-

ностью браков. Значительное количество их в группе 26–30 лет (при благоприятной брачной ситуации) говорит о том, что часть семей откладывает рождение первого ребёнка. По сравнению с типично сельскими семьями доля семей с одним ребёнком среди маятниковых мигрантов выше. По этому показателю семьи маятниковых мигрантов ближе по структуре к семьям наиболее крупных городов агломерации – Нижегородскому и Дзержинску. За счёт высокой доли однопородных и бездетных семей средняя величина семьи маятниковых мигрантов в селах Нижегородской агломерации близка к городской семье. В какой-то степени этот показатель является даже «более городским», чем в городах области: семья маятникового мигранта составляет 3,3 человека, горожанина – 3,4, жителя сельской местности – 3,5 человека. Более низкая доля детей в семьях маятниковых мигрантов по сравнению с городскими и сельскими семьями складывается за счёт низкого удельного веса среди маятниковых мигрантов семей с тремя и более детьми (11,4%). Надо отметить, что в городских поселениях, где значительная часть трудоспособного населения – маятниковые мигранты, совсем невысока доля семей, имеющих троих и более детей. К таким поселениям относятся Городец, Володарск, поселки городского типа Дзержинского и Балахнинского управлений. Семьи с четырьмя детьми имеются только у женщин старше 36 лет, они, по сути дела, являются исключением. Интервал между рождениями детей довольно велик. Рождение детей в каждом последующем году отмечено лишь в 2,6% случаев. Промежутки же в 2–3 года и в 4–5 лет – более частое явление (соответственно 17,9 и 22,2%). Но в большинстве случаев дети рождаются с промежутком 6–7 лет (42%). Причем это характерно для всех возрастных групп. Удлинение периодов между рождениями детей связано с трудностями одновременного воспитания двух малышей, а также ограниченностью мест в детских дошкольных учреждениях. В селах детские учреждения находятся на балансе сельскохозяйственных предприятий и обслуживают население, занятое в сельском хозяйстве. Для маятниковых мигрантов устройство детей в детские дошкольные учреждения имеет свои сложности.

Поездки на работу в город требуют от сельчан определённого физического и психического напряжения, дополнительных затрат времени. Поэтому по сравнению с жи-

вущими и работающими на селе обстановка в доме маятникового мигранта, состояние его подсобного хозяйства в большей мере зависят от того, есть ли в семье человек, способный принять на себя значительную долю повседневных забот. Они возлагаются, как правило, на членов семьи, не занятых в общественном производстве. Им отводится имеющая большое общественное полезное значение функция – обеспечение нормального быта, отдыха членов семьи, принимающих участие в маятниковой миграции, они также нередко занимаются и воспитанием детей. Вероятно, в этом состоит одна из причин повышенной устойчивости сложных семей среди маятниковых мигрантов. Не занятые в общественном производстве имеются в 35–40% семей маятниковых мигрантов. Основу этой группы составляют женщины (80–85%), в том числе пенсионерки (58–60%).

В семьях, где есть не занятые в общественном производстве, лучше ведётся подсобное хозяйство, которое оказывает значительную помощь в материальном положении семей маятниковых мигрантов. Приусадебные участки имеет практически каждая семья, но крупный рогатый скот содержат немногие (12–16% хозяйств). Половина домашнего скота принадлежит семьям, имеющим не занятых в общественном производстве членов семьи. Значительные затраты времени на работу по дому и в подсобном хозяйстве (2–2,5 ч зимой и 3,5–4,5 ч летом) невыгодно отличаются бюджет свободного времени маятниковых мигрантов от жителей города. Дефицит свободного времени отражается на выполнении основных семейных функций и, в частности, на одной из главных – воспитании детей. Из-за ограниченности свободного времени затрудняется контроль за учебной деятельностью, их поведением. Беседы с преподавателями в пригородных школах показали, что в селах, лежащих за пределами часовой доступности от места работы, родители почти не имеют возможность бывать в школе, регулярно контролировать выполнение домашних заданий детьми. Те, кто живёт за границей зоны полуторачасовой доступности, занимаются детьми в основном лишь в выходные дни. Такое положение не удовлетворяет родителей и не отвечает общественным интересам. Желание больше времени уделять воспитанию детей повышает текучесть кадров среди женщин в возрасте 28–40 лет. При перемене места работы они стремятся подобрать

работу ближе к дому и тем самым сократить время на дорогу. К сожалению, воспитанием в основном занимаются женщины. Поэтому «промежуточный» образ жизни, сложившийся под влиянием участия сельских жителей в маятниковых трудовых миграциях, вызвал появление такого типа семьи, в укладе которой неразрывно сочетаются городские и сельские элементы [5]. Сохранение сельских элементов связано с тем, что быт маятниковых мигрантов во многом остается сельским даже тогда, когда в трудовой маятниковой миграции участвует третье поколение членов семьи. Из-за перегрузок в семье женщины нередко отказываются от выбранной ранее профессии и вынуждены заниматься менее квалифицированным трудом, но с улучшенным режимом работы, позволяющим ей больше уделять внимания дому и семье (табл. 2).

только этим семьям. Село не уделяет достаточного внимания работающим в городе, потому что они оторвались от сельскохозяйственного производства, город же не учитывает в полной мере нужд при планировании сферы обслуживания, потому что маятниковые мигранты живут за его пределами.

Выводы

Таким образом, сложности отдельных семей в совокупности могут перерасти в проблемы, имеющие важное значение. Недостаточное внимание к бытовым потребностям семей маятниковых мигрантов – обеспечение топливом, строительными материалами, помощью в обработке приусадебного участка – влечет за собой повышенные расходы, ухудшающие бюджет семьи, отрицательно сказывающиеся на производственных

Таблица 2
Затраты времени на дорогу в один конец маятниковыми мигрантами, %

Затраты времени на дорогу	Распределение по зонам удаления					
	Выезжающих из Тарасихи		Выезжающих из Безводненского		Выезжающих из Дзержинска	
	Муж.	Жен.	муж	жен	муж	жен
До 1 ч	18,5	18,4	85,9	92,6	68,3	77,0
От 1 ч	58,7	72,4	11,0	5,2	25,2	20,9
Более 1 ч 30 мин	22,8	9,2	3,1	2,2	6,4	2,1
Всего	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Тем более что реконструкция деревни в основном влияет на условия жизни работающих непосредственно на селе. Именно они получают улучшенное жилье городского типа, места в дошкольных учреждениях, им в первую очередь оказывают помощь в обработке приусадебных участков и содержании подсобного хозяйства. «Скрытый горожанин» с точки зрения организации быта нередко оказывается более сельским, чем его соседи, работающие в селе. В то же время по характеру трудовой деятельности маятниковый мигрант принадлежит к городской категории населения. Если под влиянием сельского образа жизни складывается в основном бытовая сторона жизни семьи, то под влиянием городского формируется ее структура, демографические процессы, присущие городскому населению. Городские контакты влияют и на оценку уровня благоустройства жизни, его интереса [6].

В силу двойственности образа жизни эта группа семей сталкивается со специфическими трудностями, присущими

показателях и сокращении свободного времени. Массовость и обширная география вовлечения сельского населения в трудовые связи с городами придают проблеме всеобщий характер и ставят перед необходимостью поиска методов их решения, создания лучших условий жизни сельских маятниковых мигрантов на селе и трудовой деятельности в городах.

Список литературы / References

1. Бикмаева А.В., Лябина А.Н. Исследование качества городской среды // Теория и практика современной науки: материалы XVI Международной научно-практической конференции. Москва, 2014. С. 210–214.
2. Вознесенская А.Г., Аракчеева О.В. Население Нижегородской области: динамика численности, естественное и механическое движение. Вестник Мининского университета. 2013. № 4 (4) [Электронный ресурс]. URL: <https://vestnik.mininuniver.ru/jour/article/view/442> (дата обращения: 07.12.2018).
3. Вознесенская А.Г., Аракчеева О.В. Population of Nizhny Novgorod region: dynamics of population, natural and mechanical movement. Vestnik Mininskogo universiteta. 2013. № 4 (4) [Electronic resource]. URL: <https://vestnik.mininuniver.ru/jour/article/view/442>

ru/jour/article/view/442 (date accessed: 07.12.2018) (in Russian).

3. Михайлова Т.Е. Особенности маятниковой миграции в зонах влияния больших городов. М.: Веста, 2001. 247 с.

Mikhaylova T.E. Characteristics of circular migration in the zones of influence of large cities. M.: Vesta, 2001. 247 p. (in Russian).

4. Регионы России. Социально-экономические показатели – 2016 [Электронный ресурс]. URL: http://www.gks.ru/bgd/regl/B16_14p/Main.htm (дата обращения: 07.12.2018).

Region of Russia. Socio-economic indicators – 2016 [Electronic resource]. URL: http://www.gks.ru/bgd/regl/B16_14p/Main.htm (date accessed: 07.12.2018) (in Russian).

5. Фельдштейн И. Прогулки по родному городу. Нижний Новгород: Типография Ultima, 2009. 177 с.

Feldstein I. Walks in his hometown. Nizhny Novgorod: the printing house Ultima, 2009. 177 p. (in Russian).

6. Шевченко И.А., Лощилова А.А., Бадина О.А. Демографическая ситуация в городском округе Дзержинск Нижегородской области // Актуальные вопросы этнографии и этногеографии: материалы Всероссийской студенческой научно-практической конференции (г. Нижний Новгород, 17 марта 2017 года). Н. Новгород: Нижегородский государственный педагогический университет имени Козьмы Минина, 2017. С. 91–97.

Shevchenko I.A., Loschilova A.A., Bagina O.A. The Demographic situation in the city district Dzerzhinsk, Nizhny Novgorod region // Actual questions of Ethnography and ethnogeography: materials of all-Russian student scientific-practical conference. Nizhny Novgorod state pedagogical University named after Kozma Minin, 2017. P. 91–97 (in Russian).

УДК 528.8:502

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНИЦ БИОМОВ НА ТЕРРИТОРИИ ЕВРАЗИИ ПО ДИНАМИКЕ ДИСПЕРСИИ NDVI НА ОСНОВЕ СПУТНИКОВОГО МОНИТОРИНГА

Шевырнов А.П., Ларько А.А., Высоцкая Г.С., Сомова Л.А.

Институт биофизики СО РАН, Красноярск, e-mail: lidsomova@mail.ru

В настоящее время в биосфере происходят глобальные изменения: это изменение климата, продуктивности биомов суши, океана, водных ресурсов, химии атмосферы, экологических систем и биосферы в целом. Изменения в биосфере ставят перед исследователями задачу прогноза процессов, которые происходят в растительном покрове и экосистемах. Непосредственным и наиболее очевидным ответом экосистем на глобальные изменения является смещение границ биомов. Биомы – это совокупность экосистем, и они формируются под воздействием комплекса условий среды, в первую очередь – климата. В связи с изменением климата исследования границ биомов и входящих в них экологических систем стали быстро развивающейся частью современной экологии. Обнаружение и классификация изменений биомов и составляющих их экосистем является важной задачей для оценки как глобальных, так и пространственно локализованных изменений. В представленном исследовании на основе многолетних космических данных построены растровые карты пространственного распределения вегетационного индекса NDVI методом скользящего окна дисперсии по их среднесезонным значениям на территории Евразии. Сделано сравнение построенной растровой карты распределения NDVI и векторной карты растительности зон Евразии. Показана неоднородность пространственного распределения рядов NDVI. Неоднородность распределения рядов NDVI в основном совпадает с экотонами на границах биомов. Анализ многолетних временных рядов NDVI на основе скользящего окна дисперсии позволил выявить границы биомов и экотоны без использования наземных данных. Разработанный и апробированный метод скользящего окна дисперсии открывает новые возможности для получения фундаментальных знаний: о функционировании биосферы, о последствиях глобального потепления, об изменении границ вечной мерзлоты в глобальном масштабе.

Ключевые слова: дистанционное зондирование Земли, биомы, экотоны, природные зоны, метод скользящей дисперсии

DETERMINATION OF THE BIOMES LIMITS IN THE EURASIA TERRITORY BY THE NDVI DISPERSION DYNAMICS BASED ON SATELLITE MONITORING

Shevyrnov A.P., Larko A.A., Vysotskaya G.S., Somova L.A.

*Institute of Biophysics, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Krasnoyarsk,
e-mail: lidsomova@mail.ru*

Currently, global changes are occurring in the biosphere – these are climate change, the productivity of land, ocean, water, atmospheric chemistry, ecological systems and the biosphere as a whole. Changes occurring in the biosphere pose to researchers the task of predicting the processes that occur in vegetation and ecosystems. The immediate and most obvious response of ecosystems to global warming is to shift the boundaries of biomes. Biomes are a set of ecosystems, and they are formed under the influence of a set of environmental conditions, primarily climate. With climate change, the study of the boundaries of biomes and their ecological systems became a rapidly developing part of modern ecology. The detection and classification of changes in biomes and their constituent ecosystems is an important task for assessing both global and spatially local changes. In the present study, raster maps of the Normalized Differential Vegetation Index (NDVI) dispersion were obtained corresponding to the distribution of vegetation. They correspond to the distribution of vegetation. The averaged seasonal long-term space data for the territory of Eurasia were used. The spatial distribution heterogeneity of the NDVI series is shown. The heterogeneity of the NDVI time series distribution basically coincides with the ecotones at the boundaries of the biomes. The analysis of the NDVI long-term time series based on a moving dispersion window, made it possible to identify the boundaries of biomes and ecotones without using ground-based data. The developed and tested the method of the moving window of dispersion opens up new opportunities for obtaining fundamental knowledge: on the functioning of the biosphere, on the consequences of global warming, on changing the boundaries of permafrost on a global scale.

Keywords: remote sensing of the Earth, biomes, ecotones, natural zones, moving window dispersion method

В настоящее время в биосфере происходят глобальные изменения климата, продуктивности биомов суши, океана, водных ресурсов, химии атмосферы, экологических систем и биосферы в целом [1]. Глобальные изменения в биосфере [2] ставят перед исследователями задачу прогноза процессов, которые происходят в растительном покрове и экосистемах в целом.

Появление методов дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) из космоса открыло принципиально новую возможность получения актуальной и регулярно обновляемой информации о состоянии наземных экосистем на различных уровнях (глобальном, региональном и т.д.).

Непосредственным и наиболее очевидным ответом экосистем на глобальные

изменения климата является смещение границ биомов. Биом характеризуется как-либо основным типом растительности, и по объему биом, совпадает с географическим понятием «природная зона» [3]. Биомы – это совокупность экосистем, и они формируются под воздействием комплекса условий среды, в первую очередь – климата. Между биомами существуют переходные зоны – экотоны. Эта пограничная зона может иметь значительную протяженность, но она всегда меньше территории прилегающих к ней экосистем. Экотоны динамичны и изменения их местоположений можно использовать в качестве индикатора изменений окружающей среды и состояния экосистем. По ряду оценок, уже в первой четверти XXI в. климатическое воздействие на экосистемы достигнет критического уровня на большей части бореальной зоны Европейской территории России и Западной Сибири [4]. А на протяжении XXI в. смещение ареалов бореальных лесов на север произойдет в среднем на 500 км [5]. Согласно многочисленным прогнозам потепление в Арктическом регионе (к северу от 60-й параллели) будет значительно выше среднего уровня по планете. Средняя температура в Арктике возрастает почти в 2 раза быстрее по сравнению со средней по планете за последние 100 лет [2].

Границы природных зон остаются неизменными лишь до тех пор, пока климатическое воздействие не превысит некоторого критического уровня, который специфичен для каждого биома. Если в результате воздействия меняются доминантные для данного региона виды и возникает новый биом, то уровень воздействия следует считать критическим. В этом случае из-за гистерезиса для возврата в прежнее состояние недостаточно возврата климатических характеристик к их исходным значениям [6].

При изменении климата исследования границ биомов и входящих в них экологических систем стали частью развития современной экологии. Обнаружение и классификация изменений биомов, их границ и составляющих их экосистем является важной задачей для оценки как глобальных, так и пространственно локализованных изменений. Для оценки состояния экосистем и смещения границ природно-климатических зон (биомов) необходим мониторинг и усовершенствование методов их определения.

Целью настоящего исследования являлся анализ многолетних временных рядов

вегетационного индекса NDVI (данные космической съемки по территории Евразии) для определения границы биомов. Для достижения этой цели использовался разработанный авторами метод скользящей дисперсии NDVI [7].

Материалы и методы исследования

Для отслеживания динамики растительного покрова используются вегетационные индексы, среди которых наиболее распространен нормализованный дифференциальный вегетационный индекс NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), который основан на отражении и поглощении растительностью электромагнитного излучения в красном и ближнем инфракрасном диапазонах. NDVI – простой показатель количества фотосинтетически активной биомассы и универсальный индикатор как сезонной, так и многолетней динамики продуктивности растительности (30). Ниже приведена формула расчета индекса NDVI для спутниковых снимков разных сенсоров.

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED)$$

NIR – процент отраженной радиации в ближнем инфракрасном диапазоне (Near Infra-Red): 0,7–1,0 мкм;

RED – процент отраженной радиации в красном диапазоне (Red): 0,6–0,7 мкм.

В работе использовались данные AVHRR/NOAA GIMMS (Global Inventory Modeling and Mapping Studies) за период с 1982 по 2006 г. с геометрической коррекцией, атмосферной коррекцией и учетом других эффектов, не связанных с изменениями вегетации. Данные доступны в виде 16-дневных композитных изображений с разрешением 8 км (на линии экватора), масштаб глобальный. Для декомпозиции временных рядов был выбран метод STL (Seasonal-Trend Decomposition Procedure Based on Loess) – процедура сезонно-трендовой декомпозиции, основанная на Loess. Метод STL основан на фильтрации исходных данных для разложения сезонных временных рядов на три компоненты: сезонную, трендовую и остаточную (шум): $D_i = T_i + S_i + N_i$, где D – значения временного ряда; T – трендовая составляющая ряда; S – сезонная составляющая ряда; N – остаточная составляющая ряда; i – шаг по времени. Сущность метода состоит в последовательном применении данных временного ряда Loess-сглаживаний (Loess smoother) [7].

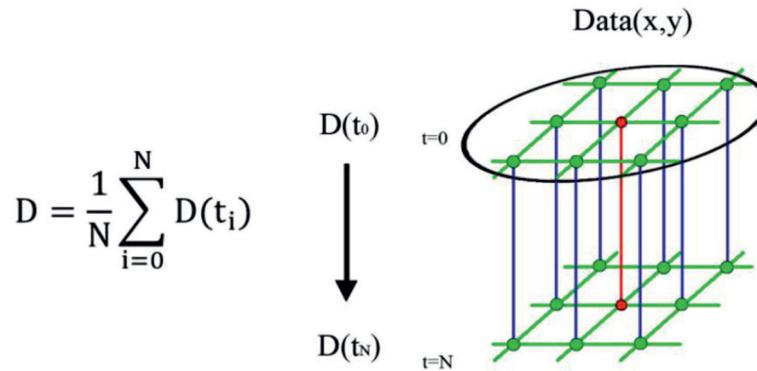


Рис. 1. Схема получения данных по дисперсии в скользящем по пространству и времени окне. D – дисперсия; x, y – координаты точки; t – время

Метод скользящего окна дисперсии был впервые применен к «длинным» рядам NDVI, что дает возможность работать с большой выборкой данных и повысить достоверность полученных результатов.

Результаты исследования и их обсуждение

На основе многолетних космических данных (1982–2006 гг.) и метода скользящего окна дисперсии построена растровая карта пространственного распределения NDVI по их среднесезонным значениям на территории Евразии. Выявлены зоны с одинаковым типом растительности, то есть принадлежащим к определенному биому.

На растровой карте (рис. 2) зеленым цветом показаны области со сходной сезонной динамикой NDVI и с низкими значениями ее дисперсии.

Переходные зоны – экотоны, в которых повышена дисперсия NDVI, на карте показаны красными линиями и точками. На рис. 2 видна неоднородность дисперсий рядов NDVI (растительности суши), отражающих границы различных природных зон (биомов). Красным цветом выделены зоны с повышенной дисперсией значений NDVI не только на границах биомов т.е. в экотонах, но также «внутри» биомов – это так называемая «экотонная мозаика» [8]. При исследовании экотонов в Южной Африке [8] подтверждено, что они не представлены на векторных картах растительности, а вероятностная классификация изображений, полученных дистанционным зондированием, дает такую возможность. «Экотонная мозаика» внутри биома также не может быть обнаружена на векторной карте растительности, а используемый ме-

тод дает такую возможность и на растровых картах это показано. Так, на рисунке видны 2 красные точки внутри биома – это и есть повышенная дисперсия NDVI, а на векторной карте (рис. 3) эта мозаика не просматривается.

Экотоны являются наиболее динамичными и неустойчивыми в пространстве и времени элементами ландшафтно-территориальной структуры. Именно они первыми реагируют на изменения внешних условий и поэтому являются индикаторами изменения экологического состояния экосистем. Степень неустойчивости экотонов оценивается по дисперсии NDVI – низкая, повышенная, высокая, что отражено на рис. 2. Высокая дисперсия NDVI на растровой карте изображена белым цветом, и она совпадает с горными массивами.

Развитие растительности происходит при температуре выше нуля градусов. Холдриджем [9] было введено понятие биотемпературы. Под биотемпературой понимается сумма положительных температур, в данном случае – среднемесячных. Более точное представление о связи изменений климата и растительности Северного полушария получено с сайта Climatic Research Unit (<http://www.cru.uea.ac.uk/data>). Climatic Research Unit предоставляет среднемесячные данные по температуре воздуха, осадкам, минимальным и максимальным температурам, а также по ряду других параметров. В данной работе были использованы данные с разрешением $0,5^\circ \times 0,5^\circ$. По данным Climatic Research Unit [10] вычислены значения биотемператур и их тренды за период с 1982 по 2006 г. Пространственное распределение трендов биотемператур представлено на рис. 4.

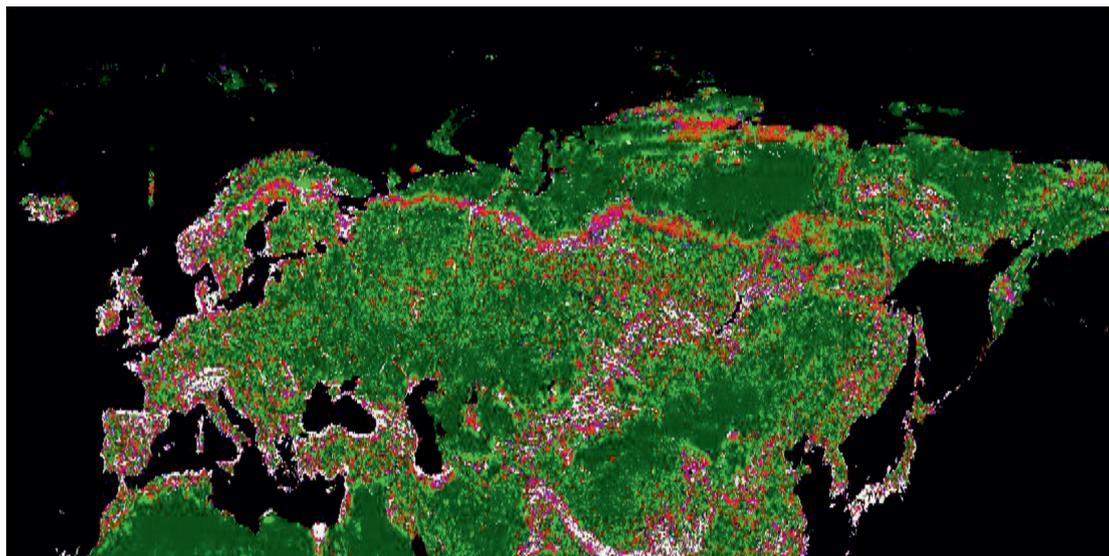


Рис. 2. Растровая карта с дисперсией рядов NDVI на территории Евразии (низкая дисперсия показана зеленым цветом, повышенная – красным, высокая – белым)



Вегетационные регионы

- Тропические и субтропические леса
- Саванна
- Пустыня
- Внутренний
- Луга
- Лес
- Тайга
- Тундра
- Горы
- Полярные и высокогорье

Рис. 3. Векторная карта природных зон Евразии

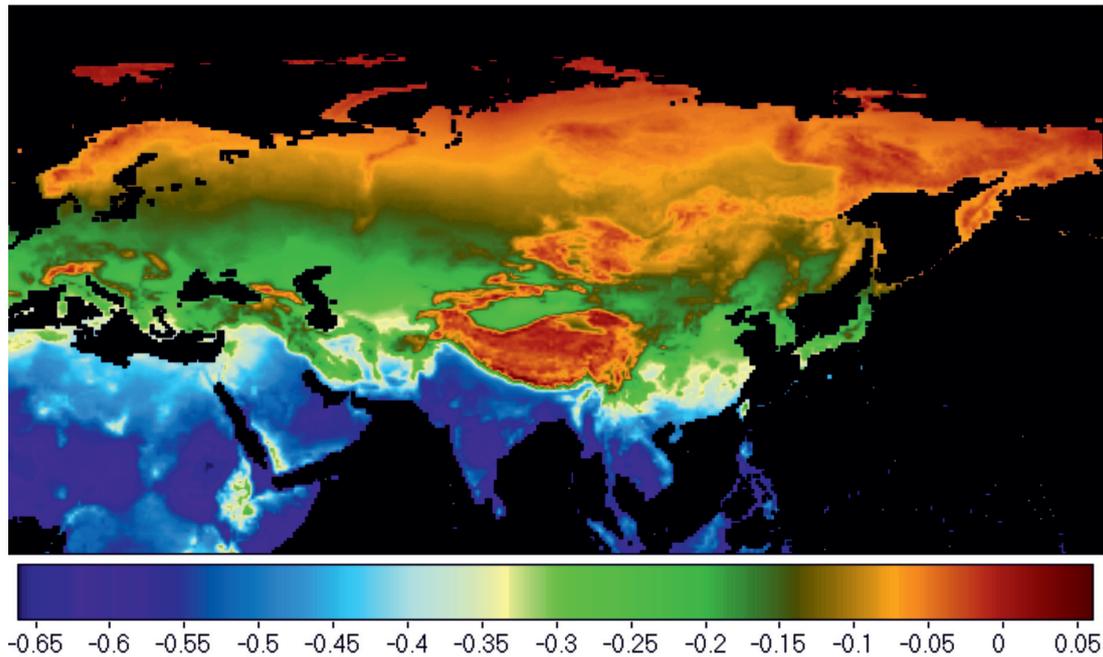


Рис. 4. Пространственное распределение биотемператур (градус в год) с 1982 по 2006 г.

Как видно из рисунка, динамика этого параметра имеет сложную пространственную структуру и в основном совпадает с зонами биомов, которые определены методом скользящей дисперсии NDVI. Температура и влажность являются доминирующим климатическим фактором в регулировании динамики активности растительности в биомах. Подтвержденное на сегодняшний день потепление составляет $0,69\text{--}0,8^\circ\text{C}$, по сравнению с доиндустриальным уровнем на конец XIX в. [11].

В настоящее время большое внимание уделяется геоинформационному картографированию изменчивости ландшафтов и геосистем. Информационной основой изменчивости геосистем, биомов и их границ служат данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), материалы полевых исследований ландшафтов, картографические и литературные данные [12]. Экологи выделяют 4 уровня экологических нарушений. Зона нормы – растительный покров подвержен лишь разногодичной и циклической флуктуации. Зона риска – скорость изменений растительного покрова до 1–2% площади в год. Полная смена растительного покрова происходит здесь за 50–100 лет. Зона кризиса – скорость изменений растительного покрова до 2–3% площади в год. Полная смена растительного покрова происходит за 30–50 лет. Зона бедствия – зона экологической ката-

строфы. Это территории с полной потерей продуктивности, практически необратимыми нарушениями экосистем. Полная смена растительного покрова происходит менее чем за 25 лет. Деграция земель более 50% площади. Предложенный метод дает возможность определить экологические риски. При необходимости получения оперативной информации об уровнях экологических нарушений, о возможных трансформациях геосистем и биомов при воздействии различных факторов, в том числе при климатических катаклизмах, метод скользящей дисперсии NDVI может оказаться информативным, полезным и своевременным.

Заключение

Метод скользящего окна дисперсии был нами впервые применен к «длинным» рядам NDVI, работа проводилась с большой выборкой данных, что повысило достоверность полученных результатов.

На растровой карте, построенной на основе дистанционного зондирования и метода скользящей дисперсии NDVI за длительный временной период, определено пространственное распределение NDVI применительно к различным природным зонам (биомам) Евразии. Показана возможность установки географических координат и границ биомов и экотонов, а также сдвигов этих границ в связи с изменением климатических

условий. Разработанный и апробированный метод скользящего окна дисперсии открывает новые возможности для получения фундаментальных знаний: о функционировании биосферы, о последствиях глобального потепления, об изменении границ вечной мерзлоты в глобальном масштабе. Таким образом, можно утверждать, что метод скользящей дисперсии NDVI оказался эффективным для выявления границ биомов и экотон в глобальном масштабе.

Список литературы / References

1. Nelson E., Kareiva P., Ruckelshaus M., Arkema K., Geller G., Girvetz E., Goodrich D., Matzek V., Pinsky M., Reid W., Saunders M., Semmens D., Tallis H. Climate change's impact on key ecosystem services and the human well-being they support in the US. *Frontiers in Ecology and the Environment*. 2013. Vol. 11. № 9. P. 483–493. DOI: 10.1890/120312.
2. IPCC, 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)). IPCC, Geneva, Switzerland. 151 p.
3. Одум Ю. Основы экологии. М.: Мир, 1986. Т. 1. 328 с.
Odum Yu. *Fundamentals of Ecology*. M.: Mir, 1986. T. 1. 328 p. (in Russian).
4. Кокорин А.О. Изменение климата: обзор Пятого оценочного доклада МГЭИК. М.: Всемирный фонд дикой природы (WWF). 2014. 80 с.
Kokorin A.O. *Climate change: review of the Fifth Assessment Report of the IPCC*. M.: Vsemirnyy fond dikoy prirody (WWF). 2014. 80 p. (in Russian).
5. Жильцова Е.Л., Анисимов О.А. Динамика растительности северной Евразии: анализ современных наблюдений и прогноз на 21 век // Арктика XXI век. Естественные науки. 2015. № 2. С. 48–59.
Zhiltsova E.L., Anisimov O.A. *Vegetation dynamics in northern Eurasia: an analysis of modern observations and a forecast for the 21st century* // *Arktika XXI vek. Yestestvennyye nauki*. 2015. № 2. P. 48–59 (in Russian).
6. Gonzalez P., Neilson R.P., Lenihan J.M., Drapek R.J. Global patterns in the vulnerability of ecosystems to vegetation shifts due to climate change. *Global Ecology and Biogeography*. 2010. Vol. № 19 (6). P. 755–768. DOI: 10.1111/j.1466-8238.2010.00558.x.
7. Shevyrnogov A.P., Vysotskaya G.S., Gitelson J.I. Quasistationary areas of chlorophyll concentration in the world ocean as observed satellite data. *Advances in Space Research*. 1996. Vol.18. no. 7. P. 129–132.
8. De Klerk H.M., Burgess N.D., Visser V. Probabilistic description of vegetation ecotones using remote sensing. *Ecological Informatics*. 2018. Vol. 46. P. 125–132. DOI: 10.1016/j.ecoinf.2018.06.001.
9. Holdridge L.R. Determination of world plant formations from simple climatic data. *Science*. 1967. Vol.105. P. 367–368.
10. Climatic Research Unit. [Electronic resource]. URL: <http://www.cru.uea.ac.uk/data> (date of access: 19.12.2018).
11. Haustein K., Allen M.R., Forster P.M., Otto F.L., Mitchell D.M., Matthews H.D., Frame D.J. A real-time Global Warming Index // *Nature. Scientific Reports*. 2017. Vol. 7. P. 1–6. DOI: 10.1038/s41598-017-14828-5.
12. Фролов А.А. Геоинформационное картографирование в исследовании изменчивости ландшафтов // Успехи современного естествознания. 2018. № 4. 167–171.
Frolov A.A. *Geoinformation mapping in the study of landscape variability* // *Advances in current natural sciences*. 2018. № 4. P. 167–171 (in Russian).