

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

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

Ответственный секретарь редакции –

Бизенкова Мария Николаевна –

+7 (499) 705-72-30

E-mail: [edition@rae.ru](mailto:edition@rae.ru)

Подписано в печать – 29.05.2019

Дата выхода номера – 29.06.2019

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. 13,5

Тираж – 1000 экз. Заказ. УСЕ/5-2019

Подписной индекс 70878

© ИД «Академия Естествознания»

---

## СОДЕРЖАНИЕ

**Сельскохозяйственные науки (06.01.00, 06.03.00)**

УПРАВЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЕМ ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА В УСЛОВИЯХ ПОЧВЕННОЙ НЕОДНОРОДНОСТИ ВЛАДИМИРСКОГО ОПОЛЯ	
<i>Мазиров М.А., Корчагин А.А., Петросян Р.Д., Зинченко С.И., Соков М.Д.</i>	7
ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ЭРОЗИОННЫХ СКЛОНОВ ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ ДИГРЕССИИ И СТЕПЕНИ ИХ ЗАРАСТАНИЯ	
<i>Маштаков Д.А., Автономов А.Н.</i>	13
ОПТИМИЗАЦИЯ ДОЗЫ, ВЫНОС И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ ОВСОМ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ПРИМЕНЕНИИ УДОБРЕНИЙ	
<i>Окорков В.В., Фенова О.А., Окоркова Л.А.</i>	19
ПРОДУКТИВНОСТЬ ГИБРИДОВ ПОДСОЛНЕЧНИКА ИНОСТРАННОЙ СЕЛЕКЦИИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СПОСОБА БОРЬБЫ С СОРНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТЬЮ В УСЛОВИЯХ НИЖНЕГО ДОНА	
<i>Фалынсков Е.М., Пойда В.Б., Збраилов М.А., Пискленова Е.К.</i>	30

**Науки о Земле (25.00.00)**

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ХВОСТОХРАНИЛИЩ НЕКОТОРЫХ СУЛЬФИДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ВОСТОЧНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ	
<i>Абрамов Б.Н., Цыренов Т.Г.</i>	35
УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ ГОРОДОВ НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ	
<i>Волкова А.В., Копосова Н.Н.</i>	42
АНАЛИЗ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ В ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ И ГОРОДА ТЮМЕНИ	
<i>Жуляков Е.В., Монахова З.Н., Гузеева С.А., Брюханова Р.Я., Томус И.Ю.</i>	47
РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И МИГРАЦИЯ <sup>137</sup> CS В ТОРФЯНЫХ ГОРИЗОНТАХ ВЕРХОВОГО БОЛОТА В ОКРЕСТНОСТЯХ СЕВЕРОДВИНСКОГО ПРОМЫШЛЕННОГО РАЙОНА	
<i>Зыков С.Б., Яковлев Е.Ю., Зыкова Е.Н., Дружинин С.В.</i>	53
ГЕОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ПРОДУКТИВНОГО ЗОЛОТОГО ОРУДЕНЕНИЯ УЧАСТКА ФРОНТ (ЭНДОКОНТАКТ БЕРЕНТАЛЬСКОГО ШТОКА, МАГАДАНСКАЯ ОБЛАСТЬ)	
<i>Ивасенко Р.Н., Хасанов И.М.</i>	58
ПЕРСПЕКТИВЫ ВКЛЮЧЕНИЯ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «ЧИКОЙ» ВО ВСЕМИРНУЮ СЕТЬ БИОСФЕРНЫХ РЕЗЕРВАТОВ	
<i>Козлова С.А.</i>	64
ОЦЕНКА УРОВНЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ МЕТОДОМ ПРОСТОГО РАНЖИРОВАНИЯ	
<i>Мальшикин Н.Г., Петров Г.Л., Петрова Е.Ю.</i>	70
ТЕРРИТОРИАЛЬНО-ДЕМОГРАФИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ФОРМИРОВАНИЯ ТРУДОВЫХ РЕСУРСОВ РЕСПУБЛИКИ МАРИЙ ЭЛ	
<i>Пухова А.Г., Беляева Т.К., Толкунова С.Г., Кузнецова М.А.</i>	76
ВЛИЯНИЕ РАСТВОРИТЕЛЯ НА ВЫХОД И СОСТАВ ТОРФЯНЫХ БИТУМОВ	
<i>Селянина С.Б., Татаринцева В.Г., Серебрянникова О.В., Зубов И.Н., Орлов А.С.</i>	83

---

ТРАНСФОРМАЦИЯ ТЕРРИТОРИАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ  
В РЕГИОНЕ

*Степанько Н.Г.* .....89

О КОМПЬЮТЕРНОМ МОДЕЛИРОВАНИИ ТЕКТОНОПАР СДВИГОВ  
ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

*Шевырёв С.Л.* .....96

**Научный обзор**

**Науки о Земле (25.00.00)**

ЭКОЛОГО-АГРОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПОЧВ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

*Иноземцева О.К., Пунгин А.В., Бувеч И.С.* .....102

---

**CONTENTS**
**Agricultural sciences (06.01.00, 06.03.00)**

MANAGEMENT OF THE ORGANIC CARBON CONTENT IN THE CONDITIONS OF SOIL HETEROGENEITY OF VLADIMIR OPOLE <i>Mazirov M.A., Korchagin A.A., Petrosyan R.D., Zinchenko S.I., Sokov M.D.</i> .....	7
ASSESSMENT OF THE EROSION STABILITY OF SLOPES IN THE TERMS OF DIGRESSION AND THE DEGREE OF THEIR OVERGROWTH <i>Mashtakov D.A., Avtonomov A.N.</i> .....	13
DOSE OPTIMIZATION, REMOVAL AND USE OF NUTRIENTS BY OAT UNDER LONG-TERM USE OF FERTILIZERS <i>Okorkov V.V., Fenova O.A., Okorkova L.A.</i> .....	19
PRODUCTIVITY OF SUNFLOWER HYBRIDS OF FOREIGN BREEDING DEPENDING ON METHOD OF WEED CONTROL IN THE LOWER DON RIVER <i>Falynskov E.M., Poyda V.B., Zbrailov M.A., Pisklenova E.K.</i> .....	30

**Earth sciences (25.00.00)**

ENVIRONMENTAL HAZARD ASSESSMENT ON THE ENVIRONMENT OF TAILINGS OF SOME SULFIDE DEPOSITS OF EASTERN TRANSBAIKALIA <i>Abramov B.N., Tsyrenov T.G.</i> .....	35
SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF CITIES OF THE NIZHNY NOVGOROD REGION <i>Volkova A.V., Kuposova N.N.</i> .....	42
ANALYSIS OF GEO-ECOLOGICAL SITUATION IN WATER OBJECTS OF THE TYUMEN REGION AND TYUMEN CITY <i>Zhilyakov E.V., Monakhova Z.N., Guzeeva S.A., Bryukhanova R.Ya., Tomus I.Yu.</i> .....	47
DISTRIBUTION AND MIGRATION OF <sup>137</sup> CS IN THE PEATH HORIZONS OF THE TOP BOG IN THE SEVERODVINSK INDUSTRIAL REGION <i>Zykov S.B., Yakovlev E.Yu., Zyкова E.N., Druzhinin S.V.</i> .....	53
GEOLOGICAL AND GEOCHEMICAL PARAMETERS OF PRODUCTIVE GOLD MINERALIZATION FRONT GOLD ORE OCCURRENCE (ENDOCONTACT OF THE BERMENTAL STOCK, MAGADAN REGION) <i>Ivasenko R.N., Khasanov I.M.</i> .....	58
THE PROSPECTS OF INCLUDING THE NATIONAL PARK «ЧИКОУ» TO THE WORLD NETWORK OF BIOSPHERE RESERVES <i>Kozlova S.A.</i> .....	64
ASSESSMENT OF LEVEL OF IMPACT OF ECONOMIC ACTIVITY ON ATMOSPHERIC AIR BY METHOD OF SIMPLE RANGING <i>Malyshkin N.G., Petrov G.L., Petrova E.Yu.</i> .....	70
TERRITORIAL AND DEMOGRAPHIC ASPECTS OF FORMATION OF LABOR RESOURCES OF THE REPUBLIC OF MARI EL <i>Pukhova A.G., Belyaeva T.K., Tolkunova S.G., Kuznetsova M.A.</i> .....	76
INFLUENCE OF SOLVENT ON THE DEGREE OF EXTRACTION AND THE COMPOSITION OF PEAT BITUMEN <i>Selyanina S.B., Tatarintseva V.G., Serebrennikova O.V., Zubov I.N., Orlov A.S.</i> .....	83

---

TRANSFORMATION OF THE TERRITORIAL STRUCTURE OF NATURE MANAGEMENT IN THE REGION	
<i>Stepanko N.G.</i> .....	89
ON COMPUTER MODELING OF SHEAR COLLOCATIONS FOR REMOTE SENSING OF THE EARTH	
<i>Shevyrev S.L.</i> .....	96

**Scientific review**

**Earth sciences (25.00.00)**

ECOLOGICAL AND AGROCHEMICAL ASSESSMENT OF SOIL CONDITION FOR AGRICULTURAL PURPOSES OF THE KALININGRAD REGION	
<i>Inozemtseva O.K., Pungin A.V., Buevich I.S.</i> .....	102

УДК 631.417.1:631.153.3 (470.314)

**УПРАВЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЕМ ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА  
В УСЛОВИЯХ ПОЧВЕННОЙ НЕОДНОРОДНОСТИ  
ВЛАДИМИРСКОГО ОПОЛЬЯ**

<sup>1,3</sup>Мазиров М.А., <sup>2,3</sup>Корчагин А.А., <sup>2</sup>Петросян Р.Д., <sup>2</sup>Зинченко С.И., <sup>3</sup>Соков М.Д.

<sup>1</sup>РГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева, Москва, e-mail: mazirov@mail.ru;

<sup>2</sup>ФГБНУ «Верхневолжский ФАНЦ», Владимирская обл., п. Новый, e-mail: adm@vnish.elcom.ru;

<sup>3</sup>ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», Владимир, e-mail: korchagina60@mail.ru

Среди основных подходов сбережения или увеличения запасов углерода в почвах на пахотных землях называют минимизацию обработок почвы, внесение органического вещества, применение корректирующих севооборотов с включением многолетних бобовых трав и сокращению периодов паров, объединение различных культур на одной и той же территории, а также агролесомелиорацию или строительство живых изгородей и лесных буферов в сельскохозяйственных ландшафтах. В статье приведены результаты исследований баланса органического углерода и урожайности многолетних трав 1 и 2 г.п., и овса на фоне без удобрений и с применением удобрений. Одним из ресурсов сбережения и накопления органического углерода является применение ресурсосберегающих безотвальных приемов обработки почвы. Баланс органического углерода, формирующийся под различными культурами севооборота, является одним из факторов регулирования содержания органического углерода в пахотных почвах. Почвенные разности различны между собой по морфологическим, водно-физическим, тепловым и другим свойствам и режимам, что определяет различия в балансе углерода и «пестроту» в формировании урожая сельскохозяйственных культур. Применение минеральных удобрений нивелирует различия между почвенными разностями по балансу углерода и урожайности многолетних трав 2 г.п. и овса. Более высокие показатели по содержанию углерода (1,55%) получены на серой лесной среднеподзоленной почве со вторым гумусовым горизонтом, самое низкое (1,14%) на серой лесной почве. Пестрота почвенного покрова вызывает различия в балансе углерода. Более высокие показатели (0,97 т/га) получены на серой лесной среднеподзоленной почве со вторым гумусовым горизонтом, меньшие (0,63 т/га) на серой лесной почве.

**Ключевые слова:** баланс углерода, почвенная неоднородность, урожайность, многолетние травы, овес

**MANAGEMENT OF THE ORGANIC CARBON CONTENT IN THE CONDITIONS  
OF SOIL HETEROGENEITY OF VLADIMIR OPOLE**

<sup>1,3</sup>Mazirov M.A., <sup>2,3</sup>Korchagin A.A., <sup>2</sup>Petrosyan R.D., <sup>2</sup>Zinchenko S.I., <sup>3</sup>Sokov M.D.

<sup>1</sup>Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy,

Moscow, e-mail: mazirov@mail.ru;

<sup>2</sup>Upper Volga federal Agricultural Scientific Center, Vladimir region, Novy, e-mail: adm@vnish.elcom.ru;

<sup>3</sup>Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletovs, Vladimir, e-mail: korchagina60@mail.ru

Minimizing of the soil treatment, application of organic substances, application of corrective rotations with inclusion of perennial legumes and reduction periods of the leas, combining the different cultures on the same territory and the agroforestry or the construction of hedges and forest buffers in agricultural landscapes are among the main approaches to preserving and increasing carbon stocks in soils and biomass on arable land. The article presents the studies' results of the organic carbon balance and the yield of perennial grasses of the 1st and 2d year of use, and oat crop capacity without fertilizers and with the use of fertilizers. One of the resources for the conservation and accumulation of organic carbon is the use of resource-saving soilless tillage techniques. The balance of organic carbon formed under different crops is one of the factors in the regulation of organic carbon content in arable soils. Soil differences are vary by morphological, water-physical, thermal and other properties and regimes, which determines the differences in the balance of carbon and «variety» in the formation of crop yields. The use of fertilizers eliminates the differences between soil differences in carbon balance and productivity of perennial grasses of the 2 year of use and crop capacity of oat. Higher carbon content (1,55%) was obtained on gray forest medium podzolized soil with a second humus horizon, the lowest (1,14%) – on gray forest soil. The variegation of soil cover causes differences in carbon balance. Higher rates (0,97 t / ha) were obtained on gray forest medium podzolized soil with a second humus horizon, lower (0,63 t / ha) – on gray forest soil.

**Keywords:** carbon balance, soil heterogeneity, productivity, perennial grasses, oat capacity

Содержание углерода в пахотных почвах – один из главных показателей их плодородия. Общеизвестно, что экстенсивное сельскохозяйственное производство приводит к снижению содержания углерода и обуславливает снижение запасов питательных веществ, ухудшает водный режим, эрози-

онную устойчивость почв и др. Увеличение запасов углерода является первостепенной задачей при переходе к углерод восстановительному и углерод сберегающему земледелию, а также важнейшим условием устойчивого сельскохозяйственного производства [1].

Отечественная практика сельскохозяйственного производства накопила большой опыт по регулированию содержания органического вещества (ОВ) в пахотных почвах. Наиболее заметными подходами являются улучшение управления пахотными землями, включая восстановление деградированных земель и создание высокопродуктивных почв [2].

Среди основных подходов сбережения или увеличения запасов углерода в почвах на пахотных землях называют минимизацию обработок почвы, внесение органического вещества, применение корректирующих севооборотов с включением многолетних бобовых трав и сокращением периодов паров, объединение различных культур на одной и той же территории, а также агролесомелиорацию или строительство живых изгородей и лесных буферов в сельскохозяйственных ландшафтах [3]. Современные методы сельскохозяйственного мониторинга плодородия почв, земель сельскохозяйственного назначения анализируют среднюю величину изменчивости содержания углерода под действием различных доз удобрений и систем обработки почвы. Практические рекомендации, построенные на использовании средних величин запасов углерода, приводят к неодновременному развитию и созреванию урожая, неэффективному расходованию средств химизации, механизации и др.

Цель исследования: изучить возможности управления накоплением органического углерода в условиях почвенной неоднородности серых лесных пахотных почв.

#### Материалы и методы исследования

Исследования провели в многолетнем стационарном опыте, заложенном в 1996 г. в четвертой ротации шестипольного севооборота:

- 1) овес + многолетние травы;
- 2) многолетние травы 1 г.п.;
- 3) многолетние травы 2 г.п.;
- 4) ячмень;
- 5) черный пар;
- 6) озимая пшеница на овсе и многолетних травах 1 и 2 г.п. в 2015–2017 гг.

Овес возделывали без внесения минеральных удобрений и с внесением минеральных удобрений под предпосевную культивацию в дозе  $N_{30}P_{30}K_{30}$ . На многолетних травах 1 г.п. удобрения не вносили, на травах 2 г.п. вносили азотную подкормку в дозе  $N_{40}$ .

Исследования провели на четырёх системах основной обработки почвы:

1) общепринятой отвальной, включающую ежегодную вспашку плугом ПЛН-5-35 на 20–22 см под все культуры;

2) комбинированно-энергосберегающей, включающей мелкую безотвальную обработку КПС-4 на 10–12 см под овес, черный пар, озимую пшеницу и вспашку плугом ПЛН-5-35 на 20–22 см многолетних трав 2 г.п.;

3) комбинированно-ярусной, включающей мелкую безотвальную обработку КПС-4 на 10–12 см под овес, черный пар, ярусную вспашку плугом ПЯ – 3-35 на 25–27 см многолетних трав 2 г.п. и вспашку плугом ПЛН-5-35 на 20–22 см под озимую пшеницу;

4) противозероизионной, включающей глубокую безотвальную обработку КПГ-250 на 25–27 см под овес, черный пар и озимую пшеницу, вспашку плугом ПЛН-5-35 на 20–22 см многолетних трав 2 г.п.

Почвенное обследование полевого опыта осуществлялось по регулярной сетке с шагом 7 м (всего 120 точек опробования).

Во всех точках отбирались образцы из пахотного и подпахотного горизонтов, с глубин 0–20 и 20–40 см.

Опыт закладывался в четырехкратной повторности. Площадь делянки 140 м<sup>2</sup>, учетная площадь 21 м<sup>2</sup>.

Почвы Владимирского ополья представляют собой контрастные почвенные комплексы, представленные типичными серыми лесными почвами разной степени оподзоленности и серыми лесными со вторым гумусовым горизонтом. Генезис этих почв происходил в разных условиях. Серые лесные типичные почвы формировались в условиях микроповышений, а серые лесные со вторым гумусовым горизонтом – в условиях микропонижений и высокого уровня увлажнения.

Характерной чертой почвенного покрова является полигонально-блочный микрорельеф [4]. Однако в результате длительного сельскохозяйственного использования микрорельеф был выровнен, тем не менее он четко виден на аэрофото-снимках (рис. 1).

Комплексность почвенного покрова особенно заметна, когда почва сильно увлажнена и почвы со вторым гумусовым горизонтом, содержащие больше гумуса, окрашены в более темные тона.

Комплексность почвенного покрова хорошо видна на почвенной карте, где на участке площадью 3 га представлено 6 почвенных разностей (рис. 2).



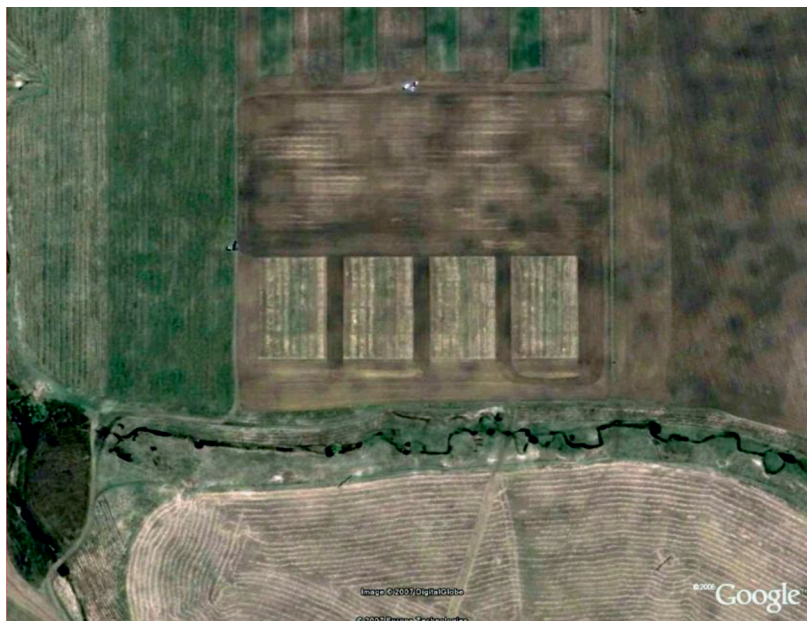


Рис. 1. Фотография опытного стационара (аэрофотосъемка). На пашне (на фото справа) ясно выделяются серые лесные почвы и почвы со вторым гумусовым горизонтом

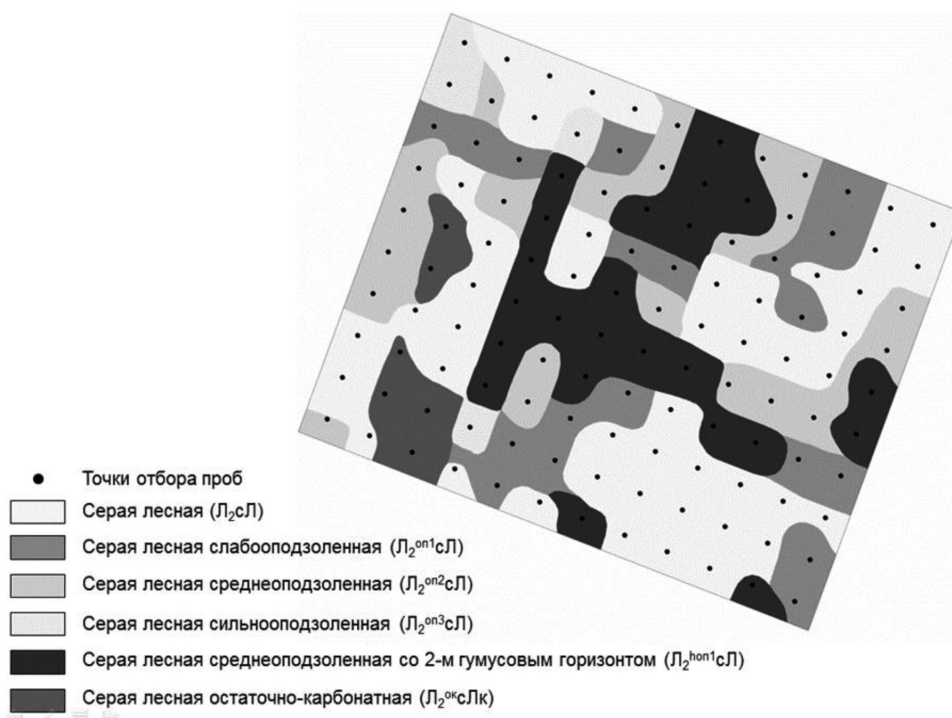


Рис. 2. Почвенная карта опытного стационара (М. 1:2000)

На основе данных урожайности культур рассчитывался баланс ОВ в почве (в пересчете на углерод по И.В. Тюрину). Баланс ОВ рассчитывался на основе методических указаний [5].

Большую часть площади опытного участка занимают серые лесные неоподзоленные почвы и различной степени оподзоленности. Около 21 % территории участка – серые лесные среднеоподзоленные почвы

со вторым гумусовым горизонтом. Сильно оподзоленная и остаточо-карбонатная почвы занимают фрагментарное распространение площадью менее 5%, поэтому в дальнейших расчетах не учитывались.

Почвенные разности различны между собой по морфологическим, водно-физическим, тепловым и другим свойствам и режимам, что определяет различия в балансе углерода и «пестроту» в формировании урожая сельскохозяйственных культур [6].

### Результаты исследования и их обсуждение

Исследования показали, что на содержание углерода достоверное влияние оказывают системы обработки почвы. На глубине 10 см большее содержание углерода наблюдается на глубокой (2,09%) и мелкой безотвальной обработках (2,03%), меньшее – на вспашке (1,68%) (табл. 1).

На глубине 40 см различия выравниваются, однако большее содержание отмечается при глубокой обработке – 0,80%. Данный факт можно объяснить в первом случае накоплением растительных остатков и их гумификацией в верхнем слое при ежегодных безотвальных обработках, во втором – более глубоким проникновением корневой системы и их гумификацией при глубокой обработке.

**Таблица 1**  
Влияние систем обработки почвы на содержание углерода (%) (2017 г.)

Система обработки почвы	Глубина, см	
	10	40
Общепринятая вспашка	1,68	0,62
Комбинированно-энергосберегающая	2,03	0,53
Комбинированно-ярусная	1,83	0,44
Противоэрозионная	2,09	0,80

Примечание.  $НСР_{05} = 0,31\%$ .

Таким образом одним из ресурсов сбережения углерода является применение ресурсосберегающих безотвальных приемов обработки почвы.

Содержание углерода существенно различается по почвенным разностям. Более высокое содержание углерода в пахотном слое (1,55%) отмечено на среднеоподзоленной почве со вторым гумусовым горизонтом и среднеоподзоленной (1,53%), меньшее (1,14%) – на серой лесной почве.

Баланс углерода под многолетними травами 1 года варьировал в пределах (0,63–0,97 т/га) (табл. 2).

Полученные величины обусловлены высокими значениями приходных статей баланса углерода: гумификации корневых остатков (1,10–1,76 т/га), гумификации пожнивных остатков (0,15–0,22 т/га). Также выявлены относительно небольшие статьи расхода при минерализации ОВ, что составляло от 0,62 до 1,04 т/га, которые полностью компенсировались за счет приходных статей баланса углерода. Почвенная неоднородность оказала влияние на формирование баланса углерода. Наибольшие значения баланса углерода отмечены на почве со вторым гумусовым горизонтом – 0,97 т/га, наименьшие – на серой лесной почве – 0,63 т/га.

В варианте без удобрений основное влияние на урожайность трав оказали почвенные разности. Более высокая урожайность трав получена на почве со вторым гумусовым горизонтом – 64 т/га и среднеоподзоленной почве – 60 т/га. Достоверное снижение урожайности получено на серой лесной – 35 т/га и слабооподзоленной почвах – 48 т/га (при  $НСР_{05} = 8,2$  т/га).

На травах 2 г. п. азотная подкормка выравнивает влияние почвенных разностей на приходные статьи баланса углерода: гумификация корневых остатков составила 2,34 – 2,44 т/га, гумификация пожнивных остатков – от 0,25 до 0,26 т/га. Однако за счет более высоких статей прихода пожнивных и корневых остатков баланс углерода был существенно выше, чем на травах 1 г.п. (1,77–1,83 т/га). При этом различия в урожайности между почвенными разностями были несущественны и варьировали от 85 до 89 т/га (при  $НСР_{05} = 7,4$  т/га).

Баланс углерода под овсом на нулевом фоне был отрицательным и составил от –0,30 т/га до –0,52 т/га. Урожайность по почвенным разностям варьировала незначительно (от 2,72 до 3,06 т/га), однако отмечена тенденция увеличения урожайности на почве со вторым гумусовым горизонтом (3,06 т/га).

Баланс углерода под овсом с применением минеральных удобрений также был отрицательным, но дефицит углерода был меньше от –0,05 т/га до –0,11 т/га, за счет более высоких приходных статей баланса. Возрастает и урожайность овса до 3,37–3,77 т/га (при  $НСР_{0,5} = 0,48$  т/га), что на 0,67 т/га выше, чем без применения удобрений, но различия по почвенным разностям также несущественны.

Таблица 2

Влияние почвенных разностей и удобрений на урожайность культур  
и баланс органического углерода (2015–2017 гг.)

Почвы	Урожайность, т/га	Баланс, т/га	Минерализация ОВ, т/га	Гумификация пожнивных остатков, т/га	Гумификация корневых остатков, т/га	Гумификация соломы, т/га
Многолетние травы 1 г. п.						
Л2сЛ*	35	0,63	0,62	0,15	1,10	–
Л2оп1сЛ	48	0,74	0,84	0,17	1,41	–
Л2оп2сЛ	60	0,87	1,04	0,20	1,71	–
Л2hop2сЛ	64	0,97	1,01	0,22	1,76	–
НСР05	8,2					–
Многолетние травы 2 г. п. с внесением N40						
Л2сЛ	88	1,83	0,84	0,26	2,41	–
Л2оп1сЛ	89	1,77	0,93	0,26	2,44	–
Л2оп2сЛ	85	1,78	0,81	0,25	2,34	–
Л2hop2сЛ	85	1,78	0,81	0,25	2,34	–
НСР05	7,4					–
Овес без внесения удобрений						
Л2сЛ	2,72	–0,41	1,10	0,11	0,20	0,38
Л2оп1сЛ	2,97	–0,52	1,24	0,11	0,21	0,40
Л2оп2сЛ	2,92	–0,30	0,94	0,10	0,19	0,35
Л2hop2сЛ	3,06	–0,52	1,24	0,11	0,21	0,40
НСР05	0,39					
Овес с внесением N30P30K30						
Л2сЛ	3,27	–0,11	0,91	0,12	0,22	0,46
Л2оп1сЛ	3,37	–0,05	0,82	0,12	0,22	0,43
Л2оп2сЛ	3,62	–0,10	0,88	0,12	0,22	0,44
Л2hop2сЛ	3,60	–0,09	0,87	0,12	0,22	0,44
НСР05	0,48					

Примечание. \*Название почвенных разностей представлено на рис. 1.

### Выводы

1) Одним из ресурсов сбережения и накопления органического углерода является применение ресурсосберегающих безотвальных приемов обработки почвы.

2) Почвенные разности существенно различаются по содержанию органического углерода. Более высокое содержание углерода в пахотном слое (1,55%) отмечено на среднеоподзоленной почве со вторым гумусовым горизонтом и среднеоподзоленной (1,53%), меньшее (1,14%) – на серой лесной почве.

3) Возделывание многолетних трав 1 и 2 г.п. в севообороте обеспечивает положительный баланс углерода (0,63–1,83 т/га).

4) Неоднородность почвенного покрова без применения удобрений приводит к пестроте урожайности многолетних трав 1 г.п.: более высокая урожайность получена на почвах со вторым гумусовым горизонтом – 64 т/га, меньшая (35 т/га) – на серых лесных почвах.

5) Применение минеральных удобрений нивелирует различия между почвенными разностями по балансу углерода и урожайности многолетних трав 2 г.п.

6) Возделывание овса без применения минеральных удобрений приводит к отрицательному балансу углерода (от –0,30 до –0,52 т/га). Почвенные разности не оказали достоверного влияния на варьирование урожайности (2,72–3,06 т/га).

7) Внесение минеральных удобрений снижает дефицит углерода (от –0,05 до –0,11 т/га) и существенно увеличивает урожайность (до 3,27–3,62 т/га).

### Список литературы / References

1. Climate-Smart Agriculture Sourcebook. FAO. Italy. Rome, 2013. 570 с.
2. Семенов В.М., Когут Б.М. Почвенное органическое вещество. М.: ГЕОС, 2015. 238 с.  
Semenov V.M., Kogut B.M. Soil organic matter. M.: GEOS, 2015. 238 p. (in Russian).
3. Banwart S., Noellemeyer E., Milne E. Soil Carbon: Science, management and policy for multiple benefits. Series 71. Wallingford, 2015. 391 p.

4. Величко А.А., Морозова Т.Д., Нечаев В.П., Порожнякова О.М. Позднеплейстоценовый криогенез и современное почвообразование в зоне южной тайги (на примере Владимирского ополья) // Почвоведение. 1996. № 6. С. 1056–1064.

Velichko A.A., Morozova T.D., Nechaev V.P., Porozhnyakova O.M. late Pleistocene cryogenesis and modern soil formation in the southern taiga zone (on the example of the Vladimir Opole) // Pochvovedenie. 1996. № 6. P. 1056–1064 (in Russian).

5. Титова В.И. Баланс гумуса в земледелии (учебно-методическое пособие). Нижний Новгород: Нижегородская ГСХА, 2017. 24 с.

Titov V.I. Balance of humus in agriculture (training manual). Nizhny Novgorod: Nizhny Novgorod state agricultural Academy, 2017. 24 p. (in Russian).

6. Шейн Е.В., Кирюшин В.И., Корчагин А.А., Мазиров М.А., Дембовецкий А.В., Ильин Л.И. Оценка агрономической совместимости и однородности почвенного покрова на серых лесных почвах Владимирского Ополья // Почвоведение. 2017. № 10. С. 1208–1216. DOI: 10.7868/S0032180X17100112.

Shein E.V., Kiryushin V.I., Korchagin A.A., Mazirov M.A., Dembovetskii A.V., Il'in L.I. Assessment of Agronomic Homogeneity and Compatibility of Soils in the Vladimir Opole Region // Eurasian Soil Science. 2017. Vol. 50. № 10. P. 1166–1172. DOI: 10.1134/S1064229317100118.

УДК 631.459.01:630\*116.64

## ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ЭРОЗИОННЫХ СКЛОНОВ ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ ДИГРЕССИИ И СТЕПЕНИ ИХ ЗАРАСТАНИЯ

Маштаков Д.А., Автономов А.Н.

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова»,  
Саратов, e-mail: lmsus1920@mail.ru

Агроэкологические системы склонов испытывают состояние стресса по причине постоянных динамических подвижек, особенно на склонах большой крутизны. Нами сформулировано представление о критических уровнях в процессе динамики склоновых агроэкологических систем, которое в последующем рассмотрено как показатель устойчивости. Анализируя динамические процессы на склонах, в качестве критических авторы выделили стадии дигрессии склоновой поверхности под воздействием эрозионных процессов. Объектом исследования являются эрозионные склоны оврагов и балок в условиях лесостепи Приволжской возвышенности. Цель исследования: разработать параметры оценки устойчивости эрозионных склонов по результатам исследований и анализа литературных источников. Предлагается относить к динамике изменений не только изменения видового состава, но и изменения степени деградации по показателям зарастания склоновых участков, позволяющие установить процессы вторичной сукцессии по мере разрушения склоновой поверхности. Согласно нашей концепции изменения видового разнообразия, на эрозионных склонах могут сопровождаться за счет появления чужеродных растений вследствие утраты устойчивости и потери биологического разнообразия и охранных функций защитных лесных насаждений. При этом число видов может увеличиваться, но эрозионный склон постепенно теряет свою устойчивость. Количественная оценка степени зарастания по показателям подроста и качественная их характеристика дают представление о соответствии лесорастительных условий склона экологическим требованиям самосева древесных пород. Установлено, что число самосева на склонах с повышением стадии дигрессии закономерно снижается. Численность самосева, по сравнению со всходами, в 2–4 раза меньше независимо от степени дигрессии склона. На контроле и на участке I стадии дигрессии число всходов, самосева явно отличаются, что сказывается на показателе встречаемости. На остальных участках встречаемость составляет 53–100%, что подтверждает неравномерность зарастания склона по площади.

**Ключевые слова:** оценка, склон, устойчивость, дигрессия, степень зарастания земель, подрост, самосев

## ASSESSMENT OF THE EROSION STABILITY OF SLOPES IN THE TERMS OF DIGRESSION AND THE DEGREE OF THEIR OVERGROWTH

Mashtakov D.A., Avtonomov A.N.

Saratov State Vavilov Agrarian University, Saratov, e-mail: lmsus1920@mail.ru

Agroecological systems of slopes experience stress due to constant dynamic movements, especially on the slopes of high steepness. We have formulated the idea of critical levels in the process of the dynamics of slope agroecological systems, which is subsequently considered as an indicator of sustainability. When analyzing the dynamic processes on the slopes, we identified the digression of the slope surface under the influence of erosion processes as a critical stage. The object of research is the erosion slopes of ravines and gullies in the forest-steppe conditions of the Volga upland. The purpose of the study is to develop parameters for assessing the stability of erosion slopes based on the results of research and analysis of literature sources. Results and discussion. It is proposed to refer to the dynamics of changes not only in species composition, but also changes in the degree of degradation in terms of overgrowth of slope areas, allowing to establish the processes of secondary succession as the destruction of the slope surface. According to our concept of the changes of species diversity, erosion on slopes may be accompanied by the appearance of alien plants in consequence of the stability, biological diversity and protective functions of the protective forest plantations loss. The number of species may increase, but the erosion slope gradually loses its stability. Quantitative assessment of the degree of overgrowth in terms of undergrowth and their qualitative characteristics give an idea of compliance of the slope forest conditions with the environmental requirements of self-seeding tree species. It was found that the number of self-seeding on the slopes with increasing stage of digression naturally decreases. The number of self-seeding, compared with seedlings, 2-4 times less, regardless of the degree of digression of the slope. On the control and on the site of stage I of digression, the number of shoots of self-seeding clearly differ, which affects the incidence rate. In other areas, the occurrence is 53-100%, which confirms the uneven of overgrowing of the slope area

**Keywords:** assessment, slope, stability, digression, degree of land overgrowth, undergrowth, self-seeding

Проблемы устойчивости склоновых земель к воздействию эрозии являются основополагающими в современной агролесомелиорации, однако до сих пор само определение устойчивости остается неоднозначным. Устойчивое функционирование агроэкологических систем неразрывно свя-

зывается с понятием критического состояния. Само понятие критического состояния также трактуется по-разному. Л.А. Жукова, Т.А. Полянская [1] под критическим понимают необратимое в существующих условиях изменение, приводящее к нарушению организации данной системы. В.И. Дани-

лов-Данильян [2] указывает, что в критическом состоянии происходит перестройка экосистемы с заменой некоторых или всех элементов, после чего может следовать ее полное распадение или, наоборот, формирование нового гомеостатического уровня. В условиях отсутствия динамических подвижек биотопа критическое состояние может быть связано аномалиями климатических условий (засуха, наводнение и т.д.) или стихийными бедствиями, к примеру пожарами.

Агроэкологические системы склонов испытывают состояние стресса по причине постоянных динамических подвижек, особенно на склонах большой крутизны [3]. Вниз по склонам происходит перемещение рыхлых масс обломочного материала, при этом характер перемещения определяется крутизной склона, составом слагающих его пород и воздействующими на склон факторами. Особенно резко это проявляется при усилении поверхностного стока. Нами сформулировано представление о критических уровнях в процессе динамики склоновых агроэкологических систем, которое в последующем рассмотрено как показатель устойчивости. Анализируя динамические процессы на склонах, некоторые авторы в качестве критической выделяют уже вторую стадию дигрессии, другие же, наоборот, и на последней не усматривают критического уровня расстройств процессов авторегуляции (самовозобновления эдификатора). Широкая дискуссия развернулась и по вопросу о роли динамики видового состава в процессе дестабилизации природных экосистем. При этом сложилось убежденное мнение, что потеря определенной части видового разнообразия (до 10–20% от состава исходного ценоза) приводит к уничтожению конкретной экосистемы. Однако А.А. Титлянова [4] считает, что именно видовая структура обладает наименьшей сопротивляемостью и первой реагирует на возмущение, когда еще вся экосистема достаточно постоянна по видовому составу и не теряет устойчивости. Л.А. Жукова, Т.А. Полянская [5] в связи с этим отмечают, что сохраниться в стрессовых экологических ситуациях могут только в высшей степени динамичные и устойчивые экосистемы.

Цель исследования: провести оценку устойчивости склонов по показателям их зарастания в зависимости от степени дигрессии под воздействием эрозии.

## Материалы и методы исследования

Объектом исследования являются эрозионные склоны оврагов и балок в условиях лесостепи Приволжской возвышенности на эрозионных склонах Ильинского участкового лесничества Чувашская Республика – Приволжский подрайон, Руткинского лесхоза Республики Марий Эл – Приволжский подрайон и Новочеремшанского лесничества Цильнинского района Ульяновской области – Кубня – Булинский подрайон. На территории Ильинского лесничества объектами исследования явились теневые и световые склоны, выведенные из сельскохозяйственного оборота. Склоны лишены древесной растительности, травяной покров представлен разнотравьем и характеризуются разной степенью дигрессии. Склон теневой экспозиции протяженностью – 74,4 м, крутизной – 32°. Склон солнечной экспозиции протяженностью 160 м, крутизной 34°. На территории Руткинского лесхоза Республики Марий Эл склоны представлены сельскохозяйственными неиспользуемыми заросшими землями. Крутизна склона солнечной экспозиции – 29°, длина – 184 м, крутизна теневого склона – 43°, протяженность – 74 м. Склон в нижней части покрыт сплошной плотной дерниной. В Новочеремшанском лесничестве Цильнинского района Ульяновской области склон солнечной экспозиции протяженностью 38 м имеет крутизну 17°, участок водораздельного плато – до 30° характеризуется разной степенью дигрессии. В присклоновой зоне созданы искусственные противоэрозионные насаждения сосны обыкновенной на площади 1,2 га, возраст 9 лет.

Исследования проводили в период с 2014 по 2017 г. Пробные площади закладывались в соответствии с отраслевым стандартом (ОСТ 56-69-83) – «Площади пробные лесоустроительные: методы закладки» и методики [6]. Для оценки стадии дегрессии был использован трансектный метод, который основан на определении отношения нарушенной площади напочвенного покрова к общей площади обследуемого склона. При этом на ходовых линиях, равномерно охватывающих обследуемую территорию, измеряли протяженность нарушенной эрозией длины, и соотносили ее к общей длине ходовых линий. Протяженность их при погрешности 0,1%, составляла 500 м на каждый гектар обследуемой площади. По данным измерений и соответствующих подсчетов, выделяли четыре стадии дегрессии и контроль: к первой стадии

относили участки, на которых нарушенная плоскостной эрозией площадь составляет 15–30%; ко второй – 31–45%; к третьей – 46–60%; к четвертой – более 60%; контролем служили залуженные или занятые защитными насаждениями без признаков повреждения участки склонов. Кроме того, для оценки устойчивости использовали показатель естественного зарастания склонов на пробных площадях размером 1х1 м, в количестве не менее 25 шт. на каждом склоне по методике А.В. Побединского [7] по числу самосева, всходов и подроста. Численное значение самосева определяли по количеству осыпавшихся семян на пробных площадях в феврале, марте. Численное значение всходов определяли в мае, а число подроста учитывали по общему их количеству, высотой от 0,5 до 1,5 м. Пробные площадки закладывали таким образом, чтобы охватить всю исследуемую площадь склона от бровки до долины оврага. Также оценивали равномерность распределения всходов и подроста на склоновой поверхности. Равномерность распределения оценивали по показателю встречаемости, путем деления числа учетных площадок, занятых всходами и подростом к общему числу площадок на единице площади. Жизненное состояние подроста оценивали путем выделения 4 категорий состояния растений: здоровые, ослабленные, усыхающие и усохшие [8]. Результаты исследований обрабатывались методами математической статистики [7]. Расчет жизненного состояния проводили по формуле:

$$L = \frac{100n_1 + 70n_2 + 10n_3}{N},$$

где  $L$  – относительное жизненное состояние подроста;  $n_1, n_2, n_3$  – число здоровых, ослабленных, усыхающих и усохших деревьев на 1 га соответственно;  $N$  – общее число подроста, включая сухие, на 1 га. При показателе  $L = 100$ –80% участок склона оценивали, как устойчивый, при 79–50% – устойчивость ослаблена, при 49–20% – устойчивость сильно ослаблена и ниже 20% – неустойчивый склон.

#### Результаты исследования и их обсуждение

Оценивать устойчивость защитных лесных насаждений на склоновых землях только по показателям изменений состава и структуры растений крайне недостаточно. Необходимо расширить классическое понимание изменений, не ограничиваясь лишь

изучением видового состава древесно-кустарниковой и травянистой растительности с динамикой степени представленности отдельных видов. В данной работе предлагается использовать данные по зарастанию склонов в зависимости от степени их дигрессии под воздействием эрозии как показатель устойчивости склона. В зависимости от степени дигрессии склоновых участков под воздействием эрозии меняется видовой и количественный состав растительности. Под дигрессией в данной работе понимается ухудшение состояния экосистем склонов под воздействием водной эрозии. Согласно нашей концепции естественное зарастание склона древесной растительностью находится в зависимости от типов условий местопроизрастания (ТУМ). Условия роста и развития растений на склоне зависят от степени дигрессии плодородного слоя почвы на склоне. На стадии самосева, всходов и подроста требования растений к условиям среды постоянно меняются. Приведенные на рис. 1 данные показывают снижение количества всходов и подроста на склонах в зависимости от стадии дигрессии, что объясняется неоднородностью типов условий местопроизрастания в результате плоскостной эрозии, нарушением целостности живого почвенного покрова и ухудшением почвенно-экологических условий для роста растений [9, 10]. Зарастание склона в Новочеремшанском лесничестве Цильнинского района Ульяновской области на солнечной экспозиции отличается не только снижением обилия и встречаемости, но и сменой доминирующих видов древесных растений. В составе самосева встречаются семена сосны обыкновенной, березы повислой, клена американского, липы мелколистной, вяза гладкого, ели европейской, клена остролистного, ольхи серой. На стадии всходов численность древесных растений сокращается почти в два раза, по стадиям дигрессии, всходы липы мелколистной, вяза гладкого, клена остролистного, ели европейской не могут развиваться из-за высокой температуры и недостатка влаги в почве. Доминирующими видами на стадии подроста на световых склонах являются клен американский, береза повислая, а в низовых ТУМ встречаются самосев сосны обыкновенной.

Количество всходов на пробных участках, по сравнению с числом семян в 2–4 раза меньше в зависимости от степени дигрессии склона. На участках II–IV степени дигрессии самосев древесных растений 93–100%,

встречаемость всходов – от 53 до 100%, а встречаемость подростка от 10 до 48%. Аналогичные данные получены по показателям встречаемости и обилия. Сопоставление встречаемости видов по экспозициям склонов показало неоднородность соотношений фактического их количества по подрайонам. На световых склонах (южной и западной экспозиций) количество здорового подростка почти в 2 раза меньше по сравнению с теньевыми (северной и восточной экспозиций). Данная закономерность сохраняется по всем изученным почвенно-экологическим подрайонам лесостепи Приволжской возвышенности. На примере опытных участков в Ильинском лесничестве Минприроды Чувашской Республики наглядно видна зависимость по-

казателя встречаемости самосева, всходов и подростка от степени дигрессии склона (рис. 2).

Жизненное состояние подростка определяет успешность формирования насаждения на склонах. В зависимости от экспозиции склона показатели жизненного состояния меняются. Количественная оценка степени зарастания по показателям подростка и качественной их характеристики дают представление о соответствии лесорастительных условий склона экологическим требованиям древесных пород. Представленные в исследовании участки кроме восточного и западного склонов в Ильинском лесничестве Чувашской Республики относятся к ослабленным склонам по устойчивости (рис. 3–5).

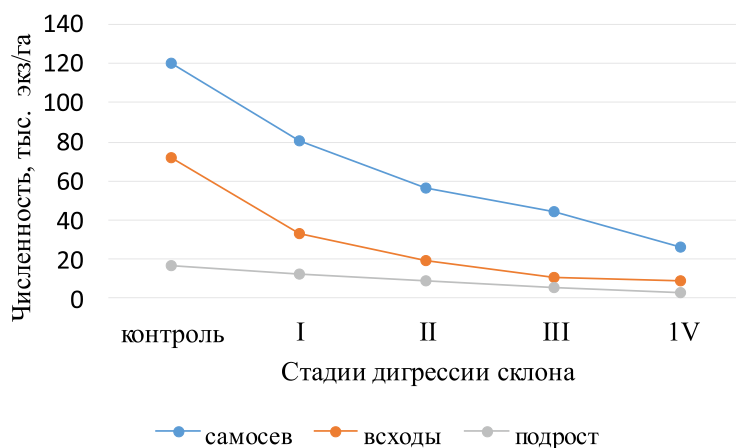


Рис. 1. Изменения числа растений на стадии самосева, всходов и подростка при зарастании склона в зависимости от степени дигрессии

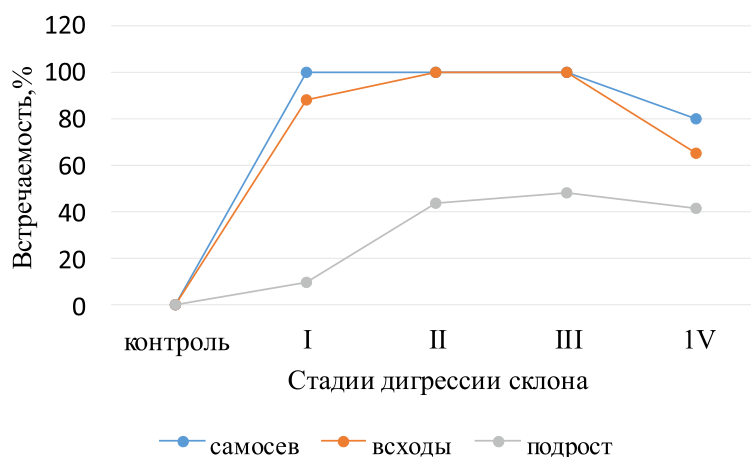


Рис. 2. Изменения показателей встречаемости при зарастании склона в зависимости от степени дигрессии (Ильинское лесничество Минприроды Чувашской Республики)



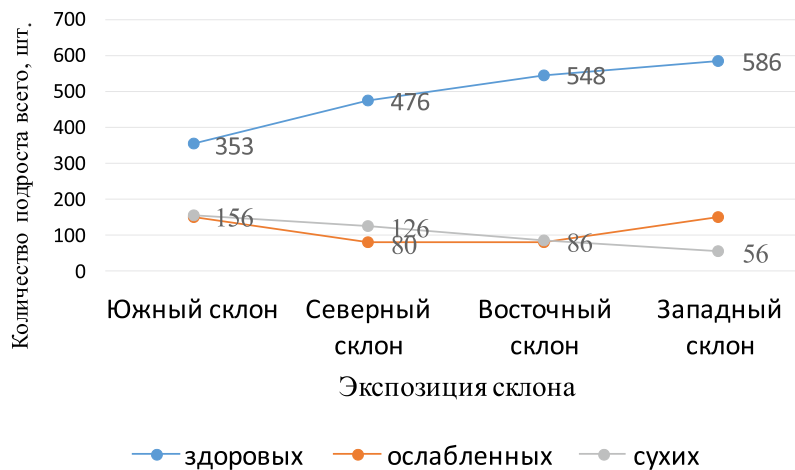


Рис. 3. Жизненное состояние подростов по экспозициям склона в Приволжском подрайоне (Ильинское лесничество Минприроды Чувашской Республики)

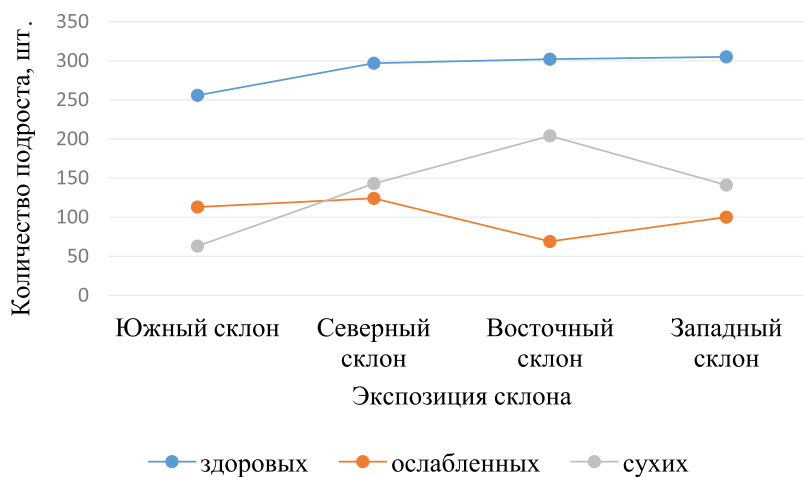


Рис. 4. Жизненное состояние подростов по экспозициям склона в Кубня-Булинском подрайоне (Ульяновская область)

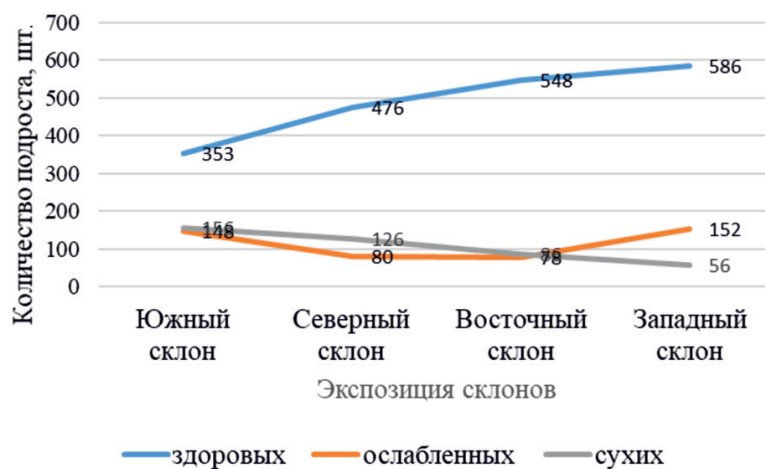


Рис. 5. Жизненное состояние подростов по экспозициям склона в Приволжском подрайоне (Республика Марий Эл)

Количество сухого и ослабленного подроста на южных склонах значительно выше по сравнению с западными и восточными склонами. Необходимо отметить, что количество ослабленных и сухих деревьев в сумме составляет 70,4% от общего количества подроста на склонах южной экспозиции в Кубня-Булинском подрайоне (Ульяновской области), в то время как этот показатель для южных районов Республики Марий Эл и северных районов Чувашской Республики составляет 26,8% (Приволжском подрайоне).

### Выводы

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Выделены четыре стадии дигрессии склоновых участков: к первой стадии относятся участки, на которых нарушенная плоскостной эрозией площадь составляет 15–30%; ко второй – 31–45%; к третьей – 46–60%; к четвертой – более 60%.

2. При высоких показателях числа самосева, количество растений на стадии всходов и подроста на склонах меняется в зависимости от стадии дигрессии склоновой поверхности.

3. В зависимости от экспозиции склона и лесорастительного подрайона в лесостепи Приволжской возвышенности меняется соотношение здоровых, ослабленных и сухих растений. На световых склонах (южной и западной экспозиции) число сухого и ослабленного подроста достигает до 70%, а на теневых склонах (северной и восточной экспозиции) в пределах 21–29%, что может выступать показателем устойчивости склонов.

### Список литературы / References

1. Жукова Л.А., Полянская Т.А. Экологическое разнообразие бореальной лесной и бореальной опушечной эколого-ценоотической группы лесных растений // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2010. Т. 5. № 1. С. 140–146.
2. Данилов-Данильян В.И. Об устойчивости экосистем // Экосистемы: экология и динамика. 2018. Т. 2. № 1. С. 5–12.
3. Маштак Д.А., Автономов А.Н., Проездов П.Н. Концепция создания противозерозионных защитных лесных насаждений в лесостепи Приволжской возвышенности // Успехи современного естествознания. 2018. № 6. С. 37–42.
4. Титлянова А.А. Устойчивость травяных экосистем // Сибирский экологический журнал. 2009. № 2. С. 237–243.
5. Titlyanova A.A. Stability of grassland ecosystems // Contemporary Problems of Ecology. 2009. № 2. P. 119–123. DOI: 10.1134/S1995425509020052.
6. Жукова Л.А., Полянская Т.А. О некоторых подходах к прогнозированию перспектив развития ценопопуляций растений // Вестник ТвГУ. Серия: Биология и экология. 2013. № 32. С. 160–171.
7. Zhukova L.A., Polyanskaya T.A. About Some Approaches to Forecasting Prospects of Development Coenopopulation of Plants // Herald of Tver State University. Series: Biology and Ecology. 2013. Vol. 32. № 31. P. 160–171 (in Russian).
8. Побединский А.В. Изучение лесовосстановительных процессов. М.: Наука, 1966. 64 с.
9. Pobedinskij A.V. the Study of reforestation processes. M.: Nauka, 1966. 64 p. (in Russian).
10. Пак Л.Н., Бобринев В.П. Диагностика жизненного состояния подроста Сосны Крылова на гарях в Цасучейском бору // Успехи современного естествознания. 2014. № 9–1. С. 102–106.
11. Pak L.N., Bobrinev V.P. Diagnostics of the vitality of the undergrowth of Pine Krylov on burned in tsasucheyisky Boru // Advances in current natural sciences. 2014. № 9–1. P. 102–106 (in Russian).
12. Немченко В.А. Влияние крутизны и экспозиции склона на структуру и динамику лесостепных нагорных дубрав участка «Лес на Ворскле» заповедника «Белогорье» // Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 130-летию со дня рождения В.В. Алехина г. Курск, пос. Заповедный (15–18 января 2012). Курск, 2012. С. 126–131.
13. Nemchenko V.A. The influence of the steepness and the exposure of the slope on the structure and dynamics of forest-steppe upland oak forests of the «Forest on Vorskla» reserve «Belogorie» // Proceedings of the international scientific and practical conference dedicated to the 130-th anniversary of the birth of V. Alekhine Kursk-reserved village (15–18 January, 2012). Kursk, 2012. P. 126–131 (in Russian).
14. Автономов А.Н. Диагностика устойчивости травянистой растительности на землях склонов экзогенного происхождения // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 6. [Электронный ресурс]. URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=11536> (дата обращения: 16.02.2019).
15. Avtonomov A.N. Diagnostics of herbaceous vegetation on the lands of exogenous origin slopes. // Modern problems of science and education. 2013. № 6. [Electronic resource]. URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=11536> (date of access: 16.02.2019) (in Russian).

УДК 631.811:633.13

## ОПТИМИЗАЦИЯ ДОЗЫ, ВЫНОС И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ ОВСОМ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ПРИМЕНЕНИИ УДОБРЕНИЙ

Окорков В.В., Фенова О.А., Окоркова Л.А.

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

В четырех ротациях 8- и 7-польных севооборотов изучено влияние удобрений на урожайность овса, химический состав основной и побочной продукции его, вынос основных элементов питания зерном и соломой, коэффициенты использования азота,  $P_2O_5$  и  $K_2O$  минеральных и последействия органических удобрений. Показана решающая роль азота полного минерального удобрения на урожайность этой культуры. Наиболее окупаемым было применение дозы  $N_{40}P_{40}K_{40}$  и сочетание её с последействием органических удобрений. С ростом доз последействия навоза окупаемость 1 кг д.в. минеральных удобрений прибавкой урожая повышалась в 1,35 раза. Содержание сырого белка в зерне овса увеличивалось с ростом доз азота в составе NPK и органических удобрений. Применение под овес полного минерального удобрения в дозах  $N_{40}P_{40}K_{40}$  и  $N_{80}P_{80}K_{80}$  не обеспечивало положительный баланс азота. Для этого минеральные удобрения необходимо сочетать с органическими. В 8-польном севообороте по пропашному предшественнику коэффициент использования овсом последействия азота навоза при сочетании с  $N_{40}P_{40}K_{40}$  варьировал от 4,4 до 7,2%, с  $N_{80}P_{80}K_{80}$  – от 7,2 до 10,8%. Он возрастал с уменьшением доз навоза. В 7-польном севообороте (1-й год последействия навоза) более высокие коэффициенты использования последействия азота навоза, достигающие 7,4–11,6%, наблюдали при сочетании его с  $N_{40}P_{40}K_{40}$ . При измельчении и запахивании соломы зерновых культур при применении  $N_{40}P_{40}K_{40}$  во всех ротациях наблюдали отрицательный баланс азота и положительный  $K_2O$ , лишь в 4-й ротации – отрицательный баланс  $P_2O_5$ . При сочетании той же дозы NPK с последействием 40–80 т/га навоза, вносимого в занятый пар, баланс всех элементов питания под овсом был близок к нулевому или был положительным.

**Ключевые слова:** серая лесная почва Ополья, овёс, система удобрения, севообороты, эффективное плодородие

## DOSE OPTIMIZATION, REMOVAL AND USE OF NUTRIENTS BY OAT UNDER LONG-TERM USE OF FERTILIZERS

Okorkov V.V., Fenova O.A., Okorkova L.A.

Upper Volga Federal Agricultural Scientific Center, Novij, Vladimir region,  
e-mail: okorkovvv@yandex.ru

In 4 rotations of 8-and 7-field crop rotations, the influence of fertilizers on the yield of oats, the chemical composition of its main and by-products, the removal of the main nutrients by grain and straw, the use coefficients of nitrogen,  $P_2O_5$  and  $K_2O$  mineral and the aftereffect of organic fertilizers were studied. The decisive role of nitrogen of complete mineral fertilizer on the yield of this crop is shown. The use of a dose of  $N_{40}P_{40}K_{40}$  and its combination with the aftereffect of organic fertilizers was the most recouped. With the increase in doses of manure aftereffect, the payback of 1 kg of mineral fertilizers increased by 1.35 times. The content of crude protein in oat grain increased with increasing doses of nitrogen in the NPK and organic fertilizers. Application under oats of mineral fertilizers in doses  $N_{40}P_{40}K_{40}$  and  $N_{80}P_{80}K_{80}$  did not provide a positive nitrogen balance. To do this, mineral fertilizers should be combined with organic. In the 8-field crop rotation on the tilled predecessor, the coefficient of oat use of the aftereffect of manure nitrogen in combination with  $N_{40}P_{40}K_{40}$  varied from 4.4 to 7.2%, with  $N_{80}P_{80}K_{80}$  – from 7.2 to 10.8%. It increased with decreasing doses of manure. In the 7-field crop rotation (1st year of manure aftereffect), higher manure nitrogen aftereffect utilization rates, reaching 7.4–11.6%, were observed when combined with  $N_{40}P_{40}K_{40}$ . When grinding and plowing straw of grain crops in the application of  $N_{40}P_{40}K_{40}$  in all rotations a negative balance of nitrogen and positive  $K_2O$ , only in the 4th rotation a negative balance of  $P_2O_5$  observed. When combined with the same dose of NPK with the aftereffect of 40–80 t/ha of manure introduced into the occupied fallow, the balance of all nutrients under oats was close to zero or positive.

**Keywords:** gray forest soils of Opolye, oats, fertilization system, crop rotation, effective fertility

Ценной продовольственной культурой в зоне Верхневолжья является овес. Он имеет большое значение при производстве продуктов питания и в животноводстве, где используется в качестве фуража, зеленого корма, сена, особенно в смеси с однолетними бобовыми культурами (яровой викой и горохом). Смешанные посевы овса с однолетними бобовыми культурами относятся к наилучшим парозанимающим культурам.

В севообороте овес лучше размещать после пропашных (картофеля) или зерно-

вых бобовых культур, так как он потребляет много азота. Высокие урожаи овса получают при размещении после зерновых культур, посеянных по удобренным парам [1].

В работах [1, 2] для получения урожайности овса 30–35 и 38–45 ц/га при нормальных и интенсивных технологиях рекомендуется внесение 40–70 и 60–90 кг/га азота минеральных удобрений. В этом случае предшественниками являются озимые и пропашные культуры, под которые рекомендуется внесение 80 т/га органиче-

ских удобрений. При внесении под овес  $N_{30}P_{30}K_{30}$  на плакорных серых лесных почвах Ополя урожайность овса варьировала от 35,0 до 36,4, а на серых лесных почвах со вторым гумусовым горизонтом – от 38,8 до 42,7 ц/га [3]. В то же время на дерново-подзолистых почвах Верхневолжья при этой дозе удобрений урожайность овса повышалась с 17,7 до 21,0 ц/га, а при сочетании с защитой от болезней – до 24,7–27,5 ц/га [4]. Дозы азотных удобрений 45–60 кг/га N под овес на серых лесных почвах рекомендуются и в работе [5].

На дерново-подзолистых почвах Новозыбковской сельскохозяйственной опытной станции ВНИИ люпина [6] в 8-польном зерноотравно-пропашном севообороте изучалось влияние доз азотно-калийных удобрений ( $N_{60}K_{60}$  и  $N_{90}K_{90}$ ) на качество зерна овса, идущего после картофеля. При применении  $N_{90}K_{90}$  по сравнению с контролем в зерне овса наблюдали увеличение содержания сырого белка. По содержанию нитратов в нем превышения ПДК не установлено.

На серых же лесных почвах Верхневолжья данных о влиянии доз вносимых удобрений на химический состав продукции овса, размерах выноса ей элементов питания, их использовании недостаточно для разработки оптимальных доз удобрений под эту культуру.

Цель исследования: на серых лесных почвах Ополя оценить влияние различных доз минеральных и последствий органических удобрений на урожайность и химический состав продукции овса, идущего после удобренных разными дозами навоза озимых (яровых) и пропашных культур, вынос ей основных элементов питания и коэффициенты их использования.

#### Материалы и методы исследования

Многолетний стационарный опыт был заложен на серых лесных почвах в 1991–1993 гг. [7]. В опыте на фоне известности изучали эффективность как видов и доз минеральных удобрений, так и доз подстильного навоза крупного рогатого скота, и их взаимодействие. В первой ротации наблюдения вели в 8-польном севообороте со следующим чередованием культур: занятой пар (викоовсяная смесь) – озимая рожь – картофель – овес с подсевом трав – травы 1-го года пользования – травы 2-го года пользования – озимая рожь – ячмень.

Почва опытных полей – серая лесная среднесуглинистая с содержанием гуму-

са 2,9–4,0%, подвижного фосфора (по Кирсанову) 130–200, обменного калия (по Масловой) 150–180 мг/кг почвы,  $pH_{KCl}$  5,1–5,5;  $N_T$  3,2–3,5, сумма поглощенных оснований 19,4–22,3 мг-экв/100 г почвы. В начале 1-й ротации провели известкование по полной гидролитической кислотности. На его фоне изучали влияние различных доз подстильного навоза (0, 40, 60 и 80 т/га), внесенного после уборки однолетних трав, а также минеральных удобрений (без удобрений, фосфорно-калийные, одинарная и двойная дозы NPK) и их сочетания на изменение агрохимических и физико-химических свойств в слое почвы 0–40 см [7].

Одинарная доза NPK под зерновые культуры, однолетние и многолетние травы была равна 40 кг/га каждого элемента питания, под картофель – 60, 60 и 80 кг/га; под травы 1-го года пользования азот вносили в дозе 40 кг/га и при двойной дозе NPK. Применяли аммиачную селитру, двойной суперфосфат (простой суперфосфат) и хлористый калий. Фосфорно-калийные удобрения вносили осенью под основную обработку почвы, азотные – весной под предпосевную культивацию под однолетние травы и яровые зерновые, в подкормку озимых и многолетних трав, под картофель – весной под вспашку.

Во 2-й ротации севооборота (2000–2008 гг.) под однолетние травы вместо  $N_{40}P_{40}K_{40}$  и  $N_{80}P_{80}K_{80}$  весной вносили только аммиачную селитру в дозах 60 и 75 кг/га азота (PK удобрения не применяли), а после распашки трав 2-го года пользования (2004–2006 гг.) высевали яровую пшеницу. Доза фосфорно-калийных удобрений под нее составила  $P_{60}K_{60}$ , одинарная доза полного минерального –  $N_{60}P_{60}K_{60}$ , двойная доза –  $N_{120}P_{120}K_{120}$ .

В третьей и четвертой ротациях после занятого пара высевали озимую (яровую) пшеницу, исключили пропашную культуру, под зерновые культуры, идущие после трав 2-го года пользования, применяли следующие дозы удобрений:  $P_{40}K_{40}$ ,  $N_{40}P_{40}K_{40}$ ,  $N_{80}P_{80}K_{80}$ . Во второй и последующих ротациях исследования вели по последствию известкования.

Во всех четырех ротациях солому зерновых культур измельчали и запахивали.

Агрохимические анализы выполняли по методикам, изложенным в работе [8]. Статистическую обработку результатов проводили с использованием программ STAT VIUA и EXCEL.

**Результаты исследования  
и их обсуждение**

В 1-й ротации 8-польного севооборота (табл. 1) при варьировании гидротермического коэффициента (ГТК) от 1,05 до 1,48, суммы осадков за период вегетации от 239 до 326 мм, суммы активных температур от 1731 до 2253 °С, средняя урожайность зерна овса в вариантах без удобрений варьировала от 25,6 до 27,1 ц/га з.е. (от 32,0 до 33,9 ц/га зерна) (табл. 2). Рост ГТК с 1,28 до 1,55 и среднегодовых осадков с 275 до 353 мм во 2-й ротации способствовали увеличению средней урожайности овса в соответствующих вариантах с 25,6–27,1 до

33,8–34,3 ц/га з.е. (до 42,2–42,9 ц/га зерна). Это совпадает с отзывчивостью этой культуры на увлажнение.

В соответствии с погодными условиями (величиной ГТК) урожайность овса в 7-польном севообороте по сравнению с 8-польным в вариантах без применения удобрений снизилась с 30,0–30,4 до 26,6 ц/га з.е. Однако в вариантах с применением полного минерального удобрения и сочетанием его с последствием органических удобрений она не уменьшилась или несколько возросла. В итоге практически во всех вариантах окупаемость 1 кг д.в. минеральных удобрений прибавкой зерна овса (кг з.е.) в 3-й и 4-й ротациях была выше, чем в 1-й и 2-й.

**Таблица 1**

Распределение осадков, гидротермический коэффициент (ГТК) и сумма активных температур за годы исследований

Годы исследований	Осенние осадки (2-я декада сентября – 3-я декада октября), мм	Зимние и ранневесенние осадки (1-я декада ноября – 2-я декада апреля), мм	Осадки вегетационного периода (3-я декада апреля – 1-я декада сентября), мм	Сумма температур > 10 °С за май – 1-ю декаду сентября, °С	ГТК	Сумма осадков за год, мм
Среднегодулетние данные	93	205	296	2077	1,36	594
1993–1994	111	201	260	1731	1,48	573
1994–1995	73	245	326	2253	1,32	644
1995–1996	86	135	239	2164	1,05	460
Средние за 1-ю ротацию	90	194	275	2049	1,28	559
2001–2002	96	189	172	2087	0,82	457
2002–2003	163	171	472	2024	1,97	806
2003–2004	39	152	416	2047	1,87	607
Средние за 2-ю ротацию	99	171	353	2053	1,55	623
2008–2009	66	186	243	2228	1,09	495
2009–2010	155	182	374	2581	1,33	711
2010–2011	68	273	266	2376	1,10	607
Средние за 3-ю ротацию	96	214	294	2395	1,17	604
2015–2016	39	298	318	2347	1,28	655
2016–2017	87	239	347	1835	1,79	673
2017–2018	97	260	208	2327	0,89	514
Средние за 4-ю ротацию	74	266	291	2170	1,32	614

Таблица 2

Влияние удобрений на урожайность зерна овса (ц/га) и их окупаемость

Вариант опыта	8-польный зернотравяно-пропашной севооборот			7-польный зернотравяной севооборот			Окупаемость 1 кг д.в. минеральных удобрений зерном овса, кг	
	1-я ротация, 1994–1996 гг.	2-я ротация, 2002–2004 гг.	Среднее	3-я ротация, 2009–2011 гг.	4-я ротация, 2016–2018 гг.	Среднее	1-я и 2-я ротации	3-я и 4-я ротации
1. Контроль	33,9	42,2	38,0	29,8	36,9	33,4	–	–
2. Известь (фон – Ф)	32,0	42,9	37,4	29,2	37,2	33,4	–	–
3. P <sub>40</sub> K <sub>40</sub>	34,3	45,2	39,8	29,9	39,5	34,7	2,8	1,9
4. N <sub>40</sub> P <sub>40</sub> K <sub>40</sub>	42,1	52,2	47,2	39,9	50,6	45,2	8,1	10,0
5. N <sub>80</sub> P <sub>80</sub> K <sub>80</sub>	45,0	52,9	49,0	47,9	51,8	49,8	4,8	6,9
6. Навоз 40 т/га (Н40)	34,5	47,2	40,8	35,1	40,4	37,8	–	–
7. Н60	39,1	49,1	44,1	38,2	43,0	40,6	–	–
8. Н80	36,6	48,0	42,3	36,2	45,6	40,9	–	–
9. Н40 + РК	35,5	48,2	41,8	36,0	41,0	38,5	5,5	6,5
10. Н40 + NPK	44,2	53,5	48,8	45,0	52,2	48,6	9,4	12,8
11. Н40 + 2NPK	47,6	53,2	50,4	50,4	54,4	52,4	5,4	8,0
12. Н60 + РК	35,6	50,1	42,8	38,5	44,8	41,6	6,8	10,5
13. Н60 + NPK	45,1	56,1	50,6	45,4	51,9	48,6	11,0	12,8
14. Н60 + 2NPK	45,8	53,8	49,8	49,8	53,6	51,2	5,1	7,5
15. Н80 + РК	38,5	50,5	44,5	38,4	48,4	43,4	8,8	11,0
16. Н80 + NPK	45,2	51,4	48,3	45,6	53,4	49,5	9,0	13,5
17. Н80 + 2NPK	46,0	54,2	50,1	49,9	54,5	52,2	5,2	7,9
НСР <sub>05</sub> , ц/га з.е.	1,9	6,4	4,2	3,5	3,1	3,3	–	–

Примечания. 1. Варианты с 3 по 17 на фоне извести. 2. Одинарная доза NPK составляла N<sub>40</sub>P<sub>40</sub>K<sub>40</sub>, двойная – N<sub>80</sub>P<sub>80</sub>K<sub>80</sub>.

Как на фоне последствий органических удобрений, так и самостоятельно вносимое полное минеральное удобрение было наиболее окупаемым при применении одинарной дозы его. На фоне органических удобрений окупаемость минеральных удобрений была заметно выше, чем одних минеральных. Так, в 1-й и 2-й ротациях 8-польного севооборота средняя окупаемость 1 кг д.в. полного минерального удобрения (N<sub>40</sub>P<sub>40</sub>K<sub>40</sub>) прибавкой урожая составила 8,1 кг зерна овса. На фоне разных доз навоза для этой дозы NPK она возросла до 9,0–11,0 кг зерна/кг д.в. В 3-й и 4-й ротациях этот параметр в вариантах с последствием навоза возрос до 12,8–13,5 кг зерна/кг д.в. при 10,0 без навоза. Окупаемость одних фосфорно-калийных удобрений и двойной дозы NPK была достоверно более низкой, чем одинарной дозы NPK.

Видно также (табл. 2), что решающее влияние на урожайность овса оказало применение азота минеральных удобрений и последствие навоза.

Из данных табл. 3 следует, что при известковании серых лесных почв Ополья в зерне овса наблюдается тенденция роста сырого белка и снижения содержания P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, слабое влияние на содержание K<sub>2</sub>O и NO<sub>3</sub>. Применение РК удобрений по сравнению с фоном известкования несколько повышало в зерне овса содержание P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, не изменяло содержания нитратов. Полное минеральное удобрение N<sub>40</sub>P<sub>40</sub>K<sub>40</sub> несколько увеличивало содержание нитратов, но уменьшало содержание P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (за 1-ю и 2-ю ротации). При двойной дозе NPK в зерне овса заметно возросло содержание сырого белка и нитратов, в 1-й и 2-й ротациях снизилось содержание K<sub>2</sub>O.

Таблица 3

Влияние удобрений на содержание сырого белка,  $P_2O_5$ ,  $K_2O$  и нитратов в зерне овса в четырех ротациях севооборотов, %

Вариант	Сырой белок, %		$P_2O_5$ , %		$K_2O$ , %		$NO_3$ , мг/кг	
	Среднее за 1 и 2 ротации	Среднее за 3 и 4 ротации	Среднее за 1 и 2 ротации	Среднее за 3 и 4 ротации	Среднее за 1 и 2 ротации	Среднее за 3 и 4 ротации	Среднее за 1 и 2 ротации	Среднее за 3 и 4 ротации
Контроль	10,1	10,2	0,91	1,08	0,63	0,56	43,2	39,8
Известь	10,4	10,4	0,88	1,05	0,62	0,56	41,6	37,6
РК	9,5	10,4	0,90	1,10	0,62	0,57	43,9	39,6
НПК	10,5	10,9	0,81	1,08	0,63	0,55	47,6	44,5
2 НПК	11,3	12,0	0,87	1,13	0,54	0,59	85,8	55,4
$H_{40}$	10,5	10,6	0,89	1,10	0,58	0,59	42,4	40,3
$H_{60}$	10,1	10,8	0,86	1,11	0,59	0,58	44,1	41,0
$H_{80}$	10,5	10,8	0,86	1,13	0,59	0,58	42,3	39,9
$H_{40}$ + РК	9,9	10,5	0,89	1,10	0,66	0,57	48,2	41,0
$H_{40}$ + НПК	11,1	11,6	0,87	1,10	0,60	0,58	56,5	50,7
$H_{40}$ + 2 НПК	11,9	11,9	0,91	1,10	0,59	0,58	88,2	59,3
$H_{60}$ + РК	10,3	10,7	0,88	1,13	0,63	0,59	47,5	43,8
$H_{60}$ + НПК	11,3	11,7	0,87	1,10	0,58	0,58	55,7	48,7
$H_{60}$ + 2 НПК	12,2	12,1	0,87	1,11	0,64	0,61	101,5	64,1
$H_{80}$ + РК	10,5	10,9	0,88	1,14	0,69	0,59	50,6	49,7
$H_{80}$ + НПК	11,4	11,6	0,85	1,08	0,65	0,57	59,0	54,1
$H_{80}$ + 2 НПК	12,3	12,1	0,90	1,12	0,61	0,59	108,9	64,9

По сравнению с фоном известкования органические удобрения слабо повышали содержание сырого белка, особенно в зернотравном севообороте, и в 3-й и 4-й ротациях – содержание  $P_2O_5$ , не изменяли концентрацию  $K_2O$  и нитратов. С ростом доз органических удобрений при сочетании с РК наблюдали тенденцию роста содержания сырого белка,  $P_2O_5$  (3-я и 4-я ротации), слабое возрастание нитратов с 37,6–41,6 до 49,7–50,6 мг/кг зерна. При сочетании одинарной дозы НПК с возрастающими дозами навоза установлено повышение в зерне овса сырого белка (с 10,4 до 11,7%), нитратов – с 37,6–41,6 до 54,1–59,0 мг/кг зерна. При сочетании  $N_{80}P_{80}K_{80}$  с последствием навоза происходили дальнейший рост в зерне сырого белка (до 12,1–12,3%) и нитратов (с 37,6–41,6 до 64,9–109 мг/кг), содержания  $P_2O_5$  (с 0,88–1,05 до 0,91–1,12%). Резкое повышение содержания нитратов в зерне овса произошло во 2-й ротации, которая характеризовалась более сильным увлажнением вегетационных периодов.

Из данных табл. 4 видно, что средний вынос азота с отчуждаемой продукцией

(зерном овса) по ротациям севооборота варьировал от 56 до 116 кг/га, возрастал с уровнем интенсификации. При этом важно, что в вариантах применения одинарной и двойной доз полного минерального удобрения он превышал дозы внесения в почву азота (табл. 2), т.е. баланс по азоту был отрицательным.

Это подтверждается балансовыми коэффициентами использования азота (отношение хозяйственного выноса азота к дозе его применения), которые были выше единицы [9]. При совместном применении полного минерального удобрения с навозом баланс азота под овсом был положительным. При внесении только 40 т/га навоза в занятом пару в 8-польном севообороте вынос азота культурой превышал его поступление в почву.

Суммарный вынос азота зерном и соломой овса (табл. 5) в 1-й, 3-й и 4-й ротациях севооборотов варьировал от 73,3 до 181 кг/га, а во 2-й в наиболее влажные годы – от 148 до 294 кг/га. В эти годы разностные коэффициенты использования 40 и 80 кг/га азота составили соответственно 175 и 138%. Они

свидетельствовали о высоком потреблении овсом минерального азота в результате интенсивной трансформации легкогидролизуемого азота почвы после пропашной культуры. В 3-й и 4-й ротациях по сравнению

с 1-й и 2-й заметно снизился разностный коэффициент использования азота одинарной дозы NPK (с 127 до 84,2%). Для азота двойной дозы NPK это снижение было невысоким (с 93,2 до 84,5%).

Таблица 4

Влияние удобрений на вынос азота зерном овса по ротациям севооборотов

Вариант	Вынос N зерном овса, кг/га				Вариант	Вынос N зерном овса, кг/га			
	1-я ротация	2-я ротация	3-я ротация	4-я ротация		1-я ротация	2-я ротация	3-я ротация	4-я ротация
Контроль	59,3	77,8	56,3	60,3	H <sub>40</sub> + NPK	86,4	107	96,5	96,7
Известь	58,9	79,0	55,7	61,0	H <sub>40</sub> + 2NPK	101	112	110	103
PK	57,8	77,1	58,8	63,4	H <sub>60</sub> + PK	63,7	93,5	75,7	76,4
NPK	74,5	103	80,8	85,9	H <sub>60</sub> + NPK	87,9	116	99,6	95,6
2 NPK	88,2	107	106	100	H <sub>60</sub> + 2 NPK	101	112	107	104
H <sub>40</sub>	62,8	88,9	67,3	68,0	H <sub>80</sub> + PK	70,8	95,4	75,9	85,2
H <sub>60</sub>	66,5	92,9	74,3	74,0	H <sub>80</sub> + NPK	89,6	107	97,0	98,3
H <sub>80</sub>	65,8	95,5	70,1	78,7	H <sub>80</sub> + 2 NPK	102	116	115	107
H <sub>40</sub> + PK	61,4	87,0	69,8	68,4					

Таблица 5

Влияние удобрений на вынос азота основной и побочной продукцией и коэффициенты использования его овсом с подсевом многолетних трав по ротациям севооборотов

Вариант	Вынос N зерном и соломой по ротациям, кг/га				K <sub>исп</sub> N по ротациям, %	
	1-я, 1994–1996 гг.	2-я, 2002–2004 гг.	3-я, 2009–2011 гг.	4-я, 2016–2018 гг.	Среднее за 1 и 2 ротации	Среднее за 3 и 4 ротации
Контроль	73,3	148	89,1	77,0	–	–
Известь	78,4	162	82,4	77,3	–	–
PK	74,4	164	89,6	79,5	–	–
NPK	110	232	119	108	127	84,2
2 NPK	117	272	159	136	93,2	84,5
H <sub>40</sub>	80,9	176	103	87,6	4,8	8,5
H <sub>60</sub>	92,7	190	115	93,9	8,2	9,0
H <sub>80</sub>	81,7	187	112	102	4,2	7,6
H <sub>40</sub> + PK	83,4	172	104	87,0	4,9	6,0
H <sub>40</sub> + NPK	116	250	147	122	7,0	11,6
H <sub>40</sub> + 2 NPK	142	285	169	138	10,8	3,2
H <sub>60</sub> + PK	87,9	177	119	95,2	5,1	8,4
H <sub>60</sub> + NPK	117	262	156	125	7,2	9,9
H <sub>60</sub> + 2 NPK	145	294	172	145	9,6	4,0
H <sub>80</sub> + PK	91,6	197	121	108	7,3	8,3
H <sub>80</sub> + NPK	117	255	152	128	4,4	7,4
H <sub>80</sub> + 2 NPK	145	294	181	149	7,2	4,8

Примечание. В вариантах 4 и 5 представлены данные по разностным коэффициентам использования азота минеральных удобрений, в 6–17 – разностные коэффициенты использования азота органических удобрений.



Таблица 6

Влияние удобрений на вынос  $P_2O_5$  основной продукцией овса по ротациям севооборотов

Вариант	Вынос $P_2O_5$ зерном овса, кг/га				Вариант	Вынос $P_2O_5$ зерном овса, кг/га			
	1-я рота-ция	2-я рота-ция	3-я рота-ция	4-я рота-ция		1-я рота-ция	2-я рота-ция	3-я рота-ция	4-я рота-ция
Контроль	32,5	34,3	30,5	45,2	$H_{40} + NPK$	42,5	41,4	46,4	63,6
Известь	29,4	36,0	27,6	45,9	$H_{40} + 2 NPK$	50,0	41,0	53,4	67,6
PK	31,3	40,6	30,5	49,7	$H_{60} + PK$	32,0	43,1	42,5	56,4
NPK	34,5	41,8	41,7	60,1	$H_{60} + NPK$	43,3	43,5	47,7	64,0
2 NPK	42,8	41,8	51,7	66,5	$H_{60} + 2 NPK$	43,5	42,1	52,6	67,8
$H_{40}$	31,1	39,4	35,0	48,3	$H_{80} + PK$	37,0	40,9	41,4	61,5
$H_{60}$	36,0	39,4	40,1	52,4	$H_{80} + NPK$	42,6	39,3	48,1	63,0
$H_{80}$	33,7	38,5	39,0	56,9	$H_{80} + 2 NPK$	46,0	43,5	55,4	70,8
$H_{40} + PK$	32,7	40,9	38,8	49,4					

В 1-й и 2-й ротациях во 2-й год последействия навоза разностный коэффициент использования его азота при применении 60 т/га навоза был выше, чем при применении 40 и 80 т/га навоза. Он был более высоким и при сочетании доз навоза 40 и 60 т/га с минеральными удобрениями. Средний разностный коэффициент использования азота навоза (по трем дозам) закономерно возрастал с 5,8 от влияния РК до 9,2% от влияния 2 NPK, то есть продолжало наблюдаться мобилизующее действие высоких доз минерального азота на почвенный азот. В целом же на серых лесных почвах Ополья на 3-й год действия навоза разностные коэффициенты использования его азота в зернотравяно-пропашном севообороте не превышали 11% (сочетание двойной дозы NPK с 40 т/га навоза).

В 3-й и 4-й ротациях зернотравяного севооборота (2-й год действия навоза) максимальная величина коэффициента использования азота навоза наблюдалась при дозе его внесения 60 т/га (9,0%). При этой дозе навоза выявлен и максимальный коэффициент использования азота навоза (7,8%) на фоне применения четырех доз минеральных удобрений (0, РК, NPK, 2 NPK). По сравнению с применением только навоза РК удобрения несколько снижали коэффициент использования азота навоза (с 8,4 до 7,6%), одинарная доза NPK повышала его до 9,6% а двойная доза NPK снижала до 4,0%. По 2-му году действия навоза коэффициенты использования азота его были ниже 11,6%. По сравнению с 3-м годом действия навоза они были более высокими в вариантах применения одних органических удобрений и сочетания их с РК и одинарной дозы NPK.

Высокая доза азота двойной дозы NPK сдерживала использование его из органических удобрений на 2-й год действия их, но повышала на 3-й год действия.

Из величин балансового коэффициента использования  $P_2O_5$  одинарной дозы NPK по ротациям севооборотов (1-я – 86%, 2-я – 104, 3-я – 104, 4-я – 150%) следует (табл. 6), что в 1-й, 2-й и 3-й ротациях применяемая доза 40 кг/га  $P_2O_5$  в составе полного минерального удобрения обеспечивала близкий к нулевому баланс фосфора. Лишь в 4-й ротации из-за высокого содержания  $P_2O_5$  в зерне овса, связанного с неблагоприятными погодными условиями для оптимального выполнения зерновок овса, наблюдали отрицательный баланс фосфора. С увеличением дозы  $P_2O_5$  в составе двойной дозы NPK балансовый коэффициент использования фосфора становился менее 100%, что свидетельствовало об обогащении серой лесной почвы фосфором. Учитывая восстановительную способность серой лесной почвы Ополья около 25 кг/га  $P_2O_5$  ежегодно [7], следует считать одинарную дозу применения  $P_2O_5$  под овес в составе NPK оптимальной и в 4-й ротации севооборота.

В 8-польном зернотравяно-пропашном севообороте вынос фосфора зерном и соломой овса варьировал от 47,6 до 79,2 кг/га, увеличиваясь с повышением уровня применения удобрений (табл. 7). Разностный коэффициент использования фосфора РК-удобрений составил 9,8%. При применении такой же дозы  $P_2O_5$  в составе NPK наблюдали резкое повышение урожайности этой культуры (табл. 2), что увеличивало вынос  $P_2O_5$  и коэффициент его использования из

минеральных удобрений с 9,8 до 20,2%. Близкую величину его получили и при применении двойной дозы  $P_2O_5$  в составе полного минерального удобрения, что обусловлено дальнейшим ростом урожайности овса, повышением выноса  $P_2O_5$  основной и побочной продукцией.

Средний коэффициент использования фосфора навоза 2-го года последствия за 1-ю и 2-ю ротации в вариантах опыта варьировал от 0 до 6,6%. Он был максимальным при сочетании одинарной дозы NPK с последствием дозы навоза 60 т/га (6,6%). При сочетании РК удобрений с органическими удобрениями его величина была минимальной (0–2,7%), так как в сравнении с РК удобрениями урожайность овса от последствия навоза заметно повышалась лишь во 2-й ротации (табл. 2). Средний коэффициент использования  $P_2O_5$  одних органических удобрений составил 3,5%, сочетания с двойной дозой NPK – 3,8%. В целом по опыту за 1-ю и 2-ю ротации при сочетании органических удобрений с минераль-

ными более полно использовался фосфор последствия 60 т/га навоза (4,8%).

В 3-й и 4-й ротациях коэффициент использования  $P_2O_5$  одинарной дозы NPK достигал 39,4% двойной дозы – 35,6%. Использование  $P_2O_5$  одних фосфорно-калийных удобрений составляло 14,6%. Эти данные совпадают с изменением коэффициента использования этого элемента питания по ротациям севооборотов [7].

В 3-й и 4-й ротациях коэффициент использования  $P_2O_5$  1-го года последствия органических удобрений был максимальным для одних органических удобрений (6,0%), снижался до 5,4% при сочетании с РК удобрениями, до 3,8 и 1,5% при сочетании с одинарной и двойной дозами NPK. Последствие разных доз органических удобрений в сочетании с минеральными было близким ( $K_{исп} P_2O_5$  навоза варьировал от 4,1 до 4,4%). Отметим, что высокий вынос  $P_2O_5$  зерном и соломой овса в 4-й ротации 7-польного севооборота связан со значительным выносом его подгоном и подседом.

Таблица 7

Влияние удобрений на вынос фосфора основной и побочной продукцией и коэффициент его использования овсом по ротациям севооборотов

Вариант	Вынос $P_2O_5$ зерном и соломой овса по ротациям, кг/га				Разностный $K_{исп} P_2O_5$ по ротациям	
	1-я, 1994–1996 гг.	2-я, 2002–2004 гг.	3-я, 2009–2011 гг.	4-я, 2016–2018 гг.	Среднее за 1 и 2 ротации	Среднее за 3 и 4 ротации
Контроль	47,6	53,1	45,6	80,9	–	–
Известь	51,0	57,2	43,0	81,2	–	–
РК	53,6	62,4	47,0	88,9	9,8	14,6
NPK	54,8	69,5	59,7	96,0	20,2	39,4
2 NPK	66,3	75,6	72,2	109	21,0	35,6
$H_{40}$	52,4	60,9	53,3	87,9	2,6	6,1
$H_{60}$	61,6	62,5	58,5	87,3	5,4	5,8
$H_{80}$	56,2	61,9	59,2	98,4	2,5	6,0
$H_{40} + РК$	52	62,4	58,1	90,8	0	5,5
$H_{40} + NPK$	63,3	71,9	65,3	102	5,5	4,2
$H_{40} + 2 NPK$	75	75,4	74,1	106	4,4	0,8
$H_{60} + РК$	49,4	67,6	61,6	96,4	1,8	5,8
$H_{60} + NPK$	70,3	73,7	68,0	101	6,6	3,4
$H_{60} + 2 NPK$	79,2	78,1	75,5	111	5,2	1,4
$H_{80} + РК$	62,3	64,5	62,1	99,2	2,7	4,8
$H_{80} + NPK$	72,2	70,0	69,0	107	4,5	3,7
$H_{80} + 2 NPK$	70,8	77,8	76,6	119	1,7	2,4

Примечание. В вариантах 4 и 5 представлены данные по разностным коэффициентам использования  $P_2O_5$  минеральных удобрений, в 6–17 – разностные коэффициенты использования последствия  $P_2O_5$  органических удобрений.

Более высокий коэффициент использования  $P_2O_5$  навоза при сочетании его с одинарной и двойной дозами NPK в 8-польном севообороте, чем в 7-польном, обусловлен более высоким мобилизирующим действием на почву азота минеральных удобрений при возделывании пропашной культуры.

В вариантах применения одинарной и двойной доз полного минерального удобрения баланс коэффициент использования  $K_2O$  был меньше 100% (табл. 8). Это свидетельствовало о том, что после зернового предшественника, солома которого измельчается и запахивается, на серых лесных почвах применение под овёс дозы  $K_2O$  40 кг/га в составе NPK является достаточным для обеспечения положительного или близкого к нулевому баланса  $K_2O$ . После пропашного предшественника с высоким потреблением калия для этого необходимы исследования и по размерам разностного коэффициента использования  $K_2O$  удобрений.

В 1-й и 2-й ротациях  $K_{исп}$   $K_2O$  в вариантах внесения фосфорно-калийных удобрений составил 18,8%. Резко возрастающая урожайность овса при применении той же дозы калия в составе полного минерального удобрения обеспечила более высокое потребление  $K_2O$ , особенно во 2-й ротации, и рост коэффициента использования за 2-ю ротацию до 104% (табл. 9). После пропашной культуры во влажные годы высокая урожайность овса, соответствующая запасам в почве минерального азота, способствовала значительному потреблению  $K_2O$  из почвы. Разностный коэффициент использования  $K_2O$  одинарной дозы NPK достигал 155%, то есть в эти годы значительную часть калия, соизмеримую с размерами ежегодной восстановительной способности (около

80 кг/га) [7], овес использовал из почвы. С учетом её, а также последствий удобрений можно считать, что эта доза калия не лимитировала урожайность этой культуры. При двойной дозе NPK увеличение дозы  $K_2O$  до 80 кг/га снизило  $K_{исп}$  её в среднем за 1-ю и 2-ю ротации до 64,2%.

В 3-й и 4-й ротациях после зернового предшественника коэффициенты использования  $K_2O$  при применении РК и двойной дозы NPK были такими же, как и в 1-й и 2-й ротациях, но заметно снизился  $K_{исп}$  дозы калия в составе одинарной дозы NPK (до 63,8%).

В 1-й и 2-й ротациях 8-польного севооборота коэффициенты использования  $K_2O$  навоза 3-го года действия варьировали от 0,2 до 9,2%. Наиболее высокими они были при сочетании органических удобрений с двойной дозой NPK, т.е. в вариантах с наиболее интенсивной трансформацией почвенного азота, наиболее низкими – в вариантах сочетания органических удобрений с РК. Близкие  $K_{исп}$  наблюдались при последствии одних органических удобрений и при их сочетании с одинарной дозой NPK. Более эффективно использовался калий при сочетании 60 т/га навоза с минеральными удобрениями. Коэффициенты использования  $K_2O$  навоза 1-го года последствия были более высокими, чем навоза 2-го года последствия, и варьировали от 3,2 до 12,9%. Коэффициенты использования калия одних органических удобрений, сочетания их с РК и одинарной дозой NPK были близкими (9,2–10,7%). Сочетание двойной дозы NPK с органическими удобрениями снижало их до 6,0%. Коэффициенты использования сочетания навоза с минеральными удобрениями снижались с 9,9 до 7,9% с увеличением доз внесения навоза с 40 до 80 т/га.

Таблица 8

Влияние удобрений на вынос  $K_2O$  зерном овса по ротациям севооборотов

Вариант	Вынос $K_2O$ зерно овса, кг/га				Вариант	Вынос $K_2O$ зерно овса, кг/га			
	1-я ротация	2-я ротация	3-я ротация	4-я ротация		1-я ротация	2-я ротация	3-я ротация	4-я ротация
Контроль	22,4	25,4	14,4	23,5	$H_{40} + NPK$	28,8	29,4	23,6	34,6
Известь	21,4	24,1	15,2	24,0	$H_{40} + 2 NPK$	30,0	28,7	27,8	36,4
РК	22,7	25,9	15,3	25,8	$H_{60} + РК$	24,9	28,0	20,6	29,9
NPK	28,2	30,1	19,8	32,9	$H_{60} + NPK$	27,1	31,3	23,6	35,9
2 NPK	24,3	28,2	25,0	35,1	$H_{60} + 2 NPK$	33,9	29,1	27,5	37,5
$H_{40}$	20,0	26,8	18,2	27,1	$H_{80} + РК$	30,4	29,4	19,1	34,1
$H_{60}$	23,9	27,5	19,9	28,6	$H_{80} + NPK$	34,0	28,3	24,1	34,8
$H_{80}$	22,0	27,8	19,0	30,2	$H_{80} + 2 NPK$	31,3	29,0	27,9	37,8
$H_{40} РК$	26,3	27,6	18,2	26,8					

Таблица 9

Влияние удобрений на вынос калия основной и побочной продукцией и коэффициент использования овсом по ротациям севооборотов

Вариант	Вынос $K_2O$ зерном и соломой овса по ротациям, кг/га				Разностный $K_{исп}$ $K_2O$ по ротациям	
	1-я, 1994–1996 гг.	2-я, 2002–2004 гг.	3-я, 2009–2011 гг.	4-я, 2016–2018 гг.	Среднее за 1 и 2 ротации	Среднее за 3 и 4 ротации
Контроль	108	153	116	145	–	–
Известь	126	167	106	141	–	–
PK	125	182	109	152	18,8	17,5
NPK	147	229	134	164	104	63,8
2 NPK	140	256	169	179	64,2	63,1
$H_{40}$	114	174	131	164	1,6	12,4
$H_{60}$	121	190	143	153	3,4	8,7
$H_{80}$	130	191	137	168	3,1	7,5
$H_{40}$ + PK	126	184	142	168	0,7	12,9
$H_{40}$ + NPK	139	243	156	175	3,1	11,2
$H_{40}$ + 2 NPK	154	266	179	181	5,2	3,2
$H_{60}$ + PK	110	183	153	167	0,2	10,4
$H_{60}$ + NPK	141	247	165	171	2,7	8,4
$H_{60}$ + 2 NPK	176	284	190	202	9,2	7,6
$H_{80}$ + PK	126	196	151	178	1,7	8,9
$H_{80}$ + NPK	147	238	170	179	1,0	8,0
$H_{80}$ + 2 NPK	160	273	195	209	4,0	7,2

Примечание. В вариантах 4 и 5 представлены данные по разностным коэффициентам использования  $K_2O$  минеральных удобрений, в 6–17 – разностные коэффициенты использования последствий  $K_2O$  органических удобрений.

### Выводы

На серых лесных почвах Ополя при возделывании овса после пропашной культуры в 8-польном и зерновой в 7-польном севооборотах с измельчением и запахиванием соломы зерновых культур без применения органических удобрений наиболее окупаема прибавкой урожая зерна овса доза полного минерального удобрения  $N_{40}P_{40}K_{40}$ . Однако она не обеспечивает положительный баланс азота. При сочетании последствий доз навоза 40–80 т/га под предшественник (картофель, зерновую культуру) с этой дозой NPK повышается окупаемость 1 кг д.в. минеральных удобрений в 8-польном севообороте с 8,1 до 11,0, в 7-польном – с 10,0 до 13,5 кг/га зерна.

Определены балансовые и разностные коэффициенты использования азота,  $P_2O_5$  и  $K_2O$  минеральных удобрений. Для дозы  $N_{40}P_{40}K_{40}$  балансовые коэффициенты использования были выше 100% для азота во всех ротациях, для  $P_2O_5$  – в 4-й ротации,

для  $K_2O$  – ниже 100% во всех ротациях. Для овса, идущего после пропашной культуры, при применении этой дозы создается дефицитный баланс по калию. Однако из-за восстановительной способности серой лесной почвы в отношении  $K_2O$  эта доза не лимитирует урожайность этой культуры.

В 8-польном севообороте по пропашному предшественнику  $K_{исп}$  овсом азота навоза (2-й год последствий) при сочетании с  $N_{40}P_{40}K_{40}$  варьировал от 4,4 до 7,2%, в 7-польном севообороте (1-й год последствий) – с 7,4 до 11,6%. В обоих случаях он уменьшался с ростом доз навоза. Соответствующие  $K_{исп} P_2O_5$  последствия навоза не превышали 6,6 и 4,2%,  $K_{исп} K_2O$  – 3,1 и 11,2%.

### Список литературы / References

1. Ильин Л.И., Окорков В.В., Ненайденко Г.Н. и др. Новые высокопродуктивные технологии возделывания овса в агроценозах Верхневолжья. Владимир, 2011. 40 с.

Ilyin L.I., Okorkov V.V., Nenajdenko G.N., etc. New highly productive technology of cultivation of oats in agrocenoses of Upper Volga. Vladimir, 2011. 40 p. (in Russian).

2. Семин И.В. Эколого-агрохимическая оценка органических и минеральных удобрений на серых лесных почвах: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Владимир, 2016. 26 с.
- Semin I.V. Ecological and agrochemical assessment of organic and mineral fertilizers on gray forest soils. Abstract. dis. ... kand. of agricultural sciences. Vladimir, 2016. 26 p. (in Russian).
3. Корчагин А.А., Винокуров И.Ю., Щукин И.М. Эффективность минеральных удобрений на комплексе серых лесных почв Владимирского ополя в зависимости от погодных условий // Владимирский земледелец. 2012. № 1 (59). С. 7–9.
- Korchagin A.A., Vinokurov I.Yu., Shchukin I.M. Efficiency of mineral fertilizers on the complex of gray forest soils of the Vladimir opole depending on weather conditions // Vladimir farmer. 2012. № 1(59). P. 7–9 (in Russian).
4. Леднев А.А. Влияние индуктора болезнестойкости и протравителей на урожайность и качество овса в условиях Верхневолжья // Актуальные проблемы развития агропромышленного комплекса в Верхневолжье. Сборник докладов Международной научно-практической конференции. ГНУ Владимирский НИИСХ Россельхозакадемии. 28–30 июня 2011 года, г. Суздаль: ГНУ Владимирский НИИСХ РАСХН, 2011. С. 295–302.
- Lednev A.A. Influence of disease resistance inductor and protectants on the yield and quality of oats in the conditions of the upper Volga region // Actual problems of development of agro-industrial complex in the upper Volga region. Collection of reports of the International scientific and practical conference. GNU Vladimir research Institute of agriculture RAAS. 28–30 June 2011. Suzdal: GNU Vladimirskij NIISX RASXN, 2011. P. 295–302 (in Russian).
5. Минеев В.Г., Сычев В.Г., Гамзиков Г.П., Шеуджен А.Х., Агафонов Е.В., Белоус Н.М., Егоров В.С., Подколзин А.И., Романенков В.А., Торшин С.П., Лапа В.В., Цыганов А.Р., Персикова Т.Ф., Сапаров А.С. Агрохимия. Учебник. М.: Изд-во ВНИИА имени Д.Н. Прянишникова, 2017. 854 с.
- Mineev V.G., Sy'chev V.G., Gamzikov G.P., Sheudzhen A.X., Agafonov E.V., Belous N.M., Egorov V.S., Podkolzin A.I., Romanenkov V.A., Torshin S.P., Lapa V.V., Cyganov A.R., Persikova T.F., Saparov A.S. Agrochemistry. Textbook. M.: Izd-vo VNIIA imeni D.N. Pryanishnikova, 2017. 854 p. (in Russian).
6. Воробьева Л.А., Корнев В.Б., Сердюкова К.А. Действие длительного применения минеральных удобрений на качество зерна овса, возделываемого на дерново-подзолистых песчаных почвах // Фундаментальные исследования по созданию новых средств химизации и наследие академика Д.Н. Прянишникова. Тезисы докладов Международной научно-практической конференции, посвященной 150-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова. М.: ВНИИА, 2015. С. 116–119.
- Vorobyeva L.A., Korenev V.B., Serdyukova K.A. The effect of long-term use of mineral fertilizers on the quality of oat grain cultivated on sod-podzolic sandy soils // Fundamental research on the creation of new means of chemization and the legacy of academician D.N. Pryanishnikov. Abstracts of the international scientific-practical conference devoted to the 150th anniversary of academician D.N. Pryanishnikov. Moscow: VNIIA, 2015. P. 116–119 (in Russian).
7. Окорков В.В., Окоркова Л.А., Фенова О.А. Удобрения и тренды в плодородии серых лесных почв Верхневолжья. «Верхневолжский ФАНЦ». Иваново: ПресСто, 2018. 228 с.
- Okorkov V.V., Okorkova L.A., Fenova O.A. Fertilizers and trends in fertility of gray forest soils of the Upper Volga region. Federal State Budgetary Institution «Upper Volga Federal Agricultural Scientific Center». Ivanovo: PresSto, 2018. 228 p. (in Russian).
8. Ягодина Б.А., Дерюгин И.П., Жуков Ю.П., Демин В.А., Петербургский А.В., Кидин В.В., Слипчик А.Ф., Кулюкин А.И., Саблина С.М. Практикум по агрохимии / Под ред. Б.А. Ягодина. М.: Агропромиздат, 1987. 512 с.
- Yagodin B.A., Deryugin I.P., Zhukov Yu.P., Demin V.A., Peterburgskij A.V., Kidin V.V., Slipchik A.F., Kulyukin A.I., Sablina S.M. Workshop on agricultural chemistry / Under the editorship of B.A. Jagodin. M.: Agropromizdat, 1987. 512 p. (in Russian).
9. Сафонов А.Ф., Гатаулин А.М., Платонов И.Г. Системы земледелия / Под ред. А.Ф. Сафонова. М.: Колос, 2006. 447 с.
- Safonov A.F., Gataulin A.M., Platonov I.G. Farming systems / Under the editorship of A.F. Safonov. M.: Kolos, 2006. 447 p. (in Russian).

УДК 632.954:633.854.78(470.61)

## ПРОДУКТИВНОСТЬ ГИБРИДОВ ПОДСОЛНЕЧНИКА ИНОСТРАННОЙ СЕЛЕКЦИИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СПОСОБА БОРЬБЫ С СОРНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТЬЮ В УСЛОВИЯХ НИЖНЕГО ДОНА

Фалынсков Е.М., Пойда В.Б., Збраилов М.А., Пискленова Е.К.

ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет», Персиановский,  
Ростовская область, e-mail: dongau@mail.ru, mail@dongau.ru

В статье приведены результаты изучения продуктивности гибридов подсолнечника селекции компаний Лимагрэн и Сингента, отличающихся сроком созревания, устойчивостью к гербицидам и назначением при использовании различных способов борьбы с сорной растительностью в условиях приазовской зоны Ростовской области. Для борьбы с сорняками использовалось внесение почвенного гербицида Дуал Голд + междурядная культивация и обработка гибридов подсолнечника, устойчивых к гербицидам Евро-Лайтнинг или Евро-Лайтнинг Плюс. При выполнении исследований произведена оценка влияния способов борьбы с сорной растительностью на численность однолетних и многолетних сорняков в посевах, на распространение и интенсивность поражения растений заразной подсолнечника, на поражение растений болезнями и вредителями. Проанализированы морфо-биологические показатели (высота растений, диаметр корзинки, диаметр пустозерной части корзинки) и урожайность изучаемых гибридов подсолнечника. Установлено, что гербициды Евро-Лайтнинг и Евро-Лайтнинг Плюс, используемые в фазу 4–6 листьев подсолнечника, в сравнении с внесением почвенного гербицида Дуал Голд + междурядной культивацией обеспечивали более эффективное подавление однолетних и многолетних сорных растений и заразы, способствовали увеличению диаметра и выполненности корзинки изучаемых гибридов. Все гибриды компании Лимагрэн, выращиваемые при использовании гербицидов Евро-Лайтнинг или Евро-Лайтнинг Плюс, достоверно превысили урожайность контрольного варианта. Повышенной продуктивностью при обработке посевов гербицидами Евро-Лайтнинг или Евро-Лайтнинг Плюс выделялся среднеранний гибрид ЛГ 5555 КЛП (3,16 т/га); при использовании почвенного гербицида Дуал Голд в сочетании с междурядной культивацией – среднеранний гибрид Тунка (3,15 т/га).

**Ключевые слова:** подсолнечник, гибрид, гербицид, сорные растения, урожайность

## PRODUCTIVITY OF SUNFLOWER HYBRIDS OF FOREIGN BREEDING DEPENDING ON METHOD OF WEED CONTROL IN THE LOWER DON RIVER

Falynskov E.M., Poyda V.B., Zbrailov M.A., Pisklenova E.K.

Don State Agrarian University, Persianovsky, Rostov region, e-mail: dongau@mail.ru, mail@dongau.ru

The article presents the results of studying the productivity of sunflower hybrids breeding by companies Limagren and Syngenta, different by maturation period, resistance to herbicides and appointment using different methods of weed control in the conditions of the Azov zone of the Rostov region. For weed control, soil herbicide Dual gold + inter-row cultivation and treatment of resistant sunflower hybrids to Euro-lightning or Euro-lightning Plus herbicides were used. In the course of research, the influence of methods of weed control on the number of annual and perennial weeds in crops, on the spread and intensity of plant infestation of sunflower, on the defeat of plants by diseases and pests was assessed. Morpho-biological parameters (plant height, diameter of the basket, diameter of the empty part of the basket) and yield of studied sunflower hybrids were analyzed. It was found that the herbicides Euro-lightning and Euro-lightning Plus used in the phase of 4-6 sunflower leaves, in comparison with the introduction of soil herbicide Dual gold + inter-row cultivation provided more effective suppression of annual and perennial weeds and infestations, contributed to the increase in the diameter and performance of the basket of the studied hybrids. All hybrids of Limagren, grown using herbicides Euro-lightning or Euro-lightning Plus, significantly exceeded the yield of the control option. Increased productivity in the treatment of crops with herbicides Euro-lightning or Euro-lightning Plus stood out mid-early hybrid LG 5555 KLP (3,16 t/ha); when using soil herbicide Dual gold in combination with inter-row cultivation – mid-early hybrid tuna (3,15 t/ha).

**Keywords:** sunflower, hybrid, herbicide, weed plants, yield

Подсолнечник – важнейшая техническая культура Российской Федерации. В силу своей востребованности и высокой закупочной цены она играет важную роль в обеспечении экономической устойчивости хозяйств всех форм собственности и в укреплении кормовой базы животноводства.

Ростовская область является крупнейшей базой производства подсолнечника в стране. Ежегодно посевы этой культуры в регионе размещаются на площади 600–800 тыс. га, а в отдельные годы и бо-

лее 1 млн га [1]. По статистическим данным в 2017 г. под подсолнечником в области было занято 693,9 тыс. га при средней урожайности 1,90 т/га [2].

В настоящее время одним из действенных факторов увеличения производства маслосемян является внедрение в производство современных гибридов и сортов подсолнечника, характеризующихся высокой урожайностью и технологичностью возделывания. Реализация их потенциальной продуктивности во многом определяется

используемой технологией выращивания. Одним из важнейших ее элементов является способ борьбы с сорными растениями в посевах [3, 4].

Целью исследований, проведённых в Приазовской зоне Ростовской области, была оценка продуктивности перспективных гибридов подсолнечника иностранной селекции в зависимости от способов борьбы с сорной растительностью.

#### **Материалы и методы исследования**

Для решения поставленной цели в 2016–2017 гг. в ООО НПП «Гибрид» Матвеево-Курганского района Ростовской области были проведены исследования в производственных условиях, в которых изучались перспективные гибриды подсолнечника компании «Лимагрэн», различающиеся сроком созревания, устойчивостью к гербицидам и назначением. Для борьбы с сорной растительностью использовалось два способа: внесение почвенного гербицида Дуал Голд после посева (1,4 л/га) + междурядная культивация в фазу 6–8 листьев культуры (опыт 1); обработка устойчивых гибридов гербицидом Евро-Лайтнинг (1,2 л/га) или Евро-Лайтнинг Плюс (2 л/га) в фазу 4–6 листьев культуры (опыт 2).

В качестве стандарта использовались гибриды подсолнечника, длительное время выращиваемые в хозяйстве: гибрид Голдсан («Лимагрэн»), выращиваемый с использованием почвенного гербицида Дуал Голд и междурядной культивации и гибрид НК Неома («Сингента»), выращиваемый с применением гербицида Евро-Лайтнинг. Размер опытных делянок составлял 0,76 га, размещение – систематическое. Повторность опыта трехкратная.

Основные элементы технологии выращивания культуры соответствовали требованиям зональных рекомендаций. Все учёт, наблюдения и анализы выполнялись по общепринятым методикам. Математическую обработку урожайных данных производили путём дисперсионного анализа на ПК [5].

Почва опытного участка – чернозём южный среднесуглинистый на лессовидном суглинке. Согласно данным мониторинга эффективного плодородия почв хозяйства среднее содержание гумуса в пахотном слое почвы составляло 3,79%, обеспеченность почвы подвижным фосфором – средняя, обменным калием – повышенная.

Метеорологические условия в годы проведения исследований существенно отличались от среднесезонных параметров.

2015–2016 сельскохозяйственный год был теплее и влажнее обычного. Позднеосенний, зимний и весенний периоды характеризовались большим количеством осадков. В летний период, особенно в июне и августе, отмечалась сухая и жаркая погода. В целом метеорологические условия этого года были вполне благоприятными для роста и развития растений подсолнечника. 2016–2017 сельскохозяйственный год также был теплее обычного. Положительные отклонения температуры воздуха в основном наблюдались в зимний и ранневесенний периоды. Большая часть вегетации растений подсолнечника характеризовалась температурами на уровне среднесезонных значений, только в августе температура воздуха существенно превышала многолетнюю норму. Осадки в период вегетации подсолнечника распределялись неравномерно. В предпосевном периоде и в первой половине роста растений выпадало большое их количество, во второй половине, напротив, отмечался засушливый период. В целом погодные условия этого года были не очень благоприятными для реализации потенциальной продуктивности изучаемых гибридов подсолнечника.

#### **Результаты исследования и их обсуждение**

В течение вегетации подсолнечника производился постоянный контроль за фитосанитарной обстановкой в посевах. Использование гербицидов до посева и в ранние фазы вегетации растений позволило в оба года снизить численность сорняков до безопасного уровня. В фазу бутонизации количество сорных растений в посевах гибридов, выращиваемых с использованием почвенного гербицида Дуал Голд и междурядной культивации, варьировало в среднем за 2016–2017 гг. в пределах 5,3–6,4 шт./м<sup>2</sup>.

В посевах в основном присутствовали однолетние сорные растения: просо куриное, щетинник сизый, щирицы, амброзия полыннолистная. Многолетние сорняки встречались в единичных экземплярах или вообще отсутствовали. По-видимому, планомерная борьба с сорной растительностью позволила практически избавиться от многолетних сорных растений на полях хозяйства.

В вариантах опыта, где использовались гербициды Евро-Лайтнинг и Евро-Лайтнинг Плюс численность как многолетних, так и однолетних сорных растений была минимальной. Сохранившиеся сорняки были слаборазвитыми и не оказывали заметной конкуренции растениям подсолнечника. Су-

существенных различий между гибридами по засоренности в пределах одной технологии выращивания не отмечалось.

В посевах всех гибридов, выращиваемых с использованием почвенного гербицида и междурядной культивации, отмечалось поражение растений заразой подсолнечника. Распространение этого патогена варьировало в зависимости от выращиваемого гибрида от 0,5 до 47% (табл. 1).

Наибольшее количество пораженных растений и интенсивность их поражения отмечались в посевах гибридов НК Неома и ЛГ 5543 КЛ. При использовании гербицида Евро-Лайтнинг поражение этих гибридов заразой снижалось в 4,5 раза и более. Другие гибриды при обработке гербицидом Евро-Лайтнинг или Евро-Лайтнинг Плюс этим паразитным сорным растением не поражались.

Существенного поражения посевов подсолнечника болезнями и вредителями не отмечалось. Профилактическая обработка фунгицидом и инсектицидом в начале фазы бутонизации растений подсолнечника оказалась достаточно эффективной.

По своим морфологическим и биометрическим показателям растения выращиваемых гибридов заметно отличались. Эти различия были связаны с генетическими особенностями гибридов и технологией их

выращивания (табл. 2). Высота растений гибридов подсолнечника в фазу цветения находилась в пределах 141–185 см.

Максимальной высотой характеризовался высокоолеиновый гибрид ЛГ 5452 ХО КЛ. Наименьшую высоту имели гибрид ЛГ 5555 КЛП, а также ЛГ 5543 КЛ и НК Неома, выращиваемые без использования гербицида Евро-Лайтнинг.

Следует отметить, что обработка гербицидами Евро-Лайтнинг и Евро-Лайтнинг Плюс в фазу 4–6 листьев подсолнечника несколько снижала интенсивность роста гибридов ЛГ 5452 ХО КЛ, ЛГ 5542 КЛ и ЛГ 5555 КЛП. В фазу цветения высота растений этих гибридов уменьшилась на 1–5 см в сравнении с необработанными.

Высота растений гибридов НК Неома и ЛГ 5543 КЛ при использовании гербицида Евро-Лайтнинг изменялась по-другому. Обработанные растения, напротив, оказались более высокими в сравнении с необработанными. Эти гибриды оказались неустойчивыми к новым расам заразой (F и G) и довольно сильно ими угнетались, что отразилось на высоте растений. На обработанных делянках гербицид Евро-Лайтнинг снижал уровень поражения всеми расами заразой и способствовал лучшему росту растений подсолнечника.

Таблица 1

Поражение растений подсолнечника заразой в конце вегетации, (среднее за 2016–2017 гг.)

Наименование гибрида	Способ борьбы с сорными растениями	Поражение заразой	
		распространение, %	интенсивность поражения, экз/раст.
Опыт 1			
Голдсан (контроль)	Д + М	0,5	1,5
ЛГ 5580	Д + М	0,8	1,4
Тунка	Д + М	0,5	2,0
ЛГ 5662	Д + М	1,0	1,2
НК Неома	Д + М	47	6,1
ЛГ 5555 КЛП	Д + М	0,5	1,5
ЛГ 5452 ХО КЛ	Д + М	1,3	1,6
ЛГ 5542 КЛ	Д + М	0,5	1,0
ЛГ 5543 КЛ	Д + М	44	5,8
Опыт 2			
НК Неома (контроль)	Е	10,4	1,9
ЛГ 5555 КЛП	ЕП	0	0
ЛГ 5452 ХО КЛ	Е	0	0
ЛГ 5542 КЛ	Е	0	0
ЛГ 5543 КЛ	Е	9,6	1,8

Примечание. Д + М – гербицид Дуал Голд + междурядная культивация, Е – гербицид Евро-Лайтнинг, ЕП – гербицид Евро-Лайтнинг Плюс.



Таблица 2

Биометрические показатели растений подсолнечника в фазу цветения,  
(среднее за 2016–2017 гг.)

Наименование гибрида	Способ борьбы с сорными растениями	Показатель		
		Высота растений, см	Диаметр корзинки, см	Диаметр пустозерной части корзинки, см
Опыт 1				
Голдсан (стандарт)	Д + М	165	15,7	2,1
ЛГ 5580	Д + М	166	16,3	1,9
Тунка	Д + М	155	15,8	1,8
ЛГ 5662	Д + М	152	16,3	1,9
НК Неома	Д + М	143	14,3	3,8
ЛГ 5555 КЛП	Д + М	145	15,7	1,8
ЛГ 5452 ХО КЛ	Д + М	185	14,9	2,1
ЛГ 5542 КЛ	Д + М	157	15,8	1,9
ЛГ 5543 КЛ	Д + М	142	14,4	2,9
Опыт 2				
НК Неома (стандарт)	Е	153	15,3	3,0
ЛГ 5555 КЛП	ЕП	141	15,9	2,0
ЛГ 5452 ХО КЛ	Е	180	15,2	2,0
ЛГ 5542 КЛ	Е	156	15,5	2,0
ЛГ 5543 КЛ	Е	150	15,6	1,9

Примечание. Д + М – гербицид Дуал Голд + междурядная культивация, Е – гербицид Евро-Лайтнинг, ЕП – гербицид Евро-Лайтнинг Плюс.

Диаметр корзинки в фазу налива семян выращиваемых гибридов варьировал в пределах 14,3–16,3 см. В оба года более крупные корзинки формировали гибриды ЛГ 5580 и ЛГ 5662. Меньший диаметр корзинок был у гибридов НК Неома и ЛГ 5543КЛ, выращиваемых без использования гербицида Евро-Лайтнинг. Сравнительно небольшая корзинка была также у высокоолеинового гибрида ЛГ 5452 ХО КЛ. Все другие гибриды имели средний размер корзинки в пределах 15,2–15,9 см.

Размер пустозерной части корзинки большинства гибридов компании «Лимагрэн» в оба года исследований находился в пределах 1,8–2,1 см. Только у гибрида ЛГ 5543КЛ при его выращивании без гербицида Евро-Лайтнинг диаметр пустозерной части корзинки увеличился до 2,9 см. Менее выполненная корзинка формировалась гибридом НК Неома компании «Сингента», особенно в варианте с использованием для борьбы с сорной растительностью почвенного гербицида Дуал Голд и междурядной культивации (3,8 см).

Биологические особенности изучаемых гибридов и способ борьбы с сорной растительностью повлияли на их продуктивность. В среднем за 2016–2017 гг. наи-

большую урожайность в вариантах, где использовался почвенный гербицид Дуал Голд и междурядная культивация, показал среднеранний гибрид Тунка (3,15 т/га), превысив урожайность контроля (Голдсан) на 5,0% (табл. 3). Продуктивность гибридов ЛГ 5580, ЛГ 5542КЛ и ЛГ 5555КЛП оказалась на уровне контрольного варианта. Другие гибриды по продуктивности заметно уступали гибриду Голдсан (на 10,7–36,7%).

Самую низкую урожайность при использовании почвенного гербицида и междурядной культивации показали гибриды ЛГ 5543КЛ и НК Неома (1,90 и 2,00 т/га). По-видимому, главной причиной такого результата была слабая устойчивость этих гибридов к новым расам заразики.

На делянках, где в качестве средства борьбы с сорной растительностью использовался гербицид Евро-Лайтнинг или Евро-Лайтнинг Плюс, наиболее урожайным оказался среднеранний гибрид ЛГ 5555 КЛП (3,16 т/га), который превысил урожайность гибрида НК Неома (контроль) на 35,6%. Следует отметить, что все изучаемые гибриды компании «Лимагрэн» показали более высокую продуктивность в сравнении с гибридом НК Неома.

Таблица 3

Урожайность гибридов подсолнечника в массе после доработки

Наименование гибрида	Способ борьбы с сорными растениями	2016 г.	2017 г.	Средняя за 2016–2017 гг.	
				т/га	прибавка к контролю, %
Опыт 1					
Голдсан (стандарт)	Д+М	3,03	2,97	3,00	–
ЛГ 5580	Д+М	3,22	2,89	3,06	+2,0
Тунка	Д+М	3,22	3,07	3,15	+5,0
ЛГ 5662	Д+М	2,76	2,52	2,64	–12,0
НК Неома	Д+М	1,83	2,16	2,00	–33,3
ЛГ 5555 КЛП	Д+М	2,98	3,02	3,00	0
ЛГ 5452 ХО КЛ	Д+М	2,69	2,67	2,68	–10,7
ЛГ 5542 КЛ	Д+М	3,11	3,00	3,06	+2,0
ЛГ 5543 КЛ	Д+М	1,85	1,95	1,90	–36,7
НСР <sub>05</sub>	–	0,15	0,14	–	–
Опыт 2					
НК Неома (стандарт)	Е	2,09	2,56	2,33	–
ЛГ 5555 КЛП	ЕП	3,40	2,91	3,16	+35,6
ЛГ 5452 ХО КЛ	Е	2,72	2,35	2,54	+9,0
ЛГ 5542 КЛ	Е	2,59	2,89	2,74	+17,6
ЛГ 5543 КЛ	Е	2,43	2,96	2,70	+15,9
НСР <sub>05</sub>	–	0,14	0,11	–	–

Примечание. Д+М – гербицид Дуал Голд + междурядная культивация, Е – гербицид Евро-Лайтнинг, ЕП – гербицид Евро-Лайтнинг Плюс.

Оценивая урожайность гибридов, разработанных для гербицидов Евро-Лайтнинг или Евро-Лайтнинг Плюс, установлено, что при использовании другого способа борьбы с сорными растениями продуктивность гибридов ЛГ 5543 КЛ и НК Неома уменьшалась на 29,6 и 14,7%, продуктивность гибридов ЛГ 5555 КЛП и ЛГ 5452 ХО КЛ изменялась незначительно, а гибрид ЛГ 5542 КЛ, обладающий повышенной устойчивостью к заразице, при применении почвенного гербицида и междурядной культивации повышал урожайность на 11,7%.

### Выводы

В среднем за 2016–2017 гг. наибольшую урожайность в вариантах, где использовался почвенный гербицид Дуал Голд и междурядная культивация, показал среднеранний гибрид Тунка (3,15 т/га). Самую низкую урожайность при таком способе борьбы с сорной растительностью показали гибриды ЛГ 5543 КЛ и НК Неома (1,90 и 2,00 т/га). На делянках, где в качестве средства борьбы с сорной растительностью использовались гербициды Евро-Лайтнинг или Евро-Лайтнинг Плюс, наиболее урожайным оказался среднеранний гибрид ЛГ 5555 КЛП (3,16 т/га).

### Список литературы / References

- Горбаченко Ф.И., Шурупов В.Г., Горбаченко О.Ф., Лучкин Н.С., Житник Н.А., Усатенко Т.В., Бурляева Е.Г. Технология выращивания семян сортов подсолнечника высших репродукций на участках размножения (практическое руководство). Ростов н/Д.: Издательство Южного федерального университета, 2012. 20 с.
- Gorbachenko F.I., Shurupov V.G., Gorbachenko O.F., Luchkin N.S., Zhitnik N.A., Usatenko T.V., Burlayeva E.G. Technology of cultivation of seeds of sunflower of the higher reproductions in the areas of breeding (a practical guide). Rostov n/D.: publishing House of southern Federal University, 2012. 20 p. (in Russian).
- Оперативная информация. Официальный сайт Минсельхозпрода Ростовской области. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.don-agro.ru/index.php?id=287> (дата обращения: 07.04.2019).
- Operational information. Official website of the Ministry of agriculture and food of the Rostov region. [Electronic resource]. URL: <http://www.don-agro.ru/index.php?id=287> (date of access: 07.04.2019) (in Russian).
- Пойда В.Б., Збраилов М.А., Фалынсков Е.М., Мелякова Е.В. Определение эффективности гербицидов Евро-Лайтнинг и Евро-Лайтнинг Плюс в разных нормах расхода против сорняков на посевах подсолнечника // Инновации в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур: материалы Всероссийской научно-практической конференции (9 февраля 2017 г.). пос. Персиановский: Донской ГАУ, 2017. С. 134–137.
- Poyda V.B., Zbrailov M.A., Falynskov E.M., Melyakova E.V. Determination of the effectiveness of Euro-lightning and Euro-lightning Plus herbicides in different consumption rates against weeds on sunflower crops // Innovations in crop cultivation technologies: materials of the all-Russian scientific and practical conference (February 9, 2017). Persianovka settlement: Don GAU, 2017. P. 134–137 (in Russian).
- Лукомец В.М., Пивень В.Т., Тишков Н.М. Интегрированная защита подсолнечника // Поле деятельности. 2011. № 7. С. 34–36.
- Lukomets V.M., Piven V.T., Tishkov N.M. Integrated sunflower protection // Pole deyatel'nosti. 2011. № 7. P. 34–36 (in Russian).
- Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
- Dospexov B.A. Technique of field experiment (with bases of statistical processing of results of researches). M.: Agropromizdat, 1985. 351 p. (in Russian).

УДК 504.06(571.54/.55)

**ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ХВОСТОХРАНИЛИЩ НЕКОТОРЫХ СУЛЬФИДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ВОСТОЧНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ****Абрамов Б.Н., Цыренов Т.Г.***ФГУН «Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН», Чита,  
e-mail: b\_abramov@mail.ru*

Для Балеysкого, Любавинского, Кариysкого, Ключевского, Илинского золоторудных месторождений, Акатуевского и Благодатского полиметаллических месторождений, Шахтаминского и Давендинского молибденовых месторождений Восточного Забайкалья рассчитаны значения их потенциальной опасности с использованием коэффициентов литотоксичности элементов по методике, предложенной ВИМС в 2001 г. Рассчитаны значения коэффициентов литотоксичности элементов в пробах, взятых из хвостохранилищ, а также из руд продуктивных стадий рудообразования. Установлено, что среди золоторудных, молибденовых и полиметаллических месторождений наибольшую экологическую опасность представляют хвостохранилища полиметаллических месторождений (ГЭр – 30978-48681), наименьшую – хвостохранилища молибденовых месторождений – (ГЭр – 1113-2379). Обнаружено, что с повышением в рудах концентраций токсичных элементов увеличивается экологическая опасность хвостохранилищ. На примере населенных пунктов Восточного Забайкалья показано, что заболеваемость жителей, находящихся в непосредственной близости от горнодобывающих предприятий, значительно выше, чем среди жителей населенных пунктов, удаленных от района добычи. Предоставлены данные по характеристике воздействия токсичных элементов на организм человека, имеющих наибольшее распространение в отвальных продуктах месторождений. На основе мирового опыта для техногенных образований предложен комплекс мероприятий организационно-хозяйственного, лесомелиоративного и агротехнического характера, направленный на уменьшение концентрации химических элементов 1 и 2 классов токсичности (As, Pb, Zn, Cd, Cu, Sn, Mo, Sb, Ba, Sr). Предложены следующие виды мероприятий: внесение в зараженные грунты биопрепаратов, структурообразователей, цеолитов, а также проведение микоризации для получения в техноземах необходимых для жизнеспособности почв органического углерода, азота, фосфора и влаги.

**Ключевые слова:** сульфидные месторождения, тяжелые металлы, хвостохранилище, расчет потенциальной опасности месторождений

**ENVIRONMENTAL HAZARD ASSESSMENT ON THE ENVIRONMENT OF TAILINGS OF SOME SULFIDE DEPOSITS OF EASTERN TRANSBAIKALIA****Abramov B.N., Tsyrenov T.G.***Federal State Institution of Science Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS,  
Chita, e-mail: b\_abramov@mail.ru*

For Baleysky, Lyubavichsky, Kariysky, Klyuchevskoi, Ilnskogo gold deposits, Akatuevsky and Blagodatsky polymetallic deposits, Shakhtaminsky and Davendinsky molybdenum deposits of Eastern Transbaikalia, the values of their potential hazard were calculated using the lithotoxicity coefficients of the elements according to the procedure proposed by WIMS in 2001. The values of the lithotoxicity coefficients of the elements in samples taken from the tailing dumps, as well as from the ores of the productive stages of ore formation are calculated. It has been established that among gold, molybdenum and polymetallic deposits the greatest environmental hazard is represented by tailings of polymetallic deposits (GER – 30978-48681), the smallest – tailings of molybdenum deposits – (GER – 1113-2379). It was revealed that with an increase in the concentrations of toxic elements in the ores, the ecological danger of tailings increases. On the example of settlements of Eastern Transbaikalia, it is shown that the incidence of residents who are in close proximity to mining companies is significantly higher than among residents of localities remote from the mining area. Provided data on the characteristics of the impact of toxic elements on the human body that are most common in dump products of deposits. On the basis of world experience for technogenic formations, a complex of organizational and economic, forest reclamation and agrotechnical measures aimed at reducing the concentration of chemical elements of classes 1 and 2 of toxicity has been proposed. The following types of measures have been proposed: introduction of biopreparations into contaminated soils, structure-forming agents, zeolites, as well as carrying out mycorrhization to obtain organic carbon, nitrogen, phosphorus and moisture necessary for soil viability.

**Keywords:** sulfide deposits, heavy metals, tailing, calculation of the potential hazard of deposits

Забайкальский край относится к числу старейших горнодобывающих регионов России. Рудные месторождения начали отработываться с 1879 г. небольшими рудниками [1]. На территории Забайкальского края известно более 1000 рудопроявлений и месторождений золота, молибдена, оло-

ва, редкометалльных и полиметаллических месторождений (рисунок). Сульфидные месторождения – это месторождения, руды которых состоят из сернистых соединений металлов (сульфидов); к ним относятся также селенистые, теллуристые, мышьяковистые и сурьмянистые соединения металлов.



Схема размещения хвостохранилищ сульфидных месторождений Восточного Забайкалья:

1 – Хвостохранилища сульфидных месторождений: а) полиметаллических месторождений; б) редкометалльных месторождений; в) молибденовых месторождений; г) вольфрамовых месторождений; д) оловорудных месторождений; е) золоторудных месторождений;

2 – Порядковый номер хвостохранилища, основные полезные компоненты (по Ю.Ф. Харитонову), а также месторождения, создавшие объект: 3 – Ключевское золоторудное; 4–5 – Давендинское и Александровское золоторудные; 10 – Жирекенское молибденовое; 13 – Карийское золоторудное (уч. Новинка и Дмитриевский); 16 – Дарасунское золоторудное; 20–22 – Завитинское редкометалльное; 28 – Балейское золоторудное; 29 – Тасеевское золоторудное; 32 – Бом-Горхонское вольфрамовое; 39 – Шахтаминское молибденовое; 40 – Благодатское полиметаллическое; 47 – Белухинское вольфрамовое; 48 – Букукинское вольфрамовое; 55–56 – Орловское редкометалльное, Спокойнинское вольфрамовое; 60 – Мало-Кулиндинское редкометалльное; 63 – Акатуевское полиметаллическое; 64 – Кадаинское полиметаллическое; 65 – Антоновогорское вольфрамовое; 67 – Куналейское вольфрамовое; 68 – Ангатуйское вольфрамовое; 69 – Шервогорское олово-полиметаллическое; 73 – Савинское № 5 полиметаллическое

Цель исследования: эколого-геохимическая оценка потенциальной опасности техногенных образований, возникших при отработке сульфидных месторождений в Забайкальском крае.

#### Материалы и методы исследования

Сведения по концентрациям элементов в рудах получены при проведении исследований по базовым проектам Института природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН с 2000 г. по 2018 г. Кроме того, использованы опубликованные данные и сведения территориального геологического фонда по Забайкальскому краю (г. Чита).

В работе использованы данные по содержаниям химических элементов, в том числе токсичных, в рудных телах и в хвостохранилищах извлекательных фабрик. Аналитические исследования проведены в Геологическом институте СО РАН (г. Улан-Удэ). Определение элементного состава пород проводилось РФА методом на спектрометре ЭДПС-1 (аналитик

Б.Ж. Жалсараев). Пороги определения элементов составляют 1–3 г/т.

#### Результаты исследования и их обсуждение

Химические элементы, в том числе и токсичные, могут поступать в окружающую среду двумя путями: из почвы и непосредственно из атмосферы. В малых количествах они входят в состав биологически активных веществ, регулирующих нормальный ход жизнедеятельности организмов, изменение же содержания этих металлов приводит к тяжелым последствиям (табл. 1).

Известно, что рекультивация отвалов и хвостохранилищ снижает экологическую нагрузку, но не обеспечивает их полную безопасность. Процесс окисления сульфидов может растягиваться на многие десятки лет, вследствие чего отвальные продукты представляют угрозу окружающей среде и после завершения эксплуатации месторождения и вывода техногенных объектов из эксплуатации.

Таблица 1

Характеристика воздействия токсичных элементов на организм человека [2]

Элемент	Воздействие на организм человека
Sn	Вызывает болезни органов пищеварения и поджелудочной железы, язву желудка и двенадцатиперстной кишки, гастрит, дуоденит, психические расстройства, бронхит [2]
Zn	Вызывает нарушения в работе иммунной системы, наступает состояние отравления со всеми признаками интоксикации, появляется тошнота, слабость
Cu	Вызывает функциональные расстройства нервной системы (ухудшение памяти, депрессию, бессонницу) [2]
Pb	Поступление свинца в организм человека по пищевым цепям ведет к расстройству нервной системы. Блокируя деятельность некоторых ферментов, вызывает развитие анемии, поражение кроветворной системы, почек и мозга, снижение интеллекта (особенно у детей) [2]
As	Поступая в организм человека в повышенных количествах, мышьяк в первую очередь вызывает нарушение функций печени, аллергические реакции, изменения состояния кожи (гиперкератоз, дерматит), поражение сосудов, снижение слуха, повышенную возбудимость, раздражительность, головные боли, угнетение иммунитета [2]
Sb	Вызывает хроническую интоксикацию, приводит к изменению обмена веществ, к функциональным расстройствам нервной системы и патологическим изменениям миокарда [2]
Cd	Появляется невыносимая боль в мышцах, а также непровольные переломы костей (кадмий способен вымывать кальций из организма), деформация скелета, нарушения функций легких, почек и других органов. Излишек кадмия может вызывать злокачественные опухоли [2]
Mo	Вызывает желудочно-кишечные заболевания и эндемическую подагру – болезнь суставов, а также непостоянство кровяного давления
Ba	Избыток в почве и растениях приводит к нарушению обмена кальция и поражению костной ткани [3]
Sr	Является почти полным химическим подобием кальция, поэтому, проникая в организм, он откладывается во всех содержащих кальций тканях и жидкостях – в костях и зубах, обеспечивая эффективное радиационное поражение тканей организма изнутри [4]

Определение потенциальной опасности рудных месторождений рассчитывается разными способами. Один из них предложен коллективом авторов ВИМС [5]. Здесь учитываются кларки концентраций элементов, концентрации токсиканта в рудном месторождении. Оценка потенциальной экологической опасности месторождений производится авторами на основе литотоксичности (Тл) элементов, которые сгруппированы по нескольким классам, в зависимости от токсичности. Потенциальная токсичность месторождений (ГЭр) рассчитывается по сумме концентраций токсичных элементов. При расчете учитывается класс токсичности элементов и фоновые концентрации элементов окружающей среды. Оценка экологической опасности потенциально «токсичного рудного месторождения» производится авторами на основе литотоксичности (Тл). При этом коэффициенты литотоксичности (Тл) элементов сгруппированы авторами следующим образом: чрезвычайно опасные (супертоксичные) Тл = 15: Hg, Cd, Tl, Be, U, Ra, Rn; высокой опасности Тл = 10: Pb, Se, Te, As, Sb, B, F, Th, V, Cr, Ru, Co, Ni; средней опасности Тл = 5: Cu, Zn, S, Bi, Ag, Ba, Mo, In, Ge, Sr, W, Al, Li, Mn, Cs, Cl, Sn, P; незначительной опасности Тл = 1: Nb, Zr, Ti, Na, K, Ta, Ca, Si, Mg, Th [5].

Расчет «потенциальной токсичности рудного месторождения» рассчитывается по формуле

$$\text{ГЭр} = \sum_{i=1}^n (\text{Тл} \times \text{В})_i + \dots + (\text{Тл} \times \text{В})_n,$$

где ГЭр – потенциальная токсичность рудного месторождения; Тл – коэффициент литотоксичности элемента;  $\text{В} = \text{X}/\text{Q}$ , где X – концентрации элемента, Q – содержание элемента в окружающей среде. В нашем случае использованы средние содержания элементов в осадочных отложениях земной коры [5, 6].

Значения токсичности месторождений зависит от содержаний сульфидов в рудах, от концентраций в сульфидных минералах токсичных элементов. На месторождения, как правило, выделяются несколько рудных ассоциаций, характеризующиеся различным составом минералов с разными концентрациями токсичных элементов. Так, в рудах кварц-арсенопиритовой ассоциации Карийского месторождения содержание As составляет 140000 г/т [1], соответственно и в хвостохранилище будут отмечены высокие концентрации As.

Нами рассчитана оценка потенциальной опасности сульфидных месторождений Восточного Забайкалья (табл. 2).

В рудах и хвостохранилищах молибденовых и полиметаллических месторождений отмечены повышенные концентрации As, Pb, Zn, Mo и Sb, золоторудных месторождений – As, Ba, Sr. Схожая ситуация наблюдается среди месторождений Карачаево-Черкессии и Дагестана. Так, превышение концентраций по Cu, Zn, Pb, As наблюдается у Быковского колчеданного месторождения, а также у Эльбрусского свинцово-цинкового рудника (Республика Карачаево-Черкесия). На территории Дагестана превышение по Cu, Zn, Cd наблюдается на территории месторождения Кизил-Дере [10]. Расчеты показывают, что потенциальная токсичность руд Акагуевского и Благодарского полиметаллических месторождений соответствует показателям месторождений свинцово-цинковых руд, где ГЭр колеблется от  $10^3$  до  $10^4$  (табл. 1) [5].

В 1994–1996 гг. Восточно-Сибирский научный центр Российской академии медицинских наук (г. Иркутск) проводил исследования по воздействию техногенных образований рудника на здоровье жителей г. Балея. В результате работы было установлено, что уровень заболеваемости жителей г. Балея значительно превышает уровень заболеваемости жителей г. Нерчинск и Чита, где отсутствуют горнодобывающие предприятия. Среди жителей Балея чаще наблюдается склонность к рецидивам; часто отмечаются анемия, патологии органов слуха и зрения, как врожденные (нейросенсорная потеря слуха, афакия, катаракта), так и возникающие в более поздние сроки.

Мировой опыт по восстановлению экологического состояния окружающей среды хвостохранилищ показывает, что при рекультивации техногенных ландшафтов используется комплекс взаимосвязанных организационно-хозяйственных, лесомелиоративных и агротехнических мероприятий, направленных на нейтрализацию токсичных субстратов. Преимущественно для данных целей применяют методы экологического восстановления, фиторемедиации или биоремедиации [11].

Для техногенных образований месторождений Восточного Забайкалья необходимо применение такого комплекса мер, направленного на уменьшение концентрации химических элементов 1 и 2 классов токсичности, как внесение в зараженные грунты биопрепаратов, структурообразователей,

цеолитов, а также проведение микоризации для получения в технозомах необходимых для жизнеспособности почв органического углерода, азота, фосфора и влаги. Все это

позволяет создать устойчивую и взаимосвязанную систему биотопов и целенаправленно превратить техногенные земли в экологически целесообразные ландшафты [12].

**Таблица 2**

Средние содержания элементов в рудах и отвалах хвостохранилищ сульфидных месторождений Восточного Забайкалья, г/т

Элементы	As	Pb	Zn	Cd	Cu	Sn	Mo	Sb	Ba	Sr
1	2	3	4	5	6	7	8	11	12	13
x*[6]	1	20	57	6,5	57	10	20	0,23	800	450
Золоторудные месторождения										
<i>Балейское</i> Золотоносные кварцевые жилы (n = 7) ГЭр = 48										
x	1,5	20	60	0,1	20	3	1	0,26	830	300
s	162	18	80	–	–	9	2	215	99	36
Отвалы золотоизвлекательной фабрики № 2 (n = 1) ГЭр = 9155										
x	201	7	49	–	–	11	1	328	70	21
s	868	750	10	–	25	3	4	102	–	–
<i>Любавинское</i> Золотоносные кварцевые жилы (n = 10) ГЭр = 98977										
x	9831	110	141	0,6	39	7	8	27	214	104
s	10702	129	51	–	–	4	–	20	150	138
Отвалы золотоизвлекательной фабрики (n = 2) ГЭр = 18622										
x	1860	21	65	–	23	5	4	–	–	–
s	2107	8	8	–	3	2	3	–	–	–
<i>Карийское</i> Золотоносные кварцевые жилы (n = 41) ГЭр = 250173										
x	24876	221	88	–	379	20	172	56	289	239
s	55485	333	66	–	305	23	525	70	446	250
Отвалы золотоизвлекательной фабрики (n = 7) ГЭр = 3891										
x	237	135	47	–	146	30	15	68	–	–
s	91	66	20	–	66	7	4	77	–	–
<i>Ключевское</i> Золотоносные кварцевые жилы (n = 7) ГЭр = 10424										
x	924	22	59	0,7	230	7	26	52	200	417
s	767	21	16	–	187	3	23	48	352	253
Отвалы золотоизвлекательной фабрики (n = 7) ГЭр = 3803										
x	286	26	45	–	107	3	7	42	–	–
s	59	4	9	–	30	1	2	3	–	–
<i>Илинское</i> Брекчии сульфидизированные (n = 8) ГЭр = 18047										
x	1711	23	43	–	–	6	7	42	381	160
s	1272	7	15	–	–	7	2	84	151	56
Отвалы золотоизвлекательной фабрики (n = 3) ГЭр = 9267										
x	946	18	30	–	13	5	1	7	–	–
s	267	4	5	–	9	1	1	1	–	–
1	2	3	4	5	6	7	8	11	12	13
Полиметаллические месторождения										
<i>Акатувское</i> Свинцово-цинковые руды (n = 13) ГЭр = 350460 [7]										
x	30575	62889	122265	1007	798	10	6	–	–	–
s	46747	72289	136047	829	558	14	3	–	–	–
Хвостохранилище (n = 7) ГЭр = 30978										
x	2891	2155	9826	53	798	10	2	–	151	17
s	2556	1793	10977	48	558	14	1	–	221	21

Окончание табл. 2										
<i>Благodatское</i> Хвостохранилище (n = 5) ГЭр = 48681										
x	4345	7143	16674	76	199	76	–	–	55	180
s	1612	2682	7388	38	80	27	–	–	29	19
Молибденовые месторождения <i>Шахтаминское</i> Кварц-молибденитовые руды (n = 9) ГЭр = 92289										
x	1230	8496	3060	51	7033	5	25722	3142	20	55
s	8143	16821	3623	74	8143	4	16016	8429	12	48
1	2	3	4	5	6	7	8	11	12	13
Хвостохранилище (n = 6) ГЭр = 2379 [8]										
x	133	1701	740	–	283	21	200	42	–	–
<i>Давендинское</i> Кварц-молибденитовые руды (n = 7) ГЭр = 3216										
x	13	97	10	1	11	11	11237	10	92	14
s	20	222	6	–	11	10	2486	8	171	10
Хвостохранилище (n = 45) ГЭр = 1113 [9]										
x	79	39	19	–	96	2	35	13	108	–
s	66	81	44	–	43	1	100	5	106	–

Примечания. x\* – кларки концентраций элементов в породах кислого состава по [6]. x – среднее арифметическое, s – стандартное отклонение, n – число анализов. \*\* – среднее содержание золота в рудах и отвалах золотоизвлекательных фабрик по данным фондовых материалов. – нет данных.

### Заключение

На основании произведенных расчётов потенциальной токсичности рудных месторождений выявлено, что среди рассматриваемых золоторудных месторождений наибольшей потенциальной токсичностью среди руд характеризуется Карийское месторождение, в то же время среди отвалов хвостохранилищ данное месторождение характеризуется наименьшей потенциальной токсичностью. Наибольшей потенциальной токсичностью среди отвалов хвостохранилищ характеризуется Любавинское месторождение. Наименьшей токсичностью среди руд характеризуется Бaleyское месторождение.

Среди руд полиметаллических и молибденовых месторождений наибольшей потенциальной токсичностью характеризуется Акатуевское полиметаллическое месторождение, а среди отвалов хвостохранилищ наибольшей потенциальной токсичностью характеризуется Благodatское полиметаллическое месторождение. Наименьшей потенциальной токсичностью, как по рудам, так и в хвостохранилищах, характеризуется Давендинское молибденовое месторождение.

В целом среди рассматриваемых сульфидных месторождений Восточного Забайкалья наиболее высоким потенциалом токсичности характеризуются полиметаллические месторождения, как по рудам, так и в хвостохранилищах.

### Список литературы / References

1. Абрамов Б.Н. Особенности распределения элементов-примесей в рудах основных типов мезозойских золоторудных месторождений Восточного Забайкалья // Доклады Академии Наук. 2014. Т. 455. № 6. С. 681–686. DOI: 10.7868/S0869565214120135.

Abramov B.N. Peculiarities of distribution of trace elements in the major ore types from the Mesozoic gold deposits of east Transbaikalia // Doklady Earth Sciences. 2014. V. 455. № 2. P. 469–474. DOI: 10.1134/S1028334X14060014.

2. Чикенева И.В. Последствия влияния тяжелых металлов на окружающую среду в зоне воздействия промышленных предприятий // Концепт. 2013. № 12. [Электронный ресурс]. URL: <http://ekoncept.ru/2013/13254.htm> (дата обращения: 19.03.2019).

Chikeneva I.V. Consequences of the impact of heavy metals on the environment in the zone of impact of industrial enterprises // Kontsept. 2013. № 12. [Electronic resource]. URL: <http://ekoncept.ru/2013/13254.htm> (date of access: 19.03.2019) (in Russian).

3. Кашин К.В. Барий в компонентах ландшафтов Западного Забайкалья // Почвоведение. 2015. № 10. С. 1242–1253. DOI: 10.7868/S0032180X15100044.

Kashin K.V. Barium in the landscape components of Western Transbaikalia // Eurasian Soil Science. 2015. V. 48. № 10. P. 1120–1130. DOI: 10.1134/S106422931510004X.

4. Кныш Е.А., Матлахов А.А., Шмат Е.В. Пути миграции стронция-90 в окружающей среде и влияние его на животных // Научное сообщество студентов: Междисциплинарные исследования: Электронный сборник статей по материалам X студенческой международной заочной научно-практической конференции. 2016. № 7 (10). [Электронный ресурс]. URL: [https://sibac.info/archive/meghdis/7\(10\).pdf](https://sibac.info/archive/meghdis/7(10).pdf) (дата обращения: 19.03.2019).

Knysh E.A., Matlakhov A.A., Shmat E.V. Migration routes of strontium-90 in the environment and its impact on animals // The scientific community of students: Interdisciplinary research: Electronic compilation of articles on the materials of the X student international correspondence scientific-practical conference. 2016. № 7 (10). [Electronic resource]. URL: <https://sibac.info>



info/archive/meghdis/7(10).pdf (date of access: 19.03.2019) (in Russian).

5. Голева Р.В., Иванов В.В., Куприянова И.И., Маринов Б.Н., Новикова М.И., Шпанов Е.П., Шурига Т.Н. Экологическая оценка потенциальной токсичности рудных месторождений (методические рекомендации). М.: РИЦВИМС, 2001. 53 с.

Goleva R.V., Ivanov V.V., Kupriyanov I.I., Marinov B.N., Novikova M.I., Shpanov E.P., Shuriga T.N. Environmental assessment of the potential toxicity of ore deposits (methodical recommendations). M.: RICVIMS, 2001. 53 p. (in Russian).

6. Войткевич Г.В., Мирошников А.Е., Поваренных А.С., Прохоров В.Г. Краткий справочник по геохимии. М.: Недра, 1977. 184 с.

Voytkevich G.V., Miroshnikov A.E., Cooked A.S., Prokhorov V.G. A brief guide to geochemistry. M.: Nedra, 1977. 184 p. (in Russian).

7. Цыренов Т.Г., Абрамов Б.Н. Распределение токсичных элементов в техногенных ландшафтах Акатуевского полиметаллического месторождения (Восточное Забайкалье) // Аспирант. 2018. № 2. С. 90–95.

Tsyrenov T.G., Abramov B.N. Distribution of toxic elements in the technogenic landscapes of the Acatuevsky polymetallic deposit (Eastern Transbaikalia) // Aspirant. 2018. № 2. P. 90–95 (in Russian).

8. Манзырев Д.В., Лавров А.Ю. Вещественный состав и строение лежалых хвостов обогащения руд месторождения Шахтаминское // Вестник Забайкальского государственного университета. 2016. Т. 22. № 1. С. 17–27.

Manzyrev D.V., Lavrov A.Yu. Composition and structure of stale tailings deposit ores of Shakhtama // Vestnik Zabajkal'skogo gosudarstvennogo universiteta. 2016. V. 22. № 1. P. 17–27 (in Russian).

9. Юргенсон Г.А., Смирнова О.К., Солодухина М.А., Филенко Р.А. Геохимические особенности руд и техноземов золото-молибденового рудника Давенда в Восточном Забайкалье // Литосфера. 2016. № 2. С. 91–106.

Yurgenson G.A., Smirnova O.K., Solodukhina M.A., Filenko R.A. Geochemical features of ores and technozems of the Davend gold-molybdenum mine in Eastern Transbaikalia // Litosfera. 2016. № 2. P. 91–106 (in Russian).

10. Богущ И.А., Черкашин В.И., Юсупов А.Р. Экологические риски горнорудного техногенеза Карачаево-Черкесии и Дагестана // Труды института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2016. № 66. С. 6–18.

Bogush I.A., Cherkashin V.I., Yusupov A.R. Environmental risks of mining technogenesis of Karachay-Cherkessia and Dagestan // Trudy instituta geologii Dagestanskogo nauchnogo tsentra RAN. 2016. № 66. P. 6–18 (in Russian).

11. Anup Kumar Gupta, Biswajit Paul. Ecorestoration of Coal Mine Overburden Dump to Prevent Environmental Degradation: A Review. Research Journal of Environmental Sciences. 2015. Vol. 9 (7). P. 307–319. DOI: 10.3923/rjes.2015.307.319.

12. Васильев С.Б., Родин А.Р. Теоретические и практические аспекты рекультивации техногенных ландшафтов // Лесной вестник. 2016. № 1. С. 118–122.

Vasiliev S.B., Rodin A.R. Theoretical and practical aspects technical landscape recultivation // Forestry Bulletin. 2016. № 1. P. 118–122 (in Russian).

УДК 911.37(470.341)

**УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ ГОРОДОВ НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ****Волкова А.В., Копосова Н.Н.***ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный педагогический университет имени Козьмы Минина», Нижний Новгород, e-mail: repulenko@mail.ru*

В статье рассматриваются основные направления устойчивого развития городов, современные тенденции развития городских поселений. В современном обществе постоянно растет внимание к качеству городской среды, уровню жизни горожан, влиянию окружающего пространства на их здоровье. В свете все укрупняющихся форм городских поселений, среди которых агломерации, мегаполисы, возникающие проблемы в городской среде требуют повышенного внимания и быстрых решений. Устойчивому развитию городов в перспективе будет способствовать создание «умных городов», отдельные аспекты таких проектов планируются к внедрению и в городах Нижегородской области. Кроме того, большим шагом в направлении устойчивого развития городов достаточно трудно реализовать, из-за технологической отсталости, низкой информированности государственных служащих, недостаточного образовательного уровня населения, но все-таки, возможно, препятствия решаемы со временем, а опыт зарубежных и отечественных проектов помогает осознать всеобщую проблему по изменению качества жизни городских поселений. Постепенно начинают реализовываться ряд задач в этом направлении. Например, Нижегородская область является одним из регионов-лидеров по объему привлеченных средств из федерального бюджета на нацпроекты в 2019 г., среди которых нацпроект «Экология», «Безопасные и качественные автомобильные дороги» и другие. Кроме того, в области усиливается роль общественных организаций, успешно работающих с населением по вторичной переработке.

**Ключевые слова:** устойчивое развитие городов, качество окружающей среды, качество жизни населения, городская среда, «умный город»

**SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF CITIES OF THE NIZHNY NOVGOROD REGION****Volkova A.V., Kopusova N.N.***Kozma Minin Nizhny Novgorod State Pedagogical University, Nizhny Novgorod, e-mail: repulenko@mail.ru*

The article discusses the main directions of sustainable urban development, current trends in the development of urban settlements. In modern society, attention is constantly growing towards the quality of the urban environment, the standard of living of citizens, the influence of the surrounding space on their health. In the light of all the consolidating forms of urban settlements, including agglomerations, megalopolises, problems arising in the urban environment require increased attention and quick solutions. In the future, the creation of «smart cities» will contribute to the sustainable development of cities; certain aspects of such projects are planned to be implemented in the cities of the Nizhny Novgorod region. In addition, a big step towards sustainable development will be the implementation of a number of national projects that are being prepared for implementation in 2019, including the «Environment» project and a number of others aimed at improving the quality of the surrounding space and, in general, improving the quality of life of the population. Multiple aspects of sustainable urban development are difficult to implement, due to technological backwardness, low awareness of civil servants, insufficient educational level of the population, but still possible, obstacles can be solved over time, and the experience of foreign and domestic projects helps to realize the universal problem of changing the quality of life. urban settlements. Gradually, a number of tasks are being implemented in this direction. For example, the Nizhny Novgorod region is one of the leading regions in terms of the volume of funds raised from the federal budget for national projects in 2019, including the national project «Ecology», «Safe and high-quality roads» and others. In addition, in the region, the role of public organizations that successfully work with the population on recycling is increasing.

**Keywords:** sustainable urban development, quality of the environment, quality of life of the population, urban environment, «smart city»

Города как среда обитания человека всегда являлись объектом повышенного внимания для исследования процессов, происходящих в них. После становления понятия устойчивого развития городские проблемы стали изучаться в рамках этой парадигмы. Так, еще в 1992 г., на Конференции ООН в Рио-де-Жанейро, в «Повестке дня на XXI век» было предложено уделить особое внимание созданию устойчивых поселений.

В последнее время подобный интерес к городам только усиливается. Этому способствует формирование многомиллионных форм расселения, таких как агломерации, мегаполисы, усиление интенсификации производственных, транспортных и культурных связей, «мятниковых» ежедневных миграций внутри таких поселений.

Цель исследования: изучение современных тенденций в парадигме устойчивого

развития городов России и Нижегородской области, а также факторов, препятствующих становлению устойчивого развития.

### **Материалы и методы исследования**

Среди методов исследования особое внимание уделяется аналитическому, статистическому, сравнительному и другим. Материалами являются данные отчета Первого Международного форума «Устойчивое развитие и Города будущего: экономика, здоровье, экология», доклады Министерства экологии и природных ресурсов Нижегородской области.

### **Результаты исследования и их обсуждение**

Городская среда даже крупного города – это особая среда с рядом экономических, социальных и экологических проблем, которые усиливаются за счет концентрации промышленности, населения, инфраструктуры на относительно небольшой площади. Естественно, в городах-миллионерах эти проблемы еще более значимы. Поскольку экономическая, социальная и экологическая составляющие – это три основные сферы устойчивого развития, то подобные проблемы должны перейти в разряд задач, направлений стратегии достижения устойчивого развития в ближайшем будущем.

Окружающая среда, безусловно, влияет на город. Так, например, рельеф и гидрография определяют особенности планирования города, размещение транспортных коммуникаций, его композицию. Несмотря на выгодность ЭГП Нижнего Новгорода от расположения у слияния двух крупных рек, требуются повышенные траты на разработку транспортной карты города. Наличие карстовых пород и их вымывание привело к ряду существенных производственных и автомобильных аварий в г. Дзержинске Нижегородской области.

По А.Г. Исаченко, большая часть Нижегородской области относится к территориям с относительно высоким потенциалом, а ее юго-западные и юго-восточные части – к территориям с наиболее высоким потенциалом (зона экологического оптимума) [1]. Несмотря на это, длительный холодный период требует существенных затрат на герметизацию квартир с современными стеклопакетами и проч.

Безусловно, и город влияет на окружающую среду. Природный ландшафт претерпевает значительные изменения, связанные с расширяющимся и увеличивающимся

воздействием промышленного, жилищного, транспортного строительства. Такие понятия, как «тепловой купол», «остров теплоты», «городской бриз», характерны для каждого крупного города.

Помимо природно-ландшафтных и ресурсно-хозяйственных проблем для крупных городов существенны антропоэкологические проблемы, которые связаны со здоровьем населения. Кроме прямого влияния ухудшения качества городской среды на здоровье, что выражается в усилении аллергических проявлений, кожных и дыхательных заболеваний, существует еще ряд почти исключительно «городских» болезней, среди которых гиподинамия, проявление различных социофобий [2]. Этому способствует ускоренный ритм городской жизни, необходимость длительных поездок в городском транспорте, оторванность горожан от естественной природной среды.

Среди возможных путей решения ряда городских проблем можно рассмотреть проведение I-го Международного форума «Устойчивое развитие и Города будущего: экономика, здоровье, экология» в 2018 г. в Москве. В форуме приняли участие ведущие зарубежные и отечественные ученые, среди которых ведущие архитекторы, врачи, дизайнеры, специалисты по нейропсихологии. Целью подобного мероприятия стала разработка проектов по оздоровлению окружающей городской среды, в том числе за счет внедрения оздоровительной архитектуры [3]. Было положено начало разработке различных аспектов здорового города, формированию и пропаганде новых подходов к проектированию городской среды, находящихся на стыке медицины и архитектуры.

Среди основных результатов Форума отмечаются такие проекты будущего, как: «Здоровая школа», «Здоровая больница», «Здоровый детский сад», «Здоровое жилище», «Здоровая городская инфраструктура», которые планируется внедрить к 2035 г.

В последнее время особое внимание уделяется именно опережающей превентивной медицине, так как болезнь правильнее не допустить, чем лечить. Как один из аспектов здорового образа жизни в данном ключе – это развитие велодвижения и пешеходных зон. В городах Нижегородской области, особенно в крупных, таких как Нижний Новгород, Дзержинск, велосипедные дорожки проложены довольно мозаично, в ограниченном количестве, нет замкнутой велосипедной сети. На Форуме также было

подчеркнуто, что в городах России покрытие тротуаров должно быть удобно для всех групп населения, на данном же этапе развития городов как по всей стране, так и в Нижегородской области, движение по некоторым пешеходным зонам приравнивается к борьбе за выживание, особенно это касается женщин с детскими колясками, пожилого населения и людей с ограниченными возможностями.

Обсуждалась и проблема технологий и решений, призванных снизить уровень стресса горожан. Акустический комфорт, озеленение крыш и фасадов зданий, формирование дополнительных зон отдыха, безусловно, будет способствовать оздоровлению окружающей среды и снижать уровень стресса жителей крупных городов.

Нам представляется очень интересным социальный аспект данного проекта, которому было уделено повышенное внимание, он заключается в установлении в каждом подъезде доступных терминалов, вовлекающих в общественную жизнь старшее поколение людей (голосование, ремонт и т.д.). Для удобства разработано мобильное приложение для тех же целей. Высотные здания сильно разобщили людей, между тем общение жителей жилого дома, наличие у них общих интересов и стремлений, способствовало бы улучшению качества окружающей территории (облагораживание придомовой территории, уборка, озеленение и т.д.), а также решению ряда социальных проблем, таких как одиночество, социофобия, в том числе и через преемственность поколений, так как родители и старшее поколение могут вовлекать детей в облагораживание территории (помощь на «субботниках», участие в голосовании и т.п.). Мы считаем это одним из важнейших аспектов и основ устойчивого развития, так как воспитание молодого поколения с экологическим мировоззрением – первоочередная задача. В системе экологического образования сложилась тенденция, когда у детей изначально формируют представление о неправильном поведении через ряд запретов о том, чего нельзя делать. Так, например, понятие «хорошо» у детей ассоциируется с отказом от неблагоприятных поступков (нельзя рвать, нельзя топтать, ломать) [4]. Поэтому крайне важно показать то, как можно помочь (сберечь, обойти, полить, прорыхлить, очистить и др.), чтобы дети сразу усваивали правильный способ.

Для устойчивого развития городов важно сокращение потребления, повторное использование и рециркуляция отходов

жизнедеятельности и жизнеобеспечения населения. Воплощение этого аспекта, обсуждаемого на Форуме, в Нижегородской области можно наблюдать уже сейчас. Так, активисты движения экологической общественной организации «Изменим мир» проводят кампанию «РазДельно», посредством которой активно внедряют идеи раздельного сбора мусора среди населения всех возрастных групп, осуществляют пропаганду необходимости сортировки твердых коммунальных отходов, проводят мероприятия по сбору и передают отходы населения фирмам-переработчикам вторсырья.

Для решения рассмотренных идей, обсуждавшихся на Форуме, к 2025 г. планируется создание кафедр здорового дизайна и архитектуры в архитектурных вузах и всех учебных заведениях страны, подготавливающих дизайнеров, особо подчеркивалось, что все архитектурные проекты обязательно должны учитывать влияние предлагаемых решений на физическое и психическое здоровье населения.

Поскольку Форум активно поддержали Государственная Дума Российской Федерации, Совет Федерации Федерального Собрания Российской Федерации, Социальная Платформа ВПП «Единая Россия», то можно надеяться на воплощение разработанных проектов в реальности.

В последнее время как одно из направлений устойчивого развития появилось понятие «умный город». Города, созданные или реорганизованные в таком аспекте, характеризуются высокоэффективной экономикой, продуманным управлением, современными информационными технологиями, интеллектуальными системами управления, высоким качеством жизни горожан, мобильностью, бережным отношением к окружающей среде, биопозитивностью зданий и инженерных сооружений, население активно участвует в жизни города и оказывает непосредственное влияние на принятие решений. В РФ сейчас реализуются и готовятся к реализации несколько таких проектов, среди которых Инноград «Сколково» (Москва), и Иннополис (Республика Татарстан) и др.

В Нижегородской области реализация подобных проектов носит пока мозаичный характер, в основном в виде пилотных проектов в Нижнем Новгороде. Например, «умные остановки», где можно узнать информацию о гостиницах, достопримечательностях города, движении общественного транспорта в режиме онлайн.

К препятствиям становления устойчивого развития в городах России относятся: технологическая отсталость, низкая информированность и квалификация государственных служащих и отраслевых специалистов администрации городов, недостаточный образовательный уровень населения.

Все эти проекты требуют также значительных финансовых вложений, но все эти препятствия решаемы со временем. Например, Нижегородская область является одним из регионов-лидеров по объему привлеченных средств из федерального бюджета на нацпроекты в 2019 г., среди которых нацпроект «Экология», «Безопасные и качественные автомобильные дороги» и другие.

Так, проект «Экология» включает в себя эффективное обращение с отходами производства и потребления, включая ликвидацию несанкционированных свалок (проект «Комплексная система обращения с твердыми коммунальными отходами»); кардинальное снижение уровня загрязнения атмосферного воздуха промышленных центров (уменьшение не менее чем на 20% совокупного объема выбросов загрязняющих веществ, проект «Чистый воздух»); повышение качества питьевой воды (проект «Чистая вода»); сохранение биоразнообразия через создание новых особо охраняемых природных территорий (направление «Природа») [5].

Все рассмотренные проекты, за исключением создания новых ООПТ, имеют к городам прямое отношение, но поскольку создание охраняемых природных территорий также влияет на качество окружающей среды, то опосредованно и этот проект будет иметь важное значение для качества городской среды.

Интересен также Федеральный проект «Формирование комфортной городской среды». Этот проект направлен на повышение качества городской среды на 30% (по оценкам Правительства РФ), сокращение в два раза количества городов с неблагоприятной средой. Методики подсчета, оценки качества городской среды будут утверждены Правительством Российской Федерации.

Проект «Формирование комфортной городской среды» особенно актуален для Нижегородской области, в которой основной градообразующей базой городов являются такие отрасли промышленности, как машиностроение и металлообработка, электроэнергетика, химическая и нефтехимическая промышленность, черная металлургия,

производство строительных материалов, которые занимают ведущее место по выбросу основных загрязняющих веществ.

Качество атмосферного воздуха нестабильно. Так, в 2018 г., по сравнению с предыдущим, отмечено снижение количества проб с превышением ПДК по аммиаку и фенолу; не было отмечено проб с превышением ПДК по взвешенным веществам, оксиду углерода, формальдегиду. При этом отмечалось превышение ПДК по диоксиду серы, дигидросульфиду и азота диоксиду [6].

Городами с неблагоприятной окружающей средой по-прежнему являются такие города области, как Нижний Новгород, Дзержинск, Кстово, Бор и Выкса. Некоторому улучшению показателей качества атмосферного воздуха в областном центре способствует постепенное улучшение транспортной инфраструктуры – строительство дорог, транспортных развязок, направляющих транзитный транспорт в обход города. В пределах своих полномочий Управление Роспотребнадзора добивается от руководства предприятий принятия действенных мер по снижению уровня воздействия на атмосферный воздух. На ряде промышленных объектов были разработаны и внедрены технологии, позволяющие сократить выброс в атмосферу загрязняющих веществ: ООО «ЛУКОЙЛ-Нижегороднефтеоргсинтез», ООО «РусВинил», ОАО «Сибур-Нефтехим», АО «НМЖК».

Нижний Новгород в 2018 г. принимал участников и гостей Чемпионата Мира по футболу – 2018. Это событие также способствовало улучшению качества жизни горожан. Так, был построен новый стадион, облагорожена территория в центре города и на прилегающих территориях, а также проведен мониторинг качества атмосферного воздуха по приоритетным показателям в местах проживания населения, а также участников чемпионата и клиентских групп, в мониторинговых точках, расположенных вблизи стадиона Нижний Новгород, тренировочных площадок базы команд, фан-зоны.

В период подготовки и проведения чемпионата мира по футболу на ряде крупных предприятий Нижегородской области и города Нижнего Новгорода были введены ограничения производственной деятельности, связанные с производством и оборотом опасных загрязняющих веществ, с технологическими процессами, сопровождающимися значительными выбросами в атмос-

феру, выбросами дурнопахнущих веществ. Все эти мероприятия позволили добиться улучшения показателей по качеству атмосферного воздуха как в областном центре, так и в других населённых пунктах.

Помимо качества атмосферного воздуха одной из основных проблем в Нижегородской области остается проблема утилизации отходов. Отходы на территории Нижегородской области размещаются на 17 полигонах ТКО [6]. В 2018 г. был введен в эксплуатацию современный мусоросортировочный комплекс ООО «МАГ-Групп».

Основными нарушениями санитарно-технического состояния полигонов и санкционированных свалок остаются нарушения технологии захоронения отходов, отсутствие пунктов радиационного контроля. В населенных пунктах это в основном нарушение расстояний от площадок установки контейнеров до жилого фонда (особенно в г. Нижнем Новгороде), использование контейнерных площадок без твердого основания, особенно на территории частной жилой застройки, отсутствие площадок для приема снега, а также медленные темпы работ по рекультивации нарушенных земель в связи с размещением на них свалок ТКО, подлежащих закрытию, согласно территориальной схеме обращения с отходами.

Проблема размещения отходов решается с помощью внедрения технологий по переработке отходов, являющихся вторичными материальными ресурсами. В области имеются участки по переработке резинотехнических изделий, аккумуляторов, бумаги и картона, но в целом по области мощность имеющихся участков по сортировке, вторичной переработке отходов недостаточна. По-прежнему трудно решается вопрос с организацией централизованной системы утилизации товаров народного потребления, утративших потребительские свойства (ртутьсодержащие лампы, аккумуляторы, батарейки и т.д.).

### Выводы

Множественные аспекты устойчивого развития городов достаточно трудно реализовать, но все-таки возможно, опыт зарубежных и отечественных проектов помогает осознать всеобщую проблему по изменению качества жизни городских поселений. Постепенно начинают реализовываться ряд задач в этом направлении. Для улучшения качества жизни используются инновационные проекты и забытый опыт советских времен.

Возможно, в ближайшем будущем в городах Нижегородской области появится экологичный общественный транспорт, развитое велодвижение, а города будут отвечать всем основным требованиям экологичной среды, среди которых минимизация шумового загрязнения, продуманный эко-дизайн сооружений, рециркуляция отходов и другие аспекты, соответствующие устойчивому развитию городов. Новыми общепринятыми нормами для современного поколения и воскрешенными традициями для старого должны стать обеспечение дружбы и солидарности жителей, единение населения при создании нового, удобного, здорового города, устойчивой урбозоологической среды, способной положительно влиять на качество жизни населения.

### Список литературы / References

1. Евтеев О.А., Январева Л.Ф. Экологический атлас России. М.: Карта, 2002. С. 8–9.
1. Evteev O.A., Yanvareva L.F. Ecological Atlas of Russia. M.: Karta, 2002. P. 8–9 (in Russian).
2. Репуленко А.В. Пространственная дифференциация качества жизни населения (на материалах ПФО и Нижегородской области): дис. ... канд. геогр. наук. Ставрополь, 2011. 153 с.
2. Repulenko A.V. Spatial differentiation of the quality of life of the population (on materials of the Privolzhskii Federal District and the Nizhny Novgorod region): dis. ... kand. geogr. nauk. Stavropol, 2011. 153 p. (in Russian).
3. Первый Международный форум «Устойчивое развитие и Города будущего: экономика, здоровье, экология». [Электронный ресурс]. URL: <https://www.sustainablecity.ru/forum> (дата обращения: 25.03.2019).
3. First International Forum «Sustainable Development and the Cities of the Future: Economy, Health, Ecology». [Electronic resource]. URL: <https://www.sustainablecity.ru/forum> (date of access: 25.03.2019) (in Russian).
4. Ханова Т.Г., Бышева М.В., Демидова Е.Е. Использование экологического календаря в процессе ознакомления старших дошкольников с сезонными изменениями в природе // Вестник Мининского университета. 2018. Т. 6. № 2. С. 1–17. DOI: 10.26795/2307-1281-2018-6-2-11.
4. Khanova T.G., Byvsheva M.V., Demidova E.E. The Use of the Ecological Calendar in the Process of Acquaintance of Over-Five Preschool Children with Seasonal Changes in Nature // Vestnik of Minin University. 2018. V. 6. № 2. P. 1–17 (in Russian).
5. Материалы Заседания Совета по стратегическому развитию и нацпроектам от 24.10.2018 г. [Электронный ресурс]. URL: <http://kremlin.ru/events/president/news/58894>. (дата обращения: 23.04.2019).
5. Materials of the Meeting of the Council for Strategic Development and National Projects of October 24, 2018. [Electronic resource]. URL: <http://kremlin.ru/events/president/news/58894> (date of access: 23.04.2019) (in Russian).
6. Доклад «Состояние окружающей среды и природных ресурсов Нижегородской области в 2018 году». Министерство экологии и природных ресурсов Нижегородской области. [Электронный ресурс]. URL: <http://mineco-nn.ru/doklad-sostoyanie-okruzhayushhej-sredy-i-prirodnykh-resursov-nizhegorodskoj-oblasti-v-2018-godu>, (дата обращения: 15.04.2019).
6. Report «State of the Environment and Natural Resources of the Nizhny Novgorod Region in 2018». Ministry of Ecology and Natural Resources of the Nizhny Novgorod Region. [Electronic resource]. URL: <http://mineco-nn.ru/doklad-sostoyanie-okruzhayushhej-sredy-i-prirodnykh-resursov-nizhegorodskoj-oblasti-v-2018-godu>, (date of access: 15.04.2019) (in Russian).

УДК 556.314(571.12)

## АНАЛИЗ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ В ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ И ГОРОДА ТЮМЕНИ

<sup>1,2</sup>Жиляков Е.В., <sup>1</sup>Монахова З.Н., <sup>1</sup>Гузеева С.А., <sup>1</sup>Брюханова Р.Я., <sup>1</sup>Томус И.Ю.

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет» Министерства образования России, Тюмень, e-mail: tyuiu.ru;

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Тюменский государственный медицинский университет» Минздрава России, Тюмень, e-mail: tyumsmu.ru

Данные ежегодного мониторинга состояния водных объектов, осуществляемого Департаментом недропользования и экологии Тюменской области, констатируют, что в целом в Тюменской области в 2017 г. из общего количества отобранных проб воды источников хозяйственно-питьевого водоснабжения более половины (54,4%) не соответствовали нормативным значениям по санитарно-токсикологическим показателям. Эти цифры имеют тенденцию к ежегодному ухудшению. В 2016 г. не соответствовало данному критерию 47,5%. Управление Роспотребнадзора по Тюменской области зафиксировало в 2015 г. несоответствие качества поверхностных источников хозяйственно-бытового и питьевого водоснабжения рекомендованным величинам в 20,6% проб, а в 2014 г. – 19,2%. Эта ситуация объясняется ухудшением геоэкологической обстановки в регионе из-за паводков 2016 и 2017 гг., при которых поверхностный сток обусловил загрязнение водных объектов. При этом отмечалось превышение аммония, кремния, железа (до 5 ПДК). В подземных водах регулярно выявлялось повышенное содержание: алюминия (от 2,6 до 7,4 ПДК), аммиака (по азоту) (от 1,1 до 4,6 ПДК), брома (от 1,2 до 4,3 ПДК), бария (от 1,1 до 5,2 ПДК), бора (от 1,1 до 1,8 ПДК), ртути (от 1,2 до 1,4 ПДК), кадмия (свыше 1,2 ПДК), бериллия (более 1,9 ПДК). Свыше 12% проб не соответствовало санитарно-химическим нормативам и в разводящей сети в различных районах области и г. Тюмени (превышение концентрации марганца от 1,1 до 2,0 ПДК, аммиака более 5 ПДК, железа – более 5 ПДК, кремния – от 2 до 5 ПДК). По данным натуральных лабораторных исследований, осуществленных на базах ведущих вузов г. Тюмени, были выявлены также значительные отклонения от нормативных критериев многих показателей, характеризующих антропогенный прессинг на водные объекты.

**Ключевые слова:** источники водоснабжения, антропогенный прессинг, допустимые уровни, нормативные критерии, геоэкологическая обстановка, загрязняющие вещества

## ANALYSIS OF GEO-ECOLOGICAL SITUATION IN WATER OBJECTS OF THE TYUMEN REGION AND TYUMEN CITY

<sup>1,2</sup>Zhilyakov E.V., <sup>1</sup>Monakhova Z.N., <sup>1</sup>Guzeeva S.A., <sup>1</sup>Bryukhanova R.Ya., <sup>1</sup>Tomus I.Yu.

<sup>1</sup>Tyumen Industrial University of the Ministry of Education of Russia, Tyumen, e-mail: tyuiu.ru;

<sup>2</sup>Tyumen State Medical University of the Ministry of Health of Russia, Tyumen, e-mail: tyumsmu.ru

The data of the annual monitoring of the state of water bodies carried out by the Department of subsoil use and ecology of the Tyumen region state that in General in the Tyumen region in 2017 from the total number of selected water samples of sources of drinking water supply more than half (54.4%) did not meet the normative values for sanitary and Toxicological indicators. These figures tend to deteriorate each year. In 2016, 47.5% did not meet this criterion. The Department of Rosпотребнадзор in the Tyumen region recorded in 2015 the quality of surface sources of household and drinking water supply did not correspond to the recommended values in 20.6% of samples, and in 2014 – 19.2%. This situation is explained by the deterioration of the geoecological situation in the region due to floods in 2016 and 2017 at which surface runoff caused pollution of water bodies. At the same time, excess of ammonium, silicon, iron (up to 5 MPC) was noted. In groundwater, elevated levels of aluminum (from 2.6 to 7.4 MPC), ammonia (nitrogen) (from 1.1 to 4.6 MPC), bromine (from 1.2 to 4.3 MPC), barium (from 1.1 to 5.2 MPC), boron (from 1.1 to 1.8 MPC), mercury (from 1.2 to 1.4 MPC), cadmium (over 1.2 MPC), beryllium (more than 1.9 MPC) were regularly detected. More than 12% of the samples did not meet the sanitary and chemical standards and in the breeding network in different regions of the region and Tyumen (excess of manganese concentration from 1.1 to 2.0 MPC, ammonia more than 5 MPC, iron – more than 5 MPC, silicon – from 2 to 5 MPC. According to full-scale laboratory studies carried out at the bases of the leading Universities of Tyumen, significant deviations from the normative criteria of many indicators characterizing anthropogenic pressure on water objects were also revealed.

**Keywords:** sources of water supply, anthropogenic pressure, permissible levels, regulatory criteria, geoecological situation, pollutants

Загрязнение окружающей среды в Российской Федерации в целом и Тюменской области в частности является одной из актуальнейших проблем, влияющей не только на состояние здоровья населения, человека, но и на другие ее субъекты: на растительный покров, на микроорганизмы, на животных, на гидробионтов и т.д. Осо-

бой опасностью для здоровья человека характеризуются чужеродные компоненты, поступающие с водой, воздухом, продуктами питания – нитро- и аминоксоединения, лекарственные и дезинфицирующие средства, полициклические ароматические углеводороды, которые устойчивы к разрушению в окружающей среде. Миграция

чужеродных соединений во внутренние среды биологических организмов имеется во всех видах биологических систем. Согласно теории прогрессивного накопления ксенобиотиков в трофических цепях, каждое последующее звено цепи может накапливать до 10 раз больше поллютантов, чем предыдущее звено. Поэтому конечное звено пищевой цепи – человек – может их значительно аккумулировать по сравнению с исходными показателями в окружающей среде. Особенное значение это приобретает в условиях промышленного освоения газовых и нефтяных ресурсов северных регионов России – Тюменской области [1].

Вместе с тем известно, что гидробионты – жители водных объектов зачастую являются более чувствительными организмами к загрязнению свойственной им среды обитания, чем населяющие поверхность суши – животные и даже растения [2]. Доказано, что гидробионты обладают меньшей способностью полноценно обезвреживать ксенобиотики, поступающие к ним из среды обитания, чем жители суши. Это связано не только с несовершенством их систем детоксикации, органов защиты, отвечающих за метаболизм чужеродных химических соединений, но и со способностью (биологическим свойством организмов) активно кумулировать загрязняющие вещества из воды [3]. Особенно это характерно для накопления гидробионтами таких веществ, как пестициды, радионуклиды, соли тяжелых металлов.

В настоящее время ситуация в Тюменской области и г. Тюмени по ксенобиотической нагрузке на водные объекты складывается неблагоприятно. При этом для Тюменской области отмечается природное повышенное содержание в воде общего железа, марганца, аммиака, кремния, которые могут обнаруживаться и в разводящей сети – после очистки воды [4].

Цель исследования: изучить возможность разработки унифицированных подходов к ранжированию территорий с высокой экологической нагрузкой на среду обитания в результате антропогенной деятельности человека. Разработать методику расчета рисков немедленного и хронического действия на человека техногенных контаминантов водных объектов. Определить вероятные последствия загрязнения акватории и обосновать мероприятия по снижению негативного действия ксенобиотиков как на элементы окружающей среды, так и на человека.

### Материалы и методы исследования

Был проведен анализ загрязнения водных объектов г. Тюмени на базах государственного медицинского университета и государственного индустриального университета. Оценка проводилась по основным загрязняющим веществам, характерным для антропогенной деятельности. Было проанализировано более 1000 проб воды из различных водоисточников. Оценивалась достоверность полученных результатов. Полученные значения сравнивались с данными, представленными на основе ежегодных докладов Департамента недропользования и экологии Тюменской области [4–6]. Осуществлялась статистическая обработка [7]. Для сравнения степень загрязненности воды оценивалась в соответствии с классификацией, предложенной методикой Гидрохимического института Росгидромета, по которой проводилась комплексная оценка качества воды по пяти классам – 1-й класс (условно чистая), 2-й класс (слабо загрязненная); 3-й класс (загрязненная, очень загрязненная); 4-й класс (грязная, очень грязная); 5-й класс (экстремально грязная). Исследования проведены в летний период 2017 г.

### Результаты исследования и их обсуждение

В 2017 г. по Тюменской области в целом из общего количества отобранных проб воды по санитарно-токсикологическим показателям не соответствовало 54,4%, при этом микробиологические показатели не соответствовали в 4,1% (в 2016 г. 47,5% и 3,7% соответственно). Пробы поверхностных источников хозяйственно-питьевого водоснабжения по санитарно-химическим показателям не соответствовали нормативным критериям в 24,7% (за 2016 г. эти значения были в пределах 20,5%), при этом удельный вес проб, неудовлетворяющих нормативные значения по микробиологической составляющей – 10,6% (за 2016 г. – 8,4%). В источниках питьевого водоснабжения выявлено превышение ПДК ионов аммония [4].

Мониторинговые наблюдения 2017 г. за источниками питьевого водоснабжения в области в целом показали повышенное содержание железа, при этом в целом ряде районов с высокой степенью антропогенной нагрузки, а также г. Тюмени фиксировалось превышение содержания железа предельно допустимых концентраций (ПДК) более чем в 5 раз. В некоторых водозаборах отмечалось превышение кремния.



В разводящей сети не соответствовали нормативам санитарно-химические показатели в 12,6% проб. При этом регистрировались в различных районах и г. Тюмени суммарно: превышение содержания марганца от 1,1 до 2,0 ПДК, аммиака в концентрации более 5 ПДК, железа – более 5 ПДК, кремния – от 2 до 5 ПДК. Было обнаружено несоответствие нормативам показателей мутности [5].

В 2016 г. в грунтовых водах отмечены загрязнители, превышающие ПДК и позволяющие по санитарно-токсикологическим и органолептическим признакам вредности отнести их к I, II и III классу опасности. Выявлено повышенное содержание загрязняющих веществ, превышающее рекомендованные величины: алюминия (3,4 ПДК); аммиака (по азоту) (1,3–3,0 ПДК); свинца (1,1–1,8 ПДК), бария (1,2–1,6 ПДК), селена (более 1,4 ПДК), при этом в предыдущем 2015 г. концентрации алюминия и селена не превышали нормативные критерии, а концентрации нефтепродуктов: нитратов, кадмия, брома, бора, наоборот, превышали таковые.

Территории сельскохозяйственного назначения характеризовались повышенным содержанием в грунтовых водах: алюминия (от 2,6 до 7,4 ПДК), аммиака (по азоту) (от 1,1 до 4,6 ПДК), брома (от 1,2 до 4,3 ПДК), бария (от 1,1 до 5,2 ПДК), бора (от 1,1 до 1,8 ПДК), ртути (от 1,2 до 1,4 ПДК), кадмия (свыше 1,2 ПДК), бериллия (более 1,9 ПДК). В пределах Тюменской области качество воды в водных объектах изменялось от 3 класса (очень загрязненная) до 4 класса (очень грязная) [6].

При комплексной оценке водных объектов были выявлены критические показате-

ли загрязнения – марганец и железо, повышенное содержание которых может носить естественный геохимический характер, обусловленный природными качественными свойствами поверхностных вод.

При введении в эксплуатацию целого ряда загрязняющих окружающую среду промышленных объектов: Антипинский НПЗ, Тюменский мусоросжигательный завод и др. – проводился анализ загрязнений водных объектов г. Тюмени. Данные настоящих лабораторных наблюдений, осуществленных на базах ведущих вузов г. Тюмени за загрязнителями водных объектов хозяйственно питьевого назначения г. Тюмени за 2017 г., представлены в табл. 1–4.

В табл. 1 представлены данные основных веществ, превышающих допустимые нормативные значения, загрязняющих водные объекты г. Тюмени. Исходя из полученных величин, можно констатировать, что ведущими загрязнителями (в порядке убывания) по органолептическому признаку являются: алюминий – превышение ПДК в 4,18 раза, железо – превышение ПДК в 3,28 раз, хлориды – в 1,4 раза, гидроксибензол – в 1,3 раза, сульфаты – в 1,17 раза и нефтепродукты – в 1,1 раз. Аналогичная градация ранговых мест веществ, лимитируемых по санитарно-токсикологическому показателю, показала, что наибольшие значения превышения ПДК отмечаются по поверхностно-активным веществам – в 2,59 раз, нитратам – в 1,48 раз и нитритам – в 1,4 раза.

Для веществ, не превышающих ПДК, в порядке убывания сравниваемых с ПДК значений ранжирование было следующим: формальдегид, медь, хром, свинец, сероводород, фосфор, метанол (табл. 2).

**Таблица 1**

Показатели и критерии опасности загрязнений водных объектов хозяйственно-питьевого назначения г. Тюмени

Вещество	ПДК	Лимитирующий показатель вредности	Класс опасности	$\frac{C}{ПДК}$	Ранг
1	2	3	4	5	6
Нефтепродукты	0,1	органолептический	4	1,083	9
Сульфаты	500	органолептический	4	1,165	8
Хлориды	350	органолептический	4	1,4214	5
Гидроксибензол	0,001	органолептический	4	1,25	7
Нитраты	45	санитарно-токсикологический	3	1,48	4
СПАВ (ПАВ)	0,5	санитарно-токсикологический	2	2,584	3
Железо	0,3(1)	органолептический	3	3,28	2
Алюминий	0,2(0,5)	органолептический	3	4,184	1
Нитриты	3,3	санитарно-токсикологический	2	1,394	6

Таблица 2

Показатели и критерии опасности загрязнений водных объектов хозяйственно-питьевого назначения г. Тюмени веществами, не превышающими допустимые нормативные значения

Вещество	ПДК	Лимитирующий показатель вредности	Класс опасности	$\frac{C}{ПДК}$	Ранг
1	2	3	4	5	6
Фосфор общий	0,0001	санитарно-токсикологический	1	0,140	6
Свинец	0,01	санитарно-токсикологический	2	0,40	4
Сероводород	0,003	органолептический	4	0,141	5
Медь	1	органолептический	3	0,866	2
Хром	0,05	санитарно-токсикологический	3	0,816	3
Метанол	3	санитарно-токсикологический	2	0,050	7
Формальдегид	0,05	санитарно-токсикологический	2	0,966	1

При оценке рисков негативных последствий основных загрязняющих веществ водных объектов хозяйственно-питьевого назначения г. Тюмени было выяснено, что практически все вещества, которые превышают предельно допустимые концентрации, имеют высокий риск развития эффектов, нормируемых по лимитирующему критерию: органолептическому или санитарно-токсикологическому, исключая гидроксibenзол (табл. 3).

Для веществ, не превышающих ПДК, вероятность развития эффектов, нормируемых по лимитирующему критерию, была низкая, за исключением свинца, вероятность специфического эффекта которого при хронической интоксикации была средней (табл. 4).

Основными факторами, оказывающими наиболее значимое влияние на гидродинамическое состояние питьевой воды подземных водоисточников Тюменской области, являются: высокие объемы добычи полезных ископаемых – нефти и газа с последующей закачкой наполнителей в пласты разрабатываемых нефтяных и газовых залежей в образующиеся пустоты при эксплуатации газо- и нефтепромыслов; значительные объемы изъятия воды из всех типов источников для технических целей, а также для хозяйственно-питьевых и культурно-бытовых потребностей.

Изменение состояния подземных вод в наибольшей степени осуществляется на участках разрабатываемых ископаемых, потребляющими из водозаборов более 1000 м<sup>3</sup>/сут воды. На территории Тюменской области насчитывается порядка 14 групповых водозаборов, эксплуатируемых для таких объемов. Ведущее место занимают водоза-

боры, используемые для нужд водоснабжения г. Тюмени.

При этом не наблюдается истощение водных запасов, а колебания уровня воды эксплуатируемых скважин не превышают допустимые значения, что определяет стабильность установленного режима водообеспечения объектов Тюменской области. Отмечается многолетняя стабильность размеров и форм депрессионных воронок, которые были сформированы на исходном этапе в начале их эксплуатации.

При анализе данных гидродинамического режима подземных вод показал, что к 2016 г. был зафиксирован подъем их уровня с 2014 г. в среднем на 0,2–0,7 м, имеющий циклический (отмечается периодичность 3–5, 7–8-летней повторяемости), естественный характер, связанный с климатическими и гидрометеорологическими особенностями региона. Такой гидродинамический режим наблюдался не только в естественных условиях, но и в слабонарушенных пластах гидрологических объектов в результате техногенной активности.

Существующие региональные гидрохимические условия Тюменской области (заболоченность местности, равнинность территории, избыточная увлажненность, слабая дренированность) обуславливают гидрохимическое состояние грунтовых вод, характеризующее повышенной цветностью, высокими значениями содержания железа, марганца, кремния, высокой окисляемостью. Отмечается близкое залегание грунтовых вод к поверхности земли, что сочетается с практическим отсутствием глинистого водоупора, выдержанного по площади в толще перекрывающих отложений [8].

**Таблица 3**

Оценка риска немедленного и хронического действия загрязнений водных объектов хозяйственно-питьевого назначения г. Тюмени

Вещество	Prob	Risk	Ранг проб	Ранг рисков	Вероятность развития эффектов
1	2	3	4	5	6
Нефтепродукты	4,75	0,85	7	5	высокая
Сульфаты	4,86	1	6	1	высокая
Хлориды	5,15	1	3	1	высокая
Гидроксибензол	4,96	0,42	5	7	средняя
Нитраты	3,32	0,99	8	2	высокая
СПАВ (ПАВ)	5,07	0,89	4	4	высокая
Железо	3,03	0,82	9	6	высокая
Алюминий	6,58	0,97	2	3	высокая
Нитриты	10,33	1	1	1	высокая

**Таблица 4**

Оценка риска немедленного и хронического действия загрязнений водных объектов хозяйственно-питьевого назначения г. Тюмени веществами, не превышающими допустимые нормативные значения

Вещество	Prob	Risk	Ранг проб	Ранг рисков	Вероятность развития эффектов
1	2	3	4	5	6
Фосфор общий	1,35	0,24	5	3	низкая
Свинец	6,43	0,502	1	1	средняя
Сероводород	1,82	0,27	3	2	низкая
Медь	1,11	0,16	6	5	низкая
Хром	1,47	0,15	4	6	низкая
Метанол	0,05	0,09	7	7	низкая
Формальдегид	1,99	0,18	2	4	низкая

### Выводы

1. Большая часть территории Тюменской области имеет слабую природную защищенность подземных вод, что негативно отражается на их качестве в условиях высокой антропогенной нагрузки, сопровождающейся обязательным загрязнением водных объектов химическими веществами.

2. Высокое содержание железа, меди, других ксенобиотиков в воде при регулярном ее употреблении человеком может стать причиной появления аллергических реакций, хронических заболеваний слизистых оболочек и кожи, при этом возможно негативное действие на формирование иммунитета, процессы кроветворения, развития отдаленных процессов и т.д.

3. Были определены основные контаннанты водных объектов Тюменской области и г. Тюмени. Полученные значения натуральных исследований водных объектов Департаментом недропользования и экологии Тюменской области, а также ведущи-

ми вузами Тюменской области позволяют спрогнозировать негативные последствия как для отдельного человека, так и для населения региона в целом.

4. Полученные данные говорят о том, что вещества, загрязняющие водные объекты, даже в случаях, не превышающих предельно допустимые значения, или в случаях незначительного превышения ПДК, могут иметь риск развития неблагоприятных для человека специфических эффектов. Это позволяет разработать систему мероприятий по их устранению (нивелировке).

### Список литературы / References

1. Жилияков Е.В., Монахова З.Н., Монахов М.С., Ударцева О.В., Томус И.Ю. Эколого-токсикологический мониторинг воздушной среды Тюменской области и г. Тюмени // Современные проблемы науки и образования. 2018. № 6. [Электронный ресурс]. URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=28519> (дата обращения: 28.03.19).
- Zhiljakov E.V., Monahova Z.N., Monahov M.S., Udartseva O.V., Tomus I.Yu. Ecological and Toxicological monitoring of the air environment of the Tyumen region and Tyumen city // Modern problems of science and education. 2018. № 6. [Electronic resource]. URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=28519> (date of access: 28.03.2019) (in Russian).

2. Доценко В.А. Эколого-гигиеническая концепция питания человека // Гигиена и санитария. 1990. № 7. С. 13–18.
- Dotsenko V.A. Ecological and hygienic concept of human nutrition // *Gigiena i sanitariya*. 1990. № 7. P. 13–18 (in Russian).
3. Одум Ю. Экология. М.: Мир, 1986. Т.1. 328 с.
- Odum Yu. Ecology. M.: Mir, 1986. Vol.1. 328 p. (in Russian).
4. Доклад об экологической ситуации в Тюменской области в 2017 году. Департамент недропользования и экологии Тюменской области [Электронный ресурс]. URL: [https://admtymen.ru/ogv\\_ru/about/ecology/eco\\_monitoring/more.htm?id=11552245%40cmsArticle](https://admtymen.ru/ogv_ru/about/ecology/eco_monitoring/more.htm?id=11552245%40cmsArticle) (дата обращения: 29.03.2019).
- Report on the environmental situation in the Tyumen region in 2017. Department of subsoil use and ecology of the Tyumen region [Electronic resource]. URL: [https://admtymen.ru/ogv\\_ru/about/ecology/eco\\_monitoring/more.htm?id=11552245%40cmsArticle](https://admtymen.ru/ogv_ru/about/ecology/eco_monitoring/more.htm?id=11552245%40cmsArticle) (date of access: 29.03.2019) (in Russian).
5. Доклад об экологической ситуации в Тюменской области в 2016 году. Департамент недропользования и экологии Тюменской области [Электронный ресурс]. URL: [https://admtymen.ru/ogv\\_ru/about/ecology/eco\\_monitoring/more.htm?id=11447166%40cmsArticle](https://admtymen.ru/ogv_ru/about/ecology/eco_monitoring/more.htm?id=11447166%40cmsArticle) (дата обращения: 29.03.2019).
- Report on the environmental situation in the Tyumen region in 2016. Department of subsoil use and ecology of the Tyumen region [Electronic resource]. URL: [https://admtymen.ru/ogv\\_ru/about/ecology/eco\\_monitoring/more.htm?id=11447166%40cmsArticle](https://admtymen.ru/ogv_ru/about/ecology/eco_monitoring/more.htm?id=11447166%40cmsArticle) (date of access: 29.03.2019) (in Russian).
6. Доклад об экологической ситуации в Тюменской области в 2015 году. Департамент недропользования и экологии Тюменской области [Электронный ресурс]. URL: [https://admtymen.ru/ogv\\_ru/about/ecology/eco\\_monitoring/more.htm?id=11377597%40cmsArticle](https://admtymen.ru/ogv_ru/about/ecology/eco_monitoring/more.htm?id=11377597%40cmsArticle) (дата обращения: 29.03.2019).
- Report on the environmental situation in the Tyumen region in 2015. Department of subsoil use and ecology of the Tyumen region [Electronic resource]. URL: [https://admtymen.ru/ogv\\_ru/about/ecology/eco\\_monitoring/more.htm?id=11377597%40cmsArticle](https://admtymen.ru/ogv_ru/about/ecology/eco_monitoring/more.htm?id=11377597%40cmsArticle) (date of access: 29.03.2019) (in Russian).
7. Жилияков Е.В., Скипин Л.Н., Латенков В.П. Основы токсикологии. Учебно-методическое пособие. Тюмень: РИО ТюмГАСУ, 2015. 171 с.
- Zhiljakov E.V., Skipin, L.N., Latenkov V.P. Fundamentals of toxicology. Educational-methodical manual. Tyumen: RIO TyumGASU, 2015. 171p. (in Russian).
8. Семенова Т.В., Данкова И.М. Гидроминеральные ресурсы юга Тюменской области и перспективы их использования // Известия вузов. Нефть и газ. 2012. № 5. С. 9–13.
- Semyonova T.V., Dankova I.M. Hydromineral resources of the South of the Tyumen region and prospects of their use // *Izvestiya vuzov. Neft' i gaz*. 2012. № 5. P. 9–13 (in Russian).

УДК 550.424:551.464

**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И МИГРАЦИЯ  $^{137}\text{Cs}$  В ТОРФЯНЫХ ГОРИЗОНТАХ  
ВЕРХОВОГО БОЛОТА В ОКРЕСТНОСТЯХ СЕВЕРОДВИНСКОГО  
ПРОМЫШЛЕННОГО РАЙОНА****Зыков С.Б., Яковлев Е.Ю., Зыкова Е.Н., Дружинин С.В.***Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики  
им. академика Н.П. Лаврова РАН, Архангельск, e-mail: abs2417@yandex.ru*

Целью исследования являлся анализ содержания радиоактивного  $^{137}\text{Cs}$  в почвенных профилях на открытом и возвышенном участках верхового болота в окрестностях Северодвинского промышленного района. Предпосылкой для данного исследования стала неизученность распределения  $^{137}\text{Cs}$  по торфяному профилю послойно на данной территории. Задачами исследования являлись отбор торфяных профилей и послойное определение активности цезия в каждом из горизонтов. Кроме того, было проведено исследование активности  $^{137}\text{Cs}$  в растениях, произрастающих на пробных площадях. В результате проведенных исследований были определены значения активности радиоактивного цезия в торфяных горизонтах с шагом 2 см, которые показали некоторые различия в миграции и распределении активности вниз по профилю на разных пробных участках. Было выявлено смещение вниз по профилю общей активности изотопа и найдены пики активности его по профилю, связанные с глобальными радиоактивными выпадениями. В результате обработки данных найдены различия в активности  $^{137}\text{Cs}$  растений, произрастающих на участке открытого болота и на участке с древесной растительностью. В целом можно сказать, что были получены интересные результаты, свидетельствующие о том, что, несмотря на все условия для быстрой вертикальной миграции цезия, этот радиоактивный элемент накапливается в значительных количествах в растительности и сохраняется в верхних горизонтах торфяных профилей. Данные исследования подтверждают выводы других научных работ, проведенных на сходных территориях, о сорбции, накоплении и вертикальной миграции цезия в условиях болотных экосистем. Распределение активности данного изотопа по торфяному профилю также коррелирует с глобальными выпадениями изотопа.

**Ключевые слова:** радиоактивные изотопы, геоэкология, почвы, экологический мониторинг, спектрометрия, радиохимия

**DISTRIBUTION AND MIGRATION OF  $^{137}\text{Cs}$  IN THE PEATH HORIZONS  
OF THE TOP BOG IN THE SEVERODVINSK INDUSTRIAL REGION****Zykov S.B., Yakovlev E.Yu., Zykova E.N., Druzhinin S.V.***Federal Centre for Integrated Arctic Research named after N.P. Laverov RAS, Archangelsk,  
e-mail: abs2417@yandex.ru*

The aim of the study was to analyze the radioactive  $^{137}\text{Cs}$  content in soil profiles in the open and elevated parts of the upper bog in the region of the Severodvinsk industrial region. The prerequisite for this study was the unawareness of  $^{137}\text{Cs}$  distribution over the peat profile in layers in this area. The objectives of the study were the selection of peat profiles and the layer-by-layer determination of cesium activity in each of the horizons. In addition, a study was conducted of  $^{137}\text{Cs}$  activity in plants growing on test plots. As a result of the conducted research, the values of the activity of radioactive cesium in the peat horizons with a step of 2 cm were determined, which showed some differences in the migration and distribution of the activity down the profile in different test plots. An offset downward was revealed along the profile of the overall activity of the isotope and peaks of its activity along the profile associated with global radioactive fallout were found. As a result of data processing, differences were found in the activity of  $^{137}\text{Cs}$  plants growing in the area of the open bog and in the area with woody vegetation. In general, it can be said that interesting results were obtained indicating that despite all the conditions for rapid vertical migration of cesium, this radioactive element accumulates in significant quantities in vegetation and remains in the upper horizons of peat profiles. These studies confirm the findings of other scientific studies carried out in similar areas on the sorption, accumulation and vertical migration of cesium in wetland ecosystems. The distribution of activity of this isotope over the peat profile also correlates with global isotope depositions.

**Keywords:** radioactive isotopes, geo-ecology, soils, environmental monitoring, spectrometry, radiochemistry

Сфагновые болота характеризуются приподнятой поверхностью посередине и, как правило, приурочены к равнинной территории. Согласно современным представлениям верховое болото характеризуется как омбротрофная структура, поскольку питательные вещества поступают в него из жидких и твердых осадков. В России площадь покрытая верховыми болотами занимает более 1,4 млн км<sup>2</sup>, что составляет 8%

всей площади страны [1]. Поверхность верхового болота представляет собой комбинацию водных бассейнов и кочек, на которых преобладают мхи, лишайники, растения, способные приспособиться к низким значениям рН и малому количеству питательных веществ. Так как осадки являются единственным источником воды, заболачивание снижает уровень кислорода и окислительно-восстановительный потенциал. Это об-

стоятельство снижает скорость разложения органического вещества. В результате этих процессов образование торфа в верховом болоте происходит со скоростью от 0,5 до 1,14 мм в год [2].

Верховое болото является достаточно бедной питательной средой. Только немногие сосудистые виды растений растут на поверхности болота. Наибольшее распространение на верховых болотах получили сфагновые мхи, составляющие одну из главных групп несосудистых растений, встречающихся на болотах. Что касается деревьев, то их на верховых болотах совсем немного. В основном это карликовая береза и сосна обыкновенная, высота которых зачастую не превышает 0,5–1,5 м. В последнее время все больше интереса проявляется к болотным экосистемам с точки зрения радиологических исследований. Во многих ранних исследованиях основное внимание было уделено распределению  $^{137}\text{Cs}$  по поверхности верховых болот [2]. Лишь немногие работы описывали распределение  $^{137}\text{Cs}$  по узким торфяным горизонтам и пытались связать накопление этого изотопа в определенных слоях с точки зрения сорбции живыми клетками с последующим восходящим переносом его из неживой органической массы. Большое значение послужило определению радиоактивного цезия имеет и для датировки торфов по глубине в сочетании с изотопами плутония и америция [3].

Цель исследования: определить и сравнить, как мигрирует  $^{137}\text{Cs}$  по торфяному профилю в разных частях верхового болота в окрестностях Северодвинского промышленного района. Кроме этого, хотелось выяснить, на какой глубине находятся максимальные очаги активности и как эта активность распределена вниз по горизонтам с шагом 2 см. Определенную задачу представляла и оценка активности  $^{137}\text{Cs}$  в основных растениях, живущих в болотной экосистеме. Пробные участки были представлены открытой площадкой типичного верхового болота и низким участком с древесной растительностью. Исследования были проведены в 2007 и 2017 гг. В этой связи было особенно интересно выявить распределение активности  $^{137}\text{Cs}$  в болотной растительности и по почвенному горизонту и определить сорбционную способность мхов рода сфагнум удерживать радиоактивный цезий.

Пробная территория представляла собой небольшое верховое болото округлой формы, расположенное в хвойном лесу

в 10 км от г. Северодвинска (N: 64° 30' 02"; E: 39° 52' 10"). Болото представляет собой совокупность нескольких видов микро-рельефа. В основном это открытые участки покрытые ковром из сфагновых мхов (*Sphagnum fuscum* и *Sphagnum rubellum*), и кочки с мхами и травянистой растительностью представленной в основном пушицей, розмарином, росянкой и клюквой. Другая разновидность рельефа представляет собой пониженные участки. Это относительно сухие площадки болота, где помимо вышеупомянутой растительности встречаются: сосна обыкновенная высотой до 1,5 м у подножия которой господствует морошка (*Rubus chamaemorus*), вереск (*Calluna vulgaris*), брусника (*Vaccinium vitis-idaea*) и карликовая береза (*Betula nana*). Из каждой из этих двух разновидностей рельефа и, соответственно, разных экосистем были отобраны пробы в 2007 г. и, повторно, в 2017 г.

#### Материалы и методы исследования

В 2007 г. был отобран торфяной профиль на открытом участке верхового болота пробной площади и один профиль на низком участке болота, где росли сосны. Оба профиля отбирались традиционным способом в виде почвенного разреза с описанием горизонтов. Образец для дальнейшей обработки в лаборатории вырезался в виде массивного блока размером 50 на 50 см и глубиной 60 см с последующим разделением на 3 части по глубине. В таком виде эти части транспортировались в лабораторию, высушивались при 105 °С до постоянного веса и разрезались на слои по 2 см с помощью ножа. Высушенные образцы измельчались до однородной массы и передавались на измерение. В 2017 г. был проведен отбор проб на тех же участках. Образцы 2017 г. отбирались путем окапывания вокруг отбираемого блока размером 50 на 50 см и глубиной 70 см. Торфяной блок помещался в контейнер соответствующего размера и в неизменном виде транспортировался в лабораторию. В дальнейшем сушка и разделение на слои происходили по вышеупомянутой методике. Всего было приготовлено 60 проб из торфяных профилей, которые были отправлены на измерение.

В 2007 г. также были отобраны мхи, с тех же участков на которых отбирались торфяные профили. Это были мхи рода сфагнум. В 2017 г. помимо проб мхов на тех же участках проводился также отбор образцов морошки, вереска брусники и карликовой березы. Растения не разделялись на

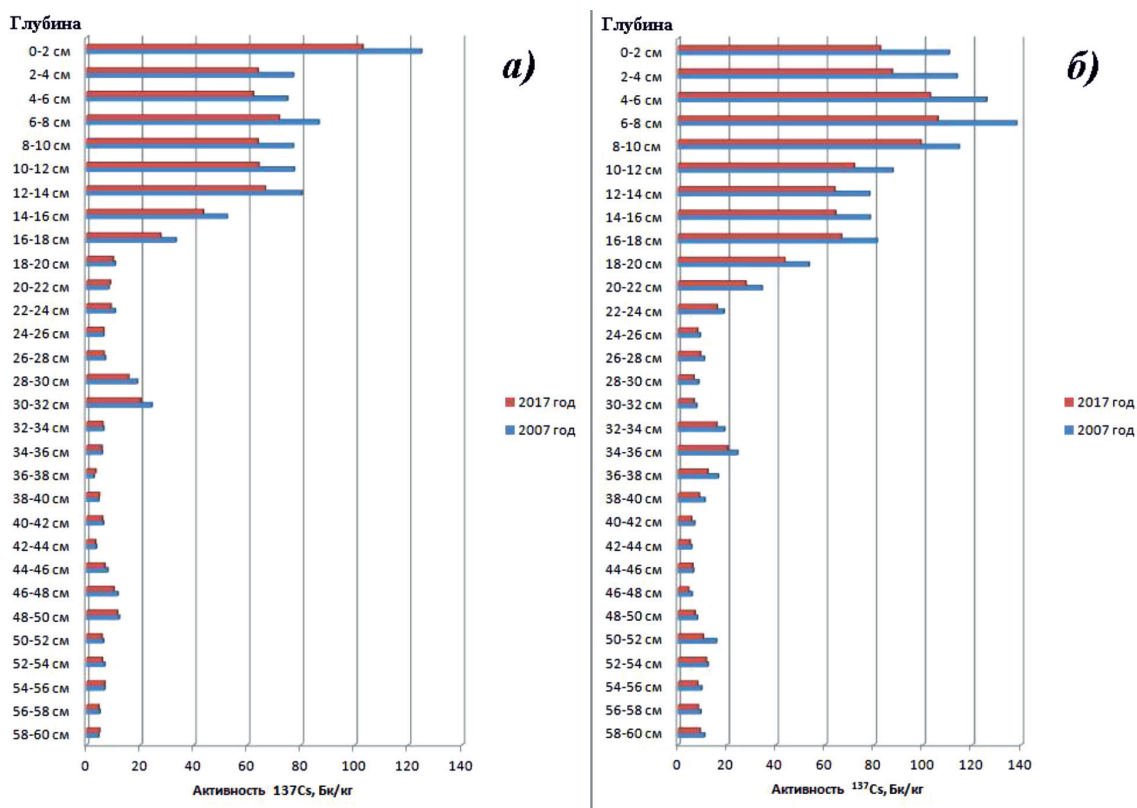
морфологические части, а извлекались из почвы полностью. Растения упаковывались в полиэтиленовые пакеты, а в лаборатории тщательно очищались от посторонних фрагментов. Далее они высушивались при 105 °С до постоянного веса и измельчались на мельнице до частиц менее 1 мм. В целом было отобрано и подготовлено к измерению 12 проб растительности.

Измерение активности <sup>137</sup>Cs проводилось на полупроводниковом гамма-спектрометре с погрешностью до 15%. Кроме того, для уменьшения погрешности активность нуклида соотносилась и с общей гамма-активностью профиля. Перед измерением спектрометр тщательно калибровался несколько раз. Измерение проводилось по геометрии Маринелли с экспозицией 7200 секунд.

**Результаты исследования и их обсуждение**

На рисунке показаны сравнительные графики распределения активности <sup>137</sup>Cs по торфяным горизонтам на открытом участке

верхового болота и на низком участке с древесной растительностью в 2007 и 2017 гг. Сорбция цезия на обоих участках показала сходные значения активности. Средняя суммарная активность по горизонтам составляла в 2007 г. на открытом участке 28,7 Бк/кг, а на низком участке 40,9 Бк/кг. В 2017 г. картина была очень похожей и составляла соответственно на открытом участке болота 24,3 Бк/кг и 33,1 Бк/кг на участке с соснами. Если сравнивать два участка по распределению цезия по горизонтам, то будут видны некоторые отличия. На участке с древесной растительностью можно наблюдать смещение пиков активности цезия на 5–8 см вниз по профилю. В 2017 г. в том и другом профиле наблюдается также значительное уменьшение активности цезия в верхнем 0–2 см слое. Суммарная активность цезия на участке с древесной растительностью также мигрировала вниз по профилю и 50% активности здесь сосредоточено на глубине 8–18 см, в отличие от открытого участка, где основная концентрация <sup>137</sup>Cs наблюдается в интервале 4–14 см.



*Вертикальное распределение <sup>137</sup>Cs в торфяном профиле: а) на открытом участке верхового болота в 2007 и 2017 г.; б) на низком участке верхового болота с соснами в 2007 и 2017 гг.*

Активность  $^{137}\text{Cs}$  в растениях, отобранных на пробных площадках

Вид растения	Активность $^{137}\text{Cs}$ в 2007 г., Бк/кг		Активность $^{137}\text{Cs}$ в 2017 г., Бк/кг	
	Открытый участок	Низкий участок	Открытый участок	Низкий участок
Мох сфагнум ( <i>Sphagnum fuscum</i> и <i>Sphagnum rubellum</i> )	449,6	415,7	308,3	142,5
Вереск ( <i>Calluna vulgaris</i> )	605,4	594,3	479,1	332,3
Морошка ( <i>Rubus chamaemorus</i> )	396,1	348,3	294,7	375,3
Брусника ( <i>Vaccinium vitis-idaea</i> )	387,1	365,7	279,1	194,3

На рисунке, *a*, показано вертикальное распределение осадения  $^{137}\text{Cs}$  на открытом участке верхового болота в 2007 и 2017 гг. Была отмечена хорошая сорбция  $^{137}\text{Cs}$  в слоях торфяного профиля 0–2 и 6–8 см, с соответствующими значениями активности 124,8 и 86,6 Бк в 2007 г. на кг сухой массы. Вниз по профилю наблюдалось снижение активности цезия с небольшими повышениями в слоях 30–32 (24,3 Бк/кг) и 48–50 см (12,2 Бк/кг). В 2017 г. активность несколько снизилась во всех слоях с той же тенденцией к понижению активности вниз по профилю. Максимальная активность наблюдалась в слое 0–2 см (104,3 Бк/кг). Также были отмечены относительно повышенные значения на глубине 32 см (19,8 Бк/кг) и 50 см (11,6 Бк/кг).

Аналогичная тенденция наблюдалась на низком участке с соснами, но распределение  $^{137}\text{Cs}$  в этих профилях немного отличалось (рисунок, *b*). Наблюдался небольшой сдвиг пиков активности вниз по профилю на 5–6 см ввиду миграции цезия как химического элемента, что подтверждается также определениями нерадиогенного  $^{133}\text{Cs}$  в этих слоях с помощью масс-спектрометрических определений. Пиковые значения активности  $^{137}\text{Cs}$  приходятся на слои глубиной от 4 до 10 см. Здесь активность достигает значений 115,2 и 135,4 Бк/кг в 2007 и 2017 гг. соответственно. С глубины 18–20 см активность медленно снижается и выравнивается до значений 6–20 Бк/кг до глубины 60 см. В горизонтах 34 и 52 см наблюдаются также небольшие повышенные значения активности, приуроченные к испытаниям ядерного оружия в атмосфере и чернобыльским следом, с такой же тенденцией к смещению в глубже лежащие слои.

Кроме того, было проведено измерение активности в различных видах болотной растительности на открытом и низком участках. Были отобраны пробы мха, вереска, брусники и морошки. Из таблицы видно, что активность  $^{137}\text{Cs}$  в растениях суще-

ственно различается как по годам отбора, так и по участкам. Активность  $^{137}\text{Cs}$  в мхе сфагнум на открытом участке за 10-летний период снизилась незначительно по сравнению с пониженным участком. В морошке на открытом участке наблюдается падение активности, а на пониженном участке обратная тенденция. В бруснике и в вереске в том и другом случае наблюдается снижение активности при довольно больших относительных значениях.

Динамика содержания  $^{137}\text{Cs}$  в почве зависит от физико-химических свойств, взаимодействия с неорганическими и органическими составляющими почвы, но также от биологических взаимодействий в почвенно-растительной системе, в том числе микробной активности. В минеральных почвах глина связывает  $^{137}\text{Cs}$  довольно эффективно, что приводит к очень медленной вертикальной миграции и низкому поглощению в большинстве изученных растений [4]. В лесной подзолистой почве Архангельской области вертикальная миграция радиоактивного цезия также довольно медленна. Это обстоятельство указывает на некоторое связывание  $^{137}\text{Cs}$ , но усвоение этого радионуклида у лесных растений может быть и довольно высоким. Это сочетание может быть объяснено поглощением и накоплением  $^{137}\text{Cs}$  в мицелии грибов с последующей вертикальной миграцией. Верховые болота очень бедны питательными веществами по сравнению с вышеупомянутыми почвами. Содержание глины в этой экосистеме крайне низкое или отсутствует. Грибковый мицелий присутствует в очень незначительном количестве. Тем не менее оказалось, что довольно медленная вертикальная миграция  $^{137}\text{Cs}$  связана с сорбцией его живыми организмами, использующими цезий как суррогат калия. В верховом болоте можно выделить два основных слоя торфа: верхний слой, содержащий живые растения (0–5 см), и нижележащий слой, содержащий мертвый органический мате-



риал. Наибольшая активность  $^{137}\text{Cs}$  в торфяных профилях была обнаружена у живых растений. Считается, что поглощение ионов  $^{137}\text{Cs}$  мхами происходит в результате ионного обмена, образования металлоорганических комплексов и макромолекул, и цезий постоянно перемещается к растущей вершине сфагнома, где и накапливается [5]. Это обстоятельство следует учитывать для определения датировки выпадения радиоактивных следов, как и то, что сфагнум имеет продолжительность жизни до нескольких сотен лет. Поглощение цезия на открытом участке болота было весьма велико, особенно у вереска, что, видимо, связано с тем, что его корни располагаются в верхнем 10 см слое торфа и сорбируют высокую концентрацию  $^{137}\text{Cs}$  из верхних горизонтов почвы, обнаруженную в исследованиях 2018 г. на этой территории [6]. Морошка также показала большие значения концентрации  $^{137}\text{Cs}$ , с тенденцией увеличения во времени. В карликовой березе, наоборот, были обнаружены очень низкие содержания радиоактивного изотопа цезия. Они варьировали в пределах от 12,6 до 8,9 Бк/кг на открытом участке верхового болота и низком участке соответственно. Это связано в первую очередь с более глубоким расположением ее корневой системы, поглощающей растворенные вещества из горизонтов с минимальной активностью  $^{137}\text{Cs}$ .

### Заключение

В целом можно сказать, что суммарная активность  $^{137}\text{Cs}$  по обеим пробным площадкам была довольно сходной, но на низком участке с сосновой растительностью наблюдался дрейф активности вниз по профилю на 6–8 см. Центр сосредоточения максимальной общей активности  $^{137}\text{Cs}$  также получил смещение и находился ниже по сравнению с открытым участком болота. Концентрация радиоактивного цезия в растениях, отобранных на открытом участке верхового болота, была в целом выше чем у тех, которые росли на низком участке с древесной растительностью. В период с 2007 по 2017 г. активность  $^{137}\text{Cs}$  в основном снижалась как по

торфяным горизонтам на обоих участках, так и в растениях. Лишь у морошки на низком участке активность не только не снизилась, но и возросла. Вереск, несмотря на снижение активности данного изотопа во времени, показывал весьма высокие значения на той и другой площадке. В торфяных профилях были явно отмечены пики с повышенными значениями  $^{137}\text{Cs}$ , соответствующие испытаниям ядерного оружия в атмосфере в 1960-е гг. и следы от Чернобыльской аварии 1986 г.

*Работы выполнены при финансовой поддержке субсидии на выполнение темы государственного задания «Комплексные изотопно-геохимические исследования качества природной среды и идентификация процессов её трансформации на приморских территориях Европейского Севера в современности и в прошлом» № АААА-А19-119011890018-3, а также проектов РФФИ №№ 18-05-60151\_Арктика и 18-05-01041\_А.*

### Список литературы / References

1. Болото // Большая российская энциклопедия. Том 3. М., 2005. С. 733–736.
2. Swamp // Bol'shaya rossiyskaya entsiklopediya. Tom 3. M., 2005. P. 733–736 (in Russian).
3. Rose K., Vinichuk M., Johanson K.J.  $^{137}\text{Cs}$  in a raised bog in central Sweden. Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry. 2009. Vol. 100. Is. 7. P. 534–539.
4. Mihalik J., Bartuskova M., Holgve Z., Jezkova T., Henych O. Fractionation of  $^{137}\text{Cs}$  and Pu in natural peatland. Journal of Environmental Radioactivity. 2014. Vol. 134. P. 14–20.
5. Vinichuk M., Johanson K.J., Rydin H., Rosén K. The distribution of Cs-137, K, Rb and Cs in plants in a Sphagnum-dominated peatland in eastern central Sweden // Journal of Environmental Radioactivity. 2010. Vol. 101. № 2. P. 170–176.
6. Parry L., Charman D., Blake W. Comparative dating of recent peat deposits using natural and anthropogenic fallout radionuclides and Spheroidal Carbonaceous Particles (SCPs) at a local and landscape scale // Quaternary Geochronology. 2013. Vol. 15. P. 11–19.
7. Зыков С.Б., Дружинин С.В., Зыкова Е.Н., Яковлев Е.Ю., Покровский О.С. Новые данные о долгоживущих техногенных и естественных радиоактивных изотопах в верхних горизонтах почвы в окрестностях Северодвинского промышленного района // Успехи современного естествознания. 2018. № 11–2. С. 328–333.
8. Zыkov S.B., Druzhinin S.V., Zыkova Ye.N., Yakovlev Ye.Yu., Pokrovskiy O.S. New data on long-living technogenic and natural radioactive isotopes in upper layers of soil in the neighborhood of the Severodvinsk industrial area // Advances in current natural sciences. 2018. № 11–2. P. 328–333 (in Russian).

УДК 553.411(571.65)

**ГЕОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ  
ПРОДУКТИВНОГО ЗОЛОТОГО ОРУДЕНЕНИЯ УЧАСТКА ФРОНТ  
(ЭНДОКОНТАКТ БЕРЕНТАЛЬСКОГО ШТОКА, МАГАДАНСКАЯ ОБЛАСТЬ)**

<sup>1,2</sup>Ивасенко Р.Н., <sup>2,3</sup>Хасанов И.М.

<sup>1</sup>Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, e-mail: rivasenko@srfedu.ru;

<sup>2</sup>ООО «Золотодобывающая корпорация», Магаданская обл. п. Ягодное;

<sup>3</sup>Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт  
им. Н.А. Шило ДВО РАН, Магадан

В статье представлено комплексное изучение гидротермального золоторудного проявления Фронт Лео-Мякитского рудного узла. Рудопоявление локализовано в южном окончании Мякитского интрузива басугуньинского комплекса. Интрузивы басугуньинского комплекса являются потенциально перспективными для обнаружения золото-редкометалльных месторождений. В пределах рудопоявления выделено два типа рудных тел, в результате исследования для каждого из них установлены ключевые особенности. Рудные тела 1-го типа непродуктивны, представляют собой прожилки кварца в силлах березитизированных гранитов. Продуктивные рудные тела 2-го типа локализованы в разломной зоне в аналогичных березитизированных гранитах. Установлено наличие двух этапов формирования золота – малопродуктивного площадного метасоматического и продуктивного гидротермального, локализованного в пределах разрывных нарушений. Рудные тела 1-го типа представляют собой кварцевые жилы и прожилки с арсенопиритом, леллингитом, висмутином и золотом. Рудные тела 2-го типа представляют собой кварцевые прожилки с теллуридами висмута, арсенопиритом, галенитом, сфалеритом и золотом. На основании изучения вторичных и первичных ореолов рассеяния выявлена геохимическая зональность. Методами корреляционного анализа установлены соответствующие типам рудных тел геохимические ассоциации – Au-As-Bi и Au-Zn-Bi. Методами декрипитации и газовой хроматографии выявлена схожесть термобарогеохимических особенностей кварцев обоих типов руд. Для кварцев обоих типов характерны максимумы интервалов газовой выделенности при температурах 260–280 °, по составу выделенных газов отличий не выявлено. По результатам исследований выделены комплексные критерии продуктивного оруденения. Установлено, что продуктивное оруденение связано с тектонической зоной северо-восточного простирания, характеризуется наличием золота поздней генерации и наличием теллуридов висмута.

**Ключевые слова:** золото-редкометалльные месторождения, гидротермальные процессы, геохимические ассоциации

**GEOLOGICAL AND GEOCHEMICAL PARAMETERS OF PRODUCTIVE GOLD  
MINERALIZATION FRONT GOLD ORE OCCURRENCE  
(ENDOCONTACT OF THE BERMENTAL STOCK, MAGADAN REGION)**

<sup>1,2</sup>Ivasenko R.N., <sup>2,3</sup>Khasanov I.M.

<sup>1</sup>South Federal University, Rostov-on-Don, e-mail: rivasenko@srfedu.ru;

<sup>2</sup>«Zolotodobyvayushchaya korporatsiya» LLC, Magadan region, Yagodnoe village;

<sup>3</sup>N.A. Shilo North-East Interdisciplinary Scientific Research Institute, FEB RAS, Magadan

The article deals with the results of a comprehensive study of the hydrothermal Front gold ore occurrence, Left-Myakitore cluster. The ore occurrence is localized at the southern end of this structure Basugun'inskiy intrusion-metal complex. Basugun'inskiy intrusion complex is potentially likely for the strike of gold-rare-metal deposits. Within the ore occurrence two types of ore bodies are distinguished, as a result of research for each of them key features are established. Ore bodies of the 1st type is unproductive, they are veins of quartz in the sill of berезitized granites. The productive ore bodies of the 2nd type is localized in the fault zone in a similar berезitized granites. The presence of two stages of gold formation is established – unproductive, formed during metasomatism of the area and productive hydrothermally process, linked with faults. Ore bodies of the 1st type are quartz veins and veins with arsenopyrite, lellingite, bismuthin and high-fineness gold. Ore bodies of the second type are quartz veins with bismuth tellurides, arsenopyrite, galena, sphalerite and gold. Geochemical zonality is revealed on the basis of the study of secondary and primary dispersion halos. Geochemical associations (Au-As-Bi and Au-Zn-Bi) associated with the corresponding types of ore bodies are established by the methods of correlation analysis. Identity of quartz features of both types of ores identified by methods of decrepitation and gas chromatography. For both types of quartz, the maxima of the gassing intervals are characteristic at temperatures of 260–280 °, no difference in gas composition. According to the results of research, complex criteria for productive mineralization have been identified. It is established that productive gold metallization is associated with the tectonic zone of the North-Eastern strike, it is characterized by the presence of late generation of gold and the presence of bismuth tellurides.

**Keywords:** gold-rare-metal deposits, hydrothermal processes, geochemical associations

Изучаемая территория относится к Яно-Колымской складчатой системе Верхояно-Колымской мезозойской складчатой области. Основным её структурным элементом является Мякит-Хурчанская

антиклиналь Балыгычанского поднятия. Северо-восточная часть ядра антиклинали прорвана Берентальским штоком гранитов нормального ряда, относящегося к выходам Мякитского плутона ба-

сугуньинского комплекса позднеюрского возраста. Шток прорывает терригенные алевро-песчаные отложения раннего триаса. Массив конкордантно залегает по отношению к вмещающим складчатым структурам северо-западной и меридиональной ориентировки на зоне разломов субмеридионального направления и северо-западных разломов Мякит-Хурчанской зоны [1]. Для интрузий басугуньинского комплекса установлена генетическая связь с золото-редкометалльным (золото-теллуридно-висмутовым) оруденением [1, 2]. Для интрузивных пород характерен березитовый тип изменений. Новообразованные минералы представлены кварцем, мусковитом, железистым карбонатом, альбитом, пиритом.

Проявление Фронт расположено в южном эндоконтакте Берентальского гранитного штока, прорывающего и метаморфизирующего терригенные отложения

триаса. Южный контакт массива полого погружается на юг, о чем свидетельствует широкое поле роговиков, остатки кровли на гранитах и многочисленные апофизы, отходящие от массива в южном направлении (рис. 1). Рудные тела локализованы в силах гранит-порфиров, березитизированных, рассеченных малоамплитудными сбросами северо-восточного и меридионального простирания.

В результате исследований, основанных на материалах проводимых ООО «Золотодобывающая корпорация» поисковых работ (2011–2015, 2015–2018 гг.), установлены параметры продуктивного типа оруденения, определены поисковые признаки. В результате поисковых работ были установлены прогнозные ресурсы по категории Р1 290 кг золота. Столь незначительный объем связан с малой мощностью рудных тел и ограниченным распространением оруденения (только в силах березитов).



Рис. 1. Схема геологического строения участка: 1 – граниты Басугуньинского комплекса; 2 – зоны березитизации пород; 3 – кварцевые (q), сульфид-кварцевые (sq), арсенопирит-кварцевые (arq) жилы (a), прожилковые зоны (б), минерализованные зоны дробления (в); 4 – разломы достоверные (a), предполагаемые (б); 5 – Рудопроявления и пункты минерализации, содержания золота; б – рудные тела

Объектом исследования являлись золоторудные минеральные ассоциации рудопроявления Фронт Берентальского ППП. Подобные объекты – малые месторождения золота в гранитных штоках – являются одним из ключевых направлений геолого-поисковых геолого-разведочных работ в Магаданской области.

Ключевой целью исследования являлось установление геолого-геохимических характеристик рудных тел, особенностей их распределения в пределах рудопроявления, а также выявление признаков продуктивного оруденения.

#### **Материалы и методы исследования**

Изучение геохимических характеристик рудопроявления проводилось по лабораторным данным результатов опробования вторичных (ВОР) и первичных (ПОР) ореолов рассеяния (17948 и 3062 проб соответственно). В изучаемые выборки легли как результаты опробования ВОР ООО «ЗДК», так и результаты опробования предшественников. Пробы ООО «ЗДК» анализировались полуколичественным спектральным методом на 23 элемента в лаборатории ООО «СтюартГеокемикалЭндЭссей».

Неакцентированная (без применения весовых функций) классификация выполнялась программными средствами «АННА» (реализует эвристический алгоритм «Forel») и «Statistica». В результате классификации достигалось разбиение совокупности на несколько однородных классов. Ведущие элементы каждого класса (геохимический ряд привноса) рассчитывались путем нормирования среднего содержания элемента в классе на медианную величину генеральной выборки. Медианная величина генеральной выборки условно принята в качестве условного «геохимического фона». Степень схожести приведенных геохимических рядов анализировалась путем расчета коэффициентов ранговой корреляции. Коэффициенты ранговой корреляции рассчитывались по принципу кластеризации – Метод Уорда, в качестве меры межкластерных расстояний использовался коэффициент ранговой корреляции Пирсона.

Вещественный состав руд и рудовмещающих пород комплексно изучался методами оптической микроскопии, электронно-зондового микроанализа. Основной объем этих исследований выполнен на базе Центра коллективного пользования научным оборудованием «Исследований минерального

сырья и состояния окружающей среды» Южного федерального университета (энерго-дисперсионный микроанализатор INCA Wave 700 на базе растрового электронного микроскопа VEGA II LMU).

Термобарогеохимические исследования монофракций кварцев рудоносных тел проводились методами вакуумной декриптометрии на декриптометре ВД-5. Пробоподготовка и интерпретация результатов проводилась по общепринятой методике [3]. Учитывая возможное влияние эффектов, связанных с присутствием термоактивных фаз, для части образцов (дубликатов) применялось травление концентрированной соляной кислотой с последующей промывкой в дистиллированной воде [4].

#### **Результаты исследования и их обсуждение**

Для проявления Фронт характерны два типа рудных тел. Рудные тела 1-го типа представлены березитизированными гранит-порфирами и распространены практически повсеместно в области южного и восточного эндоконтактов. Породы пронизаны прожилками халцедоновидного кварца мощностью до первых сантиметров, иногда с адуляром, с максимальными концентрациями золота в первые г/т. Мощности подобных рудных тел не превышают первые метры, характеризуются крайне неравномерным распределением полезного компонента.

Рудные тела 2-го типа локализованы в зоне влияния разлома руч. Фронт и представляют собой катаклазированные и березитизированные гранит-порфиры с густым сульфидно-кварцевым прожилкованием, характеризующимся повышенной золотосодержимостью – до 10 и более г/т. Сульфиды в прожилках представлены гнездовой и рассеянной вкрапленностью арсенопирита, пирита, сфалерита, пирротина, помимо сульфидов отмечаются карбонаты и хлорит. Общая минерализация в прожилках составляет 1–5%. Среднее содержание золота по выявленному рудному телу № 1 составляет 3,21 г/т. Прогнозные ресурсы категории  $P_1$  при площади горизонтальной проекции рудной зоны 1 (осевая часть проявления) около 13500 м<sup>2</sup>, средней суммированной мощности (в восточной части оно разделено на два фрагмента) рудного тела 2,7 м, среднем содержании 3,21 г/т, плотности руды – 2,56 т/м<sup>3</sup>, составят 0,09 млн т руды или 290 кг золота (данные ООО «Золотодобывающая корпорация», 2015 г).

Во ВОР выявляется Au-As-Bi-Pb-Sn потенциально золоторудная геохимическая ассоциация, приуроченная к рудным телам как первого (березиты), так и второго типа. Устойчивость этой ассоциации верифицируется результатами факторного анализа – ей отвечает третий из пяти выделенных факторов (таблица). Пространственная локализация проб с положительными значениями этого фактора совпадает с локализацией Au-As-Bi-Pb-Sn класса, выделенного при многомерной классификации.

В ПОР в результате многомерной не-иерархической классификации (алгоритм «Forel») выделены две золоторудные ассоциации (рис. 2). Первая ассоциация – Au-Bi (класс 1) – характеризуется привносом As, Bi, Au, Sn и Pb (таблица), приурочены пробы, относимые к этой ассоциации, к площадям развития рудных тел 2-го типа. По характеру корреляционных связей в ассоциации золото образует уверенную пару только с висмутом и никелем (0,9). Вторая ассоциация – Au-Zn (класс 2) – более контрастная, характеризуется рядом привноса Au-As-Bi-Zn (с коэффициентами корреляции между элементами не ниже 0,53 при уровне значимости 95 %).

По итогам факторного анализа результатов опробования ПОР были выделены 4 фактора, два из которых соответствуют геохимическим ассоциациям, выявленным с помощью неиерархической классифика-

ции. Области высоких нагрузок фактора 2 пространственно близки к областям метасоматической проработки гранит-порфиров. Элементы с высокими нагрузками (Bi, Sn, W, Mo, Ag, As, Au) в факторе 2 являются ведущими элементами геохимической ассоциацией класса 1, выделенной при многомерной классификации. Фактор 3 определяется отрицательными нагрузками – Au, Cd, Zn, Bi, максимум отрицательных нагрузок этого фактора приходится на осевую часть рудопроявления Фронт, локализованного в пределах разлома северо-восточного простирания и на плане совмещается с областями распространения класса 2. В целом фактор 3 отражает особенности второй, золото-цинковой ассоциации, пространственно связанной с зоной тектонической проработки в центральной части участка [5].

В пределах проявления выявлены две ключевые золоторудные минералогические ассоциации – арсенопирит-теллуридная и арсенопирит-сульфидная. Установлено, что арсенид-теллуридная ассоциация отвечает продуктивному типу рудных тел, локализованному в центральной части проявления. Для арсенопирита, образованного в виде мелкозернистой вкрапленности в прожилках, характерно наличие вкрапленных пирротина размером 10–20 мкм, теллуридов висмута размером до 10 мкм и тесно ассоциирующего с ними золота размером до 5 мкм.

Результаты многомерных исследований ПОР и ВОР

Ореолы	Классы*	Факторы**
ВОР	<b>Класс 1</b> As(36,1), Au(7,3), Ag(2,3), Pb(2,2), Sn(2), Li(1,8), Bi(1,8), Cu(1,7) <b>Проб в классе – 413;</b> <b>Всего классов – 12</b>	<b>Фактор 2, Prp.Totl 0,1:</b> As <sub>0,71</sub> Bi <sub>0,6</sub> Sn <sub>0,37</sub> Mo <sub>0,28</sub> Cr <sub>0,24</sub> Au <sub>0,09</sub> Co <sub>0,23</sub> Mn <sub>0,23</sub> Zn <sub>0,17</sub> Ni <sub>0,12</sub> Ag <sub>0,08</sub> Pb <sub>0,07</sub>
ПОР	<b>Класс 1</b> As(53,4), Au(7,4), Sn(3,7), Bi(3,1), W(2,7), Pb(2,4) <b>Проб в классе – 40</b>	<b>Фактор 2, Prp.Totl – 0,22:</b> Bi <sub>0,84</sub> Ag <sub>0,81</sub> As <sub>0,80</sub> Au <sub>0,74</sub> Cd <sub>0,70</sub> W <sub>0,47</sub> Sn <sub>0,47</sub> Mo <sub>0,44</sub> Cr <sub>0,36</sub> Pb <sub>0,22</sub> Ni <sub>0,21</sub> Zn <sub>0,20</sub> Cu <sub>0,20</sub> Mn <sub>0,13</sub> Sb <sub>0,04</sub>
	<b>Класс 2</b> Au(3458,3), (As350,2), Bi(114,9), Zn(60,4), Cd(29,6), (Ag11,6), Pb(6,1), Sn(4,8), W(3,7), <b>Проб в классе – 18;</b> <b>Всего классов – 10</b>	<b>Фактор 3, Prp.Totl – 0,1:</b> Zn <sub>-0,51</sub> Cd <sub>-0,49</sub> Au <sub>-0,43</sub> Co <sub>-0,12</sub> Li <sub>-0,11</sub> Bi <sub>-0,10</sub> Sn <sub>0,57</sub> W <sub>0,51</sub> Cr <sub>0,44</sub> Mo <sub>0,29</sub> Mn <sub>0,26</sub> As <sub>0,21</sub> Pb <sub>0,19</sub> P <sub>0,09</sub> Cu <sub>0,09</sub>

Примечания: \*в скобках указаны средние содержания элементов в классе по отношению к медиане элемента в пределах рудного узла; \*\*в индексах указаны величины факторных нагрузок для элементов.

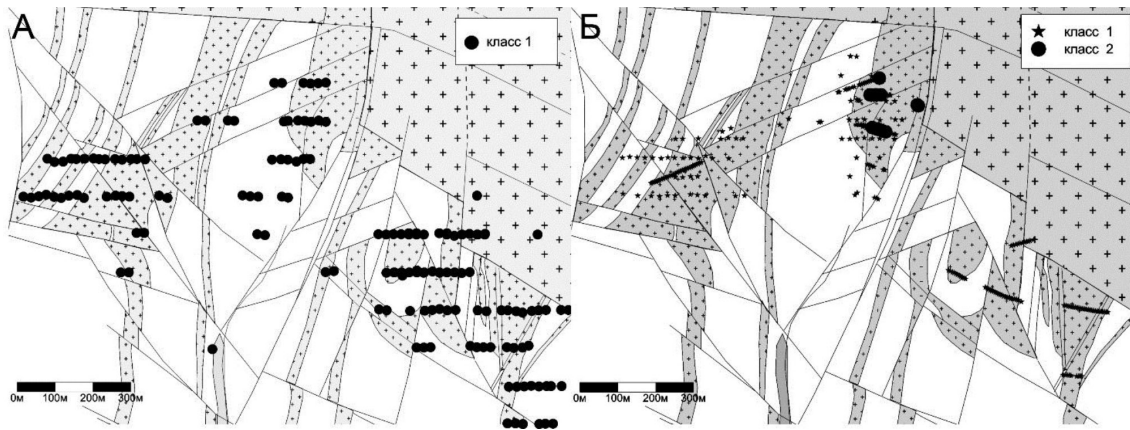


Рис. 2. А) Разноска класса 1 многомерной классификации проб ВОР;  
Б) Разноска классов 1 и 2 многомерной классификации проб ПОР

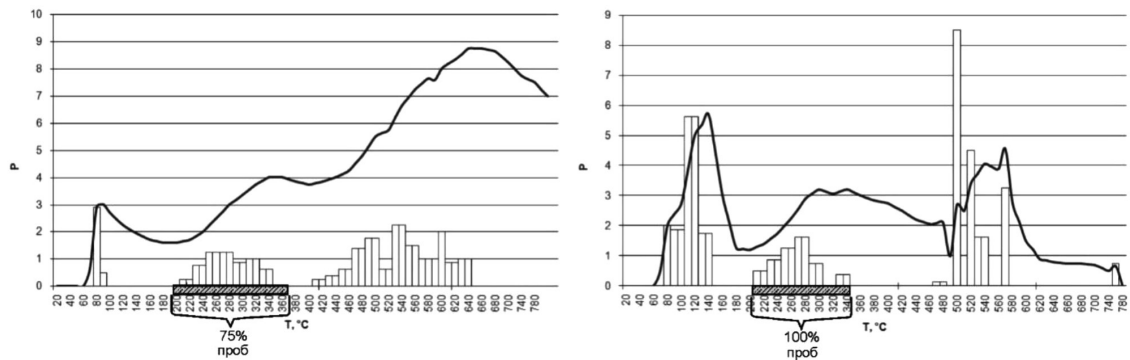


Рис. 3. А) Декриптометрическая кривая и характер приращения непродуктивных гидротермалитов;  
Б) Декриптометрическая кривая и характер приращения продуктивных гидротермалитов

Арсенопирит-сульфидная ассоциация характеризует рудные тела второго типа с низким содержанием золота, локализованные как в осевой части, так и на периферии проявления. Вторую золоторудную ассоциацию (арсенид-сульфидную) образуют арсенопирит, леллингит, пирит, висмутин, самородный висмут, сульфосоли висмута и серебра, золото. Сульфиды в этой ассоциации образуют включения в арсенопирите и леллингите. Висмутин отмечается в виде вкрапленников в арсенопирите в ассоциации с самородным висмутом и сульфосолями висмута и серебра. Микровключения золота размерностью  $2 \cdot 10^{-6}$  м находятся в виде свободных вкрапленников в арсенопирите.

По результатам исследований ИГЭМ РАН и ЦНИГРИ [6] золото в агрегатах несет выраженные признаки стадийных диф-

фузионных преобразований и твердофазной перекристаллизации, что позволяет выделить в пределах участка три его последовательно образованных генетических группы [6]. Раннее относительно высокопробное золото первой группы (800–900‰) характеризуется наличием микропримесей меди и ртути (до 1 мас.%). Золото второй группы распространено ограниченно, оно характеризуется диффузионными взаимоотношениями с золотом первой группы. Относительно средне- и высокопробное (750–945‰) позднее золото третьей группы характеризуется микропримесями вольфрама и теллура до 0,08 мас.% [6].

Сопоставляя результаты исследований типов золота [6] с результатами изучения вещественного состава установлено предположительное соответствие золоту первой группы арсенопирит-сульфидной мине-

ральной ассоциации, золоту третьей группы – арсенопирит-теллуридной.

Наличие двух главных генетических типов золота подтверждается результатами исследований сотрудников СВКНИИ ДВО РАН [7]. Авторами выделяется мальдонит-сульфотеллуридный минеральный тип золота-редкометалльного оруденения.

Кварц жил и прожилков, содержащих продуктивную арсенид-теллуридную и непродуктивную арсенид-сульфидную ассоциации, различается декриптометрическими эффектами. При этом начало интервалов температур декрипитации в них приходится на близкие температуры – 200–210 °С и 470 °С, – что указывает на близость параметров. В непродуктивных гидротермалитах установлены три интервала газовыделения в температурных диапазонах ~100 °С (связанный с выделением гигроскопической влаги), 200–370 ° (с пиком ~270 °) и 420–500 °С (рис. 3). В продуктивных гидротермалитах пик наиболее показательного (фиксирующего процессы формирования кварцевых жил, сопряжённого с березитизацией) интервала смещено в более высокотемпературную область (290 °С). Наличие более низкотемпературного интервала (80–140 °С) указывает на наложенную гидротермальную переработку, что в целом типично для зоны контролирующего разлома и проявлено в развитии кварц-карбонатных жил.

### Заключение

Приведённый комплекс данных позволяет определить в качестве продуктивной ассоциации арсенопирит-теллуридную. В качестве комплекса поисковых признаков продуктивного оруденения рекомендуется рассмотреть:

- 1) наличие комплексных ореолов золота, висмута, мышьяка, олова, вольфрама, цинка во вторичных ореолах рассеяния с высокой степенью корреляции между этими элементами;
- 2) развитие в первичных ореолах рассеяния золото-висмут-цинковой геохимической ассоциации;
- 3) наличие теллуридов висмута и пирротина в золоторудных минеральных ассоциациях;
- 4) наличие микропримесей теллура в средне-высокопробном золоте до 0,1 мас %.

Рудные тела локализованы в областях совмещения зон березитизации гранитоидов и зон разломов северо-восточного простирания.

### Список литературы / References

1. Горячев Н.А. Геология мезозойских золото-кварцевых жильных поясов Северо-Востока Азии. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 1998. 210 с.  
Goryachev N.A. Geology of Mesozoic Gold Quartz Vein Belts in Northeastern Asia. Magadan: SVKNII DVO RAN, 1998. 210 p. (in Russian).
2. Кузнецов В.М., Горячев Н.А., Жигалов С.В., Савва Н.Е. Структура и рудоносность Маякит-Хурчанского рудно-россыпного узла // Вестник СВНЦ ДВО РАН. 2011. № 4. С. 37–51.  
Kuznetsov V.M., Goryachev N.A., Zhigalov S.V., Savva N.E. Structural setting and ore minerals of the Myakit-Khurchan mineral district // Bulletin of the NEISRI FEB RAS. № 4. P. 37–51 (in Russian).
3. Труфанов В.Н., Гамов М.И., Дудкевич Л.К., Майский Ю.Г., Труфанов А.В. Прикладная термобарогеохимия. Ростов н/Д.: РГУ, 1992. 220 с.  
Trufanov V.N., Gamov M.I., Dudkevich L.K., Mayskiy Yu.G., Trufanov A.V. Fundamentals of applied thermobarogeochemistry. Rostov-on-Don: RGU, 1992. 220 p. (in Russian).
4. Попов Ю.В., Прокопов Н.С. Источники и пути снижения «фоновых шумов» в термовакуумной декриптометрии флюидных включений в минералах // Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа. Материалы III Всероссийской научно-технической конференции. Грозный: АН Чеченской Республики, 2014. С. 66–70.  
Popov Yu.V., Prokopov N.S. Sources and ways to reduce «background noise» in thermal vacuum criptometeria of fluid inclusions in minerals // Sovremennyye problemy geologii, geofiziki i geoekologii Severnogo Kavkaza. Materialy III Vserossiyskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii. Grozny: AS Chechen Republic, 2014. P. 66–70 (in Russian).
5. Ивасенко Р.Н., Шерстобитов П.А., Алевская Н.Л. Геохимические особенности первичных ореолов рассеяния участка Фронт прогнозируемого Берентальского рудного поля Лето-Мякитского рудного узла (Магаданская область) // VI Российская молодежная научно-практическая школа «Новое в познании процессов рудообразования». ИГЕМ РАН. Сборник материалов. М., 2016. С. 129–134.  
Ivasenko R.N., Sherstobitov P.A., Alevskaya N.L. Geochemical characteristics of primary halos of Front mining site, projected Berental ore field of Left-Myakit ore cluster (Magadan oblast) // VI Rossiyskaya molodozhnaya nauchno-prakticheskaya shkola «Novoye v poznanii protsessov rudoobrazovaniya». IGEM RAN. Sbornik materialov. M., 2016. P. 129–134 (in Russian).
6. Позднякова Н.Н. Внутреннее строение самородного золота Берентальского рудного поля (Яно-Кольмский золотоносный пояс) // Современные проблемы теоретической, экспериментальной и прикладной минералогии, материалы конференции. Сыктывкар, 2016. С. 54–55.  
Pozdnyakova N.N. The internal structure of native gold of the Berental ore field (Yano-Kolyma gold-bearing belt) // Sovremennyye problemy teoreticheskoy, eksperimental'noy i prikladnoy mineralogii, materialy konferentsii. Syktyvkar, 2016. P. 54–55 (in Russian).
7. Соломенцева Л.А., Литвиненко И.С. Типоморфизм самородного золота золото-редкометалльного рудного проявления Фронт (Северо-восток России) // Вестник Северо-Восточного научного центра ДВО РАН. 2015. № 2. С. 28–39.  
Solomentseva L.A., Litvinenko I.S. Native gold typomorphism at the Front Au lode, Nnorth-East of Russia // Bulletin of the NEISRI FEB RAS. 2015. P. 28–39 (in Russian).

УДК 502.48

## ПЕРСПЕКТИВЫ ВКЛЮЧЕНИЯ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «ЧИКОЙ» ВО ВСЕМИРНУЮ СЕТЬ БИОСФЕРНЫХ РЕЗЕРВАТОВ

Козлова С.А.

*Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского, Иркутск,  
e-mail: svetsergo1@yandex.ru*

Национальный парк «Чикой» создан в пределах Байкальской природной территории в бассейне реки Чикой. В настоящей статье впервые предлагается включение национального парка «Чикой» в сеть биосферных резерватов. Этот шаг в дальнейшем повысит возможности реализации концепции устойчивого развития в Байкальском регионе. Рассмотрены природные особенности и ресурсы парка. Вся территория парка характеризуется сложно-расчлененным рельефом, высотной поясностью, наличием горных рек, которые прорезают глубокие долины. Разнообразен и уникален видовой состав флоры и фауны. Основные богатства территории – кедровые леса и мало затронутые деятельностью человека ландшафты. Вокруг национального парка в сельских поселениях проживают семейские старообрядцы. Они населяют этот регион с середины 18 в. Системы жизнеобеспечения старообрядцев включают в себя таёжные промыслы, в том числе сбор кедрового ореха. На протяжении веков у старообрядцев выработана своя этика природопользования, этот опыт важно учитывать при организации научно-исследовательских работ и в особенности развития туризма на территории национального парка. В недрах исследуемой территории содержатся значительные запасы разных полезных ископаемых, в частности урана. Добыча урановых руд рассматривалась как перспективное направление хозяйственной деятельности на территории Красночикоийского района до создания парка. Однако была отклонена ввиду угрозы для права на благоприятную окружающую среду, здоровья и хозяйства местного населения. Национальный парк «Чикой» следует включить в сеть биосферных резерватов с целью повышения статуса территории, создания позитивного имиджа, распространения культуры и опыта хозяйствования семейских старообрядцев, привлечения внимания мировой общественности к вопросам сохранения горнотаёжных ландшафтов, биологически продуктивных лесов.

**Ключевые слова:** национальный парк, биосферный резерват, биосферный полигон, кедровые леса, научные исследования, хозяйственная деятельность, традиционное природопользование, старообрядцы

## THE PROSPECTS OF INCLUDING THE NATIONAL PARK «CHIKOI» TO THE WORLD NETWORK OF BIOSPHERE RESERVES

Kozlova S.A.

*Irkutsk State University of Agriculture named after A.A. Ezhevskiy, Irkutsk, e-mail: svetsergo1@yandex.ru*

National Park «Chikoi» was created within the Baikal natural area in the basin of the Chikoi river. This article for the first time proposes the inclusion of the national Park «Chikoi» in the Network of Biosphere Reserves. This step will further increase the possibility of implementing the concept of sustainable development in the Baikal region. The natural features and resources of the Park are considered. The whole territory of the Park is characterized by difficult-dismembered relief, high-altitude zone, the presence of mountain rivers that cut through deep valleys. The species composition of flora and fauna is diverse and unique. The main wealth of the territory – cedar forests and little affected by human activities landscapes. Family old believers live in rural settlements around the national Park. They inhabit this region since the mid-18th century. Life support systems of old believers include taiga crafts, including the collection of pine nuts. For centuries, the old believers have developed their own ethics of nature management. This experience is important to take into account in the organization of research and especially the development of tourism in the National Park. In the bowels of the study area contains significant reserves of various minerals, in particular uranium. Uranium ore mining was considered as a promising direction of economic activity on the territory of Krasnochikovsky district before the creation of the Park. However, it was rejected due to the non-ecological nature of the project and in the light of the threats to the right to a favourable environment, health and economy of the local population. National Park «Chikoi» should be included in the network of biosphere reserves with the aim of improving the status of the territory, creation of a positive image, the dissemination of culture and management experience of the semeiskie old believers, attracting international attention to the conservation of the mountain-taiga landscapes, biologically productive forests.

**Keywords:** national park, biosphere reserve, biosphere polygon, cedar forest, research, economic activity, traditional nature management, oldbelievers

Национальный природный парк «Чикой» был основан 28 февраля 2014 г. Постановлением правительства Российской Федерации № 158. Парк был создан при ликвидации и, соответственно, с включением в его состав Буркальского и Ацинского заказников. Площадь – 666467,73 га или 6664,68 км<sup>2</sup> (1,54% от всей территории

Забайкальского края и 22,76% от общей площади ООПТ Забайкальского края). Национальный парк «Чикой» создан с целью охраны кедровых лесов и южно-сибирской тайги с элементами горных степей и альпийских лугов в верховьях реки Чикой. Парк расположен в пределах водосборного бассейна озера Байкал и входит в Байкаль-



скую природную территорию. Территорию исторически населяют буряты и русские старожилы, в том числе православные, казаки, семейские старообрядцы.

Впервые о необходимости создания охраняемой территории – Красночикоийского заповедника – учёные заявили в 1929 г. Позднее планируемый Красночикоийский заповедник включили в план Комиссии по заповедникам АН СССР. Еще позднее вариант создания охраняемой территории в Красночикоийском районе отклонили ввиду проектирования Сохондинского заповедника. На месте были созданы Ацинский и Буркальский заказники. И только лишь через 85 лет территория взята под охрану в виде национального парка.

Целью настоящей работы является оценка перспектив включения национального парка «Чикой» в сеть биосферных резерватов.

#### Материалы и методы исследования

В основу написания статьи положены авторские полевые материалы, собранные в период 2017–2019 гг. Использованы картографический, библиографический методы, а также некоторые социологические методы (анкетирование, интервьюирование). Кроме того, автором в течение 2007–2017 гг. проводились историко-географические исследования этнографической группы – локальных сообществ семейских старообрядцев, населяющих рассматриваемую территорию [1]. При оценке деятельности национального парка «Чикой» применялся метод SWOT-анализа, который позволил выявить сильные и слабые стороны учреждения, некоторые угрозы. В конечном итоге получены перспективы его развития.

#### Результаты исследования и их обсуждение

*Природные особенности.* Территория национального парка полностью относится к Хэнтэй-Чикойскому нагорью, общая протяжённость которого около 350 км, а максимальная ширина – до 140 км. Средние высоты над уровнем моря от 1500 до 2200 м. Наивысшая отметка – г. Быстринский Голец (2519 м). Хэнтэй-Чикойское нагорье включает в себя Мензинский, Эсутайский, Асинский, Жергоконский, Буркальский и Чикоконский хребты.

Для хребтов на территории парка характерна высотная поясность, включающая: гольцовый, подгольцовый, верхний лесной, нижний лесной и лесостепной пояса. Рас-

тительность гольцового пояса представлена травянистыми тундрами, в покрове которых преобладают травянистые виды растений, например ветреница сибирская, горечавка холодная и др., лишайникам принадлежит около 30% проективного покрытия. Гольцы начинаются от высот 1900 м. Гольцы венчают заросли кедрового стланика. В подгольцовом поясе на высотах 1800–1900 м типичны лиственничные и кедровые редколесья. Преобладающий тип растительности для верхнего лесного пояса – лесной горнотаежный. Характерны кедрово-лиственничные, лиственнично-кедровые и кедровые леса. Подлесок в этих лесах представлен зарослями ольховника. В травянистом покрове преобладает бадан толстолистный. Большая часть территории занята горной тайгой до высот 1700–1800 м над уровнем моря. Нижние части склонов хребтов заняты лиственнично-сосновой, сосново-лиственничной и лиственничной тайгой. В южной части района, на склонах, ориентированных на юг, среди лиственнично-сосновой и сосново-лиственничной тайги с травяным покровом и рододендроновым подлеском часто встречаются лугово-степные лужайки. На склонах северной экспозиции преобладает сосново-лиственничная и лиственничная тайга с рододендроном даурским и багульником болотным [2].

В долине реки Чикой случаются пожары, в том числе на склонах хребтов. Гари зарастают осинниками и березняками. Практически во всех поймах рек на территории парка имеют распространение осоково-разнотравные пойменные луга. Луговые сообщества занимают небольшие площади, но их значение для сохранения разнообразия флоры значимо, поскольку списочный состав насчитывает до 100 видов растений. Южные склоны в нижнем течении рек занимают степи. Выше по склонам участки степных сообществ перемежаются с разнотравными сосняками. Из древесных видов в степных сообществах встречаются вяз приземистый (*Ulmus pumila*), кизильник черноплодный (*Cotoneaster melanocarpus*), смородина таранушка (*Ribes diacantha*), таволга средняя (*Spiraea media*), шиповник иглистый (*Rosa acicularis*), а также подрост осины (*Populus tremula*). Встречаются участки осоково-разнотравных горных степей [3]. В составе степных сообществ находятся растения, включенные в перечень объектов растительного мира, занесенных в Красную Книгу Забайкальского края.

Видовой состав фауны исследуемой территории формировался благодаря проникновению сюда животных из Сибири и Монголии. Это определило многообразие видов, свойственных различным районам и природным зонам, а также его своеобразию. Распространение в районе тайги обеспечивает существование хищников, копытных, грызунов, птиц и насекомых. В Красночико́йской тайге обитают бурый медведь, волк, россомаха, рысь, лисица, колонок, горностай, соболь, зайцы. Среди грызунов промысловыми являются белка, заяц, летяга. Из копытных в лесах района встречаются лось, изюбрь, косуля, кабан, кабарга. Птицы в тайге представлены каменным глухарем, тетеревом, рябчиками, куропатками. В 1930-е гг. в район завезены норка, ондатра, расселившиеся по притокам Чикоя. На территории национального парка насчитывается 65 видов млекопитающих. Выделяются два скопления типологических группировок млекопитающих в пределах Хэнтэй-Чикойского нагорья: низкогорное и высокогорно-лесное. Исследователь П.В. Баранов указывает на уникальность териофауны гольцов [4, 5]. В реках и озерах горной тайги и лесостепей обитают лососевые рыбы: таймень, хариус, сиг. Другие виды рыб: щука, окунь, налим, чебак. Общее количество объектов животного мира, обитающих на территории парка, занесенных в Красную Книгу Забайкальского края – 63 [6], из них 24 вида занесены в Красную Книгу Российской Федерации [7].

*Создание парка – альтернатива разработке урановых руд.* Идея создания национального парка также явилась альтернативой добыче урана на территории района. Залежи урана в долине реки Чикой определяются как средние, качество руды высокое [8]. Государственной корпорацией по атомной энергии «Росатом» были разработаны планы по его добыче. Жители района выступили против разработки недр, аргументируя свой протест правом на благоприятную окружающую среду. На общественных слушаниях по данному вопросу практически все представители района высказались отрицательно по поводу урановой добычи.

Разработка урановых месторождений в пределах Байкальской природной территории представляет собой серьёзную геоэкологическую угрозу. Первый способ добычи может быть открытым, тогда уровень радиации в окрестностях шахт и рудников повышается. Второй способ предпола-

ет использование серной кислоты. Тогда под угрозой в первую очередь оказываются почвогрунты и подземные воды. Существующие технологии добычи не являются экологически безопасными. Спрос на урановую руду на мировом рынке есть, однако он нестабилен. Например, после аварии на АЭС в Японии в 2011 г. цены на уран резко снизились. В Забайкальском крае и Республике Бурятия сосредоточено 40% всех российских запасов урановых руд, 90% из них добывается в Забайкалье. В мировом производстве урана России принадлежит 5%. Руда перерабатывается на заводах, и большая часть готовой продукции экспортируется за рубеж (США). Возможно, что добыча урана в Красночико́йском районе могла бы улучшить социально-экономическое развитие региона и страны, однако урановая руда – это исчерпаемый ресурс, запасы ограничены и могут разрабатываться в течение 50–100 лет. Гораздо важнее сохранить биологические ресурсы территории, поскольку это жизнеобеспечивающий каркас для местного населения. Поэтому создание национального парка стало наиболее приемлемым решением для устойчивого развития Красночико́йского района.

*Факторы, способствующие включению парка во всемирную сеть биосферных резерватов.* Территория национального парка «Чикой» имеет ряд своих уникальных природных и историко-культурных особенностей, отличается от других ООПТ, расположенных в Забайкальском крае, поэтому целесообразно включить национальный парк в систему биосферных резерватов. Этому способствуют следующие факторы:

1. Большие пространства коренных участков кедрового леса, не затронутые деятельностью человека. Богатый видовой состав флоры и фауны. На территории национального парка обитают краснокнижные виды.

2. Наличие уникальных природных объектов – Ламский городок, озеро Шебеты, Быстринский голец и др., обладающих высокими эстетическими качествами, представляющими интерес для исследователей разных отраслей науки (геология, ботаника, зоология, география, археология и др.).

3. Проживание на территории Красночико́йского района семейских старообрядцев, у которых в течение нескольких сотен лет проживания в чикойской тайге, сложились виды хозяйственной деятельности, связанные с использованием таёжных ресурсов. Параллельно материальному ис-

пользованию природных благ, у населения сформирована своя природопользовательская этика, не допускающая нанесения вреда окружающей среде. Культурные традиции семейских включены в список шедевров устного и нематериального наследия ЮНЕСКО в 2001 г.

4. Территория национального парка «Чикой» полностью находится в буферной зоне Байкальской природной территории в пределах водосборного бассейна озера Байкал, включённого в список объектов Всемирного природного наследия, что является весомым аргументом в пользу включения национального парка «Чикой» в международную систему биосферных резерватов.

В настоящее время в России 37 биосферных резерватов, в том числе 34 заповедника во многих субъектах страны и 3 национальных парка, которые находятся в европейской части России.

Организация биосферных заповедников, нацпарков и их вхождение во всемирную сеть осуществляется в соответствии с Положением о всемирной сети биосферных резерватов. Каждый биосферный резерват остается под суверенитетом той страны, где находится, и подчиняется полностью только внутреннему законодательству данной страны. Основная задача биосферных заповедников и нацпарков – не только сохранить природу в ее естественном состоянии, но одновременно на основе детального и комплексного изучения эталонных участков нетронутой природы, с одной стороны, и идентичных, но эксплуатируемых человеком участков, с другой, оценить развитие тех или иных естественных сообществ, а также дать оценку и прогноз состояния природы при различных формах ее использования.

Одним из важных критериев включения ООПТ в систему биосферных резерватов является наличие биосферного полигона. Можно изучить и использовать опыт Баргузинского биосферного заповедника, поскольку такой полигон у этого учреждения имеется.

Термин «биосферный полигон» не применяется в международной концепции биосферных резерватов и специфичен именно для России. При этом по своим задачам биосферные полигоны ближе всего по международным понятиям к буферной зоне. В то же время то, что на биосферных полигонах предусмотрено рациональное природопользование, сближает их с переходной зоной международных биосферных резерватов. Таким образом, исполь-

зование понятия «биосферный полигон» в практической деятельности биосферных заповедников позволяет, не вступая в противоречие с международной концепцией, учитывать и особенности российской действительности.

Биосферный полигон возможно создать в зонах хозяйственного назначения, где присутствует антропогенное воздействие в форме традиционных видов и способов природопользования. На территории биосферного полигона следует разрешить:

1. Проведение научных и экспериментальных работ, связанных с изучением влияния антропогенных факторов, а также с целью разработки методов охраны и рационального использования природных ресурсов.

2. Сбор дикоросов в научных, экспериментальных и хозяйственных целях. На территории национального парка «Чикой» исторически ведётся добыча кедрового ореха и в настоящее время она разрешена. Для этого нужно выписать разрешение на въезд на территорию национального парка. Администрация не стремится к тому, чтобы население производило добычу кедрового ореха на территории национального парка, поскольку сохранение кедровых массивов является приоритетной задачей. Однако добыча ореха производится ввиду того, что до создания национального парка на этих территориях за каждой семьёй неофициально закреплены орехопромысловые угодья, которые передаются из поколения в поколение, и в Красночикоysком районе этот промысел считается традиционным. В настоящее время добыча кедрового ореха является важным источником в системах жизнеобеспечения многих семей [9]. Поэтому её не запрещают, чтобы не было конфликта между парком и населением.

3. Рекреацию и туризм. Экологический туризм может стать приоритетным направлением развития парка ввиду высокого природно-ресурсного потенциала территории. Организация и обустройство пешеходных маршрутов – первый шаг в этом направлении. Этнический туризм также следует развивать на территории Красночикоysкого района, в том числе на территории национального парка. В настоящее время наблюдается возвращение к традициям семейских, их усиление во всех сферах жизни. Перспективы развития традиционной культуры и образа жизни семейских связаны с востребованностью этнического туризма, интересом мирового сообщества к феноме-

ну сибирского старообрядчества. Распространение получает, прежде всего, фольклор семейских. Неотъемлемой частью культуры семейских в Забайкалье является их хозяйственная деятельность и традиционное природопользование. В зонах хозяйственного назначения можно обустроить туристические базы, где отдыхающим можно предложить добычу кедрового ореха или заготовку других дикоросов.

Биосферный полигон должен выполнять следующие функции:

- 1) обеспечение занятости населения;
- 2) сохранение традиционных видов деятельности;
- 3) уменьшение техногенного влияния на природу и ресурсосбережение;
- 4) воспитательно-просветительскую и научно-образовательную.

После создания подобного биосферного полигона возможно включение национального парка «Чикой» во всемирную сеть биосферных резерватов. Основной задачей биосферного резервата является гармонизация взаимоотношений человеческого сообщества и природы. Хозяйственная деятельность должна дополнять охрану природы. Сегодня биосферные резерваты выполняют три функции: содействие сохранению биологического и культурного разнообразия, продвижение целей устойчивого развития и оказание материально-технической поддержки исследованиям и общественному образованию.

### Заклучение

Национальный парк «Чикой» располагает высоким потенциалом к выполнению перечисленных функций и вполне может быть включен во всемирную сеть биосферных резерватов. Сочетание природного, социально-экономического и историко-культурного факторов способствует созданию биосферного полигона на территории национального парка. Красночикоийский район, где расположен национальный парк, входит в состав Забайкальского края, многие районы и поселения которого считаются депрессивными и отсталыми по уровню жизни населения и социально-экономическому развитию [10], поэтому деятельность национального парка положительно сказывается на развитии района. В дальнейшем, при присвоении ему статуса «биосферного», парк также продолжит выполнять градообразующие функции. Предполагается расширение спектра возможностей для развития научных исследований и туризма, что привлечет

финансы, инвестиции, квалифицированные кадры. Статус «биосферный» укрепит позиции национального парка в природоохранной деятельности и позволит противостоять угрозам подобным разработке полезных ископаемых на территории Красночикоийского и прилегающих районов.

### Список литературы / References

1. Бешенцев А.Н., Козлова С.А. Трансформационные процессы в расселении старообрядцев Западного Забайкалья (семейских) в XX и XXI вв. // *Genesis: исторические исследования*. 2018. № 6. С. 49–56.

Beshencev A.N., Kozlova S.A. Transformation processes in the resettlement of old believers of Western Zabaikalye (Semeyskie) in the XX and XXI centuries // *Genesis: istoricheskiye issledovaniya*. 2018. № 6. P. 49–56 (in Russian).

2. Макаров В.П., Неслухов А.Д., Пак Л.Н., Желибо Т.В., Банщикова Е.А. Флористический состав кедровых лесов национального парка «Чикой» в бассейне р. Аца // *Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова*. 2016. № 2 (43). С. 79–85.

Makarov V.P., Neslukhiv D.A., Pak L.N., Galiba T.V., Banchchikova E.A. A Floristic Composition of Siberian Cedar Forests in the National Park «Chikoi» in the Atsa River Basin // *Vestnik Buryatskoygo sudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii im. V.R. Filippova*. 2016. № 2 (43). P. 79–85 (in Russian).

3. Макаров В.П., Пак Л.Н., Малых О.Ф. Сосновые леса национального парка «Чикой» в бассейне р. Аца // *Международный научно-исследовательский журнал*. 2018. № 11–1 (77). С. 123–128. DOI: 10.23670/IRJ.2018.77.11.023.

Makarov V.P., Pak L.N., Malykh O.F. Pine forests of the national Park «Chikoi» in the basin of the river Azza // *Mezhdunarodnyu nauchno-issledovatel'skiy zhurnal*. 2018. № 11–1 (77). P. 123–128 (in Russian).

4. Баранов П.В. Млекопитающие Южного Забайкалья (структура населения, мониторинг, рациональное использование и охрана редких видов). Новокузнецк, 2004. 245 с.

Baranov P.V. Mammals of southern Transbaikalia (population structure, monitoring, rational use and protection of rare species). Novokuznetsk, 2004. 245 p. (in Russian).

5. Баранов П.В. Формирование современной териофауны горных систем юга Сибири на примере Хэнтэй-Чикойского нагорья в Южном Забайкалье. [Электронный ресурс]. URL: [http://sokhondo.ru/static/files/Baranov\\_Dinamika\\_teriofauni\\_Xenteya\\_3.pdf](http://sokhondo.ru/static/files/Baranov_Dinamika_teriofauni_Xenteya_3.pdf) (дата обращения: 05.03.2019).

Baranov P.V. The formation of the modern mammal fauna of the mountain systems of southern Siberia on the example of Khentey-Chicago plateau in southern Transbaikalia. [Electronic resource]. URL: [http://sokhondo.ru/static/files/Baranov\\_Dinamika\\_teriofauni\\_Xenteya\\_3.pdf](http://sokhondo.ru/static/files/Baranov_Dinamika_teriofauni_Xenteya_3.pdf) (date of access: 05.03.2019) (in Russian).

6. Об утверждении перечня объектов животного мира, занесенных в Красную книгу Забайкальского края: Постановление правительства Забайкальского края от 16 февраля 2010 года № 51. [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/922221094> (дата обращения: 10.03.2019).

About the approval of the list of objects of fauna, listed in the Red book of the Zabaykalskyikrai: Resolution of the Government of Zabaykalsky Krai of February 16 2010 № 51. [Electronic resource]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/922221094> (date of access: 10.03.2019) (in Russian).

7. Красная Книга России. Животные. [Электронный ресурс]. URL: <http://redbookrf.ru/zivotnye> (дата обращения: 05.03.2019).

The Red Book Of Russia. Animals. [Electronic resource]. URL: <http://redbookrf.ru/zivotnye> (date of access: 05.03.2019) (in Russian).

8. Ширапова С.Д., Цырендоржиева Т.Б. Геоэкологические особенности освоения горного месторождения урана (Забайкальский край) // *Материалы XV Совещания геогра-*

фов Сибири и Дальнего Востока (г. Улан-Удэ, 10–13 сентября 2015 г.). Иркутск: Изд-во Ин-та географии имени В.Б. Сочавы СО РАН, 2015. С. 473–475.

Shirapova S.D., Tsyrendorzhiyeva T.B. Geological features of the mining development of uranium deposits (ZabaykalskyKrai) // *Materialy XV SoveshchaniyageografovSibiri i DalnegoVostoka* (g. Ulan-Ude. 10–13 sentyabrya 2015 g.). Irkutsk: Izd-vo In-ta geografiiimeni V.B. Sochavy SO RAN, 2015. P. 473–475 (in Russian).

9. Козлова С.А. Проблемы и перспективы добычи кедрового ореха на территории Красночикоysкого района Забайкальского края // *Социально-экономические проблемы развития экономики АПК в России и за рубежом: материалы научно-практической конференции*. Иркутск: Изд-во ИрГАУ, 2017. С. 227–234.

Kozlova S.A. Problems and prospects of production of pine nuts on site Krasnochikoyskoe district in ZabaykalskyKrai //

*Sotsialno-ekonomicheskiyeproblemyrazvitiyaekonomiki APK v Rossii i zarubezhom: materialynauchno-prakticheskoykonferentsii*. Irkutsk: Izd-vo IrGAU, 2017. P. 227–234 (in Russian).

10. Гурова О.Н., Задорожный В.Ф. Проблемы депрессивных территорий (на примере городского поселения «Город Балеi» Забайкальского края) // *Социальная география регионов России и сопредельных территорий: фундаментальные и прикладные исследования* (Иркутск, 08–10 октября 2008). Иркутск: Изд-во Ин-та географии имени В.Б. Сочавы СО РАН, 2008. С. 98–101.

Gurova O.N., Zadorozhnyy V.F. Problems of depressive territories (on the example of urban settlement «City of Balei» of ZabaykalskyKrai) // *Sotsialnaya geografiya regionov Rossii i sopredelnykh territoriy: fundamentalnyye i prikladnyye issledovaniya* (Irkutsk, 08–10 oktyabrya 2008). Irkutsk: Izd-vo In-ta geografiiimeni V.B. Sochavy SO RAN, 2008. P. 98–101 (in Russian).

УДК 502.2:504.3

**ОЦЕНКА УРОВНЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ МЕТОДОМ ПРОСТОГО РАНЖИРОВАНИЯ****<sup>1</sup>Малышкин Н.Г., <sup>2</sup>Петров Г.Л., <sup>2</sup>Петрова Е.Ю.**<sup>1</sup>*ФГБОУ ВО «Государственный аграрный университет Северного Зауралья», Тюмень, e-mail: malyshkin81@rambler.ru;*<sup>2</sup>*ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень*

Для оценки состояния среды обитания человека можно использовать разнообразные геоэкологические и статистические методы анализа, одним из наиболее доступных является метод простого ранжирования. В статье представлены результаты анализа факторов негативного воздействия на атмосферный воздух сельскохозяйственных районов юга Тюменской области. Основой для анализа послужили данные статистической отчетности, размещенные в базе данных на сайте Росстат. Проведена оценка уровня антропогенной нагрузки на атмосферный воздух по валовым выбросам загрязняющих веществ в атмосферу, степени очистки выбросов и количеству источников загрязнения с помощью метода простого ранжирования показателей. По результатам проводимых расчетов районы области ранжировали в порядке возрастания или убывания показателей. Из применяемого перечня выявлены наиболее эффективные из анализируемых показателей. На основании объемов валовых выбросов районы распределили по трем группам: высоким, средним и низким уровнем нагрузки на атмосферу. Результаты ранжирования послужили основой для построения карт. В составе валовых выбросов загрязняющих веществ преобладали летучие органические соединения, составляющие до 95 % в структуре выброса. Картографирование и анализ мероприятий по снижению выбросов показали, что более чем на 50 % территории степень улавливания примеси очень низкая. Состояние компонентов природной среды находится в тесной зависимости с уровнем здоровья населения на обследуемой территории. Для определения последствий воздействия был проведен корреляционный анализ между уровнем антропогенной нагрузки на атмосферу и заболеваемостью населения. Определена прямая зависимость средней степени между объемом выбросов загрязняющих веществ и развитием заболеваний органов дыхания.

**Ключевые слова:** валовые выбросы загрязняющих веществ, ранжирование, уровень воздействия, степень улавливания и обезвреживания выбросов, здоровье населения

**ASSESSMENT OF LEVEL OF IMPACT OF ECONOMIC ACTIVITY ON ATMOSPHERIC AIR BY METHOD OF SIMPLE RANGING****<sup>1</sup>Malyshkin N.G., <sup>2</sup>Petrov G.L., <sup>2</sup>Petrova E.Yu.**<sup>1</sup>*State Agricultural University of the Northern Trans-Ural, Tyumen, e-mail: malyshkin81@rambler.ru;*<sup>2</sup>*Tyumen Industrial University, Tyumen*

For assessment of a condition of the habitat of the person it is possible to use various geoecological and statistical methods of the analysis, one of the most available is the method of simple ranging. Results of the analysis of factors of negative impact on an atmospheric air of agricultural regions of the South of the Tyumen region are presented in article. Formed a basis for the analysis given to statistical reporting, posted in the database on the website Rosstat. The assessment of level of anthropogenic load of an atmospheric air on gross emissions of pollutants in the atmosphere, extents of cleaning of emissions and quantity of sources of pollution by means of a method of simple ranging of indicators is carried out. By results of the carried-out calculations districts of the area ranged in ascending order or decrease of indicators. From applied with the most effective of the analyzed indicators are revealed. On the basis of volumes of gross emissions areas distributed on three groups: high, average and low level of load of the atmosphere Results of ranging formed a basis for creation of cards. As a part of gross emissions of pollutants the volatile organic compounds making up to 95 % in structure of emission prevailed. Mapping and the analysis of actions for decrease in emissions showed that more than for 50 % of the territory extent of catching of impurity very low. The status of components of the environment is in close dependence with the level of health of the population in the inspected territory. For definition of effects of influence correlation analysis between the level of anthropogenic load of the atmosphere and incidence of the population was carried out. The direct dependence of average degree between the volume of emissions of pollutants and development of diseases of respiratory organs is defined.

**Keywords:** gross emissions of pollutants, ranging, influence level, extent of catching and neutralization of emissions, health of the population

Важным направлением комплексного эколого-экономического анализа формирования региональных производственных систем является прогнозирование влияния последствий реализации хозяйственных решений на уровень загрязнения воздушной среды. В структуре многосредового

воздействия на человека особое значение в нарушении здоровья имеют загрязнения атмосферного воздуха [1, с. 25]. На уровне с токсичными для человека химическими соединениями в атмосферу поступают и компоненты оказывающие влияние на глобальные процессы биосферы. Так, на-

пример, углекислый газ, поглощение которого в последние годы снижается из-за частых теплых лет [2, с. 2161].

В основе проведения оценки лежит, прежде всего, эмпирическое обобщение данных о влиянии тех или иных объектов или факторов на компоненты окружающей среды. Поэтому используется вся совокупность частных и общих методов географических, геологических и экологических исследований, которые сопровождаются математико-картографическими моделями [3, с. 28]. Поэтому использование математических методов, позволяющих охватить несколько компонентов природной среды для целого ряда пространственно распределенных объектов, и сравнение их между собой представляет практический интерес для выявления наиболее проблемных с экологической точки зрения территорий. Подобный анализ позволяет не только выявлять территории, требующие особого внимания в плане охраны, но и выделять критерии, которые в дальнейшем можно включать в методику оценки.

Целью данного исследования является сравнительный анализ степени воздействия хозяйственной деятельности на атмосферный воздух районов юга Тюменской области.

#### **Материалы и методы исследования**

Материалом для проведения исследования послужили результаты экологической отчетности, размещенные в БД «Показатели муниципальных образований» на официальном сайте Федеральной службы государственной статистики. Выборка сформирована по состоянию на 2017 г. При проведении исследований использовали метод простого ранжирования, заключающийся в расположении объектов ранжирования в порядке убывания (возрастания) суммы значений нормированных признаков. Ранги обозначали цифрами от 1 до  $n$  и присваивали каждому значению. Результаты ранжирования визуализировали с помощью картограмм, созданных в программе QGis 2.10.1. Для оценки влияния загрязнения атмосферы на здоровье населения районов проведен корреляционный анализ в MS Excel.

#### **Результаты исследования и их обсуждение**

Эксплуатация объектов хозяйственной деятельности связана с непосредственным воздействием на компоненты окружающей природной среды. При этом, существен-

ная нагрузка приходится на атмосферный воздух. Даже в районах, преимущественно эксплуатирующих агроландшафты, совокупный уровень воздействия на атмосферу остается существенным [4, с. 177].

При оценке эффективности выполнения мероприятий по охране атмосферы недостаточно иметь только сведения о сокращении выбросов. Требуется надежная информация за длительный период о содержании примесей в атмосфере и климатических условиях их распространения [5, с. 10]. Оценить и спрогнозировать степень антропогенного воздействия на атмосферный воздух региона возможно на основании анализа источников и факторов негативного воздействия. Данные о типах источников, их характеристике и метеорологических особенностях территории позволяют определить поля концентрации примесей, «прорисовать» зону возможного загрязнения и разработать прогноз развития ситуации.

Методы ранжирования отдельных групп показателей по мере увеличения (уменьшения) значения позволяют получить ряд данных и объединить показатели в классы, необходимое количество которых устанавливает исследователь.

Важным этапом экологического анализа является выбор наиболее эффективных критериев, которые являются показательными, а иногда и индивидуальными для конкретной местности. Для анализа уровня антропогенной нагрузки на атмосферный воздух использовали следующие показатели: количество стационарных источников выброса загрязняющих веществ в атмосферу (ед.); валовый объем выброса загрязняющих веществ (т/год); выбросы по отдельным видам загрязняющих веществ (т/год); эффективность улавливания и обезвреживания выбросов (%), заболеваемость населения (число случаев на 1000 населения). Это стандартный перечень показателей воздействия на атмосферный воздух, положенный в основу статистической отчетности, ежегодно предоставляемой предприятиями и организациями. Для каждого района был проведен расчет значимости фактора по каждому из выбранных критериев. Обобщение полученных показателей позволило провести ранжирование рассматриваемых факторов по степени важности. Ранжирование факторов по степени важности осуществляется на основе суммы баллов либо по величине коэффициента значимости. Чем меньше сумма баллов (больше коэффициент значимости), тем важнее фактор.

Валовый объем выбросов загрязняющих веществ в атмосферу по муниципальным районам определяется уровнем развития производства, а также объемом затрат на природоохранную деятельность. При этом количество источников загрязнения атмосферы не является определяющим показателем в оценке степени нагрузки и не коррелирует с валовыми поступлениями загрязняющих веществ. Из основополагающих показателей, при оценке воздействия, выделяется мощность источников, сосредоточенных на анализируемой территории. Приведенные объемы выбросов были распределены по трем категориям – высокий, средний и низкий уровни воздействия. Оценка проводилась отдельно по городам и муниципальным районам (рис. 1).

Предварительная оценка показала высокий уровень антропогенной нагрузки на атмосферный воздух в Уватском районе (75,7 тыс. т в год), что обусловлено развитием добывающей промышленности, совокупные выбросы которой существенно превышают таковые по остальным районам области. По значению коэффициента значимости, район был отнесен к первому рангу. Для остальных районов получены связанные ранги, по которым был проведен пересчет коэффициента значимости с целью сопоставимости оценок. Учитывая сельскохозяйственную ориентированность производства в остальных районах юга области, наблюдается преимущественно

низкий уровень воздействия на атмосферу. По городам и городским округам ситуация выглядит следующим образом: высокий уровень нагрузки на атмосферу характерен для Тюмени, средний – для Тобольска, низкий – Ишима, Заводоуковска и Ялуторовска. Такая особенность обусловлена уровнем развития инфраструктуры города, мощностью производства и численностью населения.

В составе выбросов, поступающих от совокупности источников, преобладают твердые вещества, окислы азота, углерода и серы, летучие органические соединения (ЛОС). Из окислов по объему преобладает диоксид углерода. Раздельное ранжирование районов по этим показателям нецелесообразно, так как полученный результат аналогичен рангам, сформированным по валовым выбросам в атмосферу.

Доля выбросов, поступивших на пыле- и газоуловители (ЛГУ), максимальна в Омутинском (98,8% от отходящих), Абатском (88,2%), Вагайском (86,1%), Юргинском (84,4%), Сорокинском (82,9%) районах и в городах Тюмень (84,7%) и Ялуторовск (79,6%). Улавливание и обезвреживание загрязняющих веществ по районам ранжировали по убыванию показателя на 4 группы от высокой степени очистки до очень низкой. Более чем на 50% территории юга Тюменской области выбросы в атмосферу осуществляются без очистки или с очисткой на уровне менее 10% (рис. 2).



Рис. 1. Уровень воздействия на атмосферный воздух по городам и муниципальным районам Тюменской области



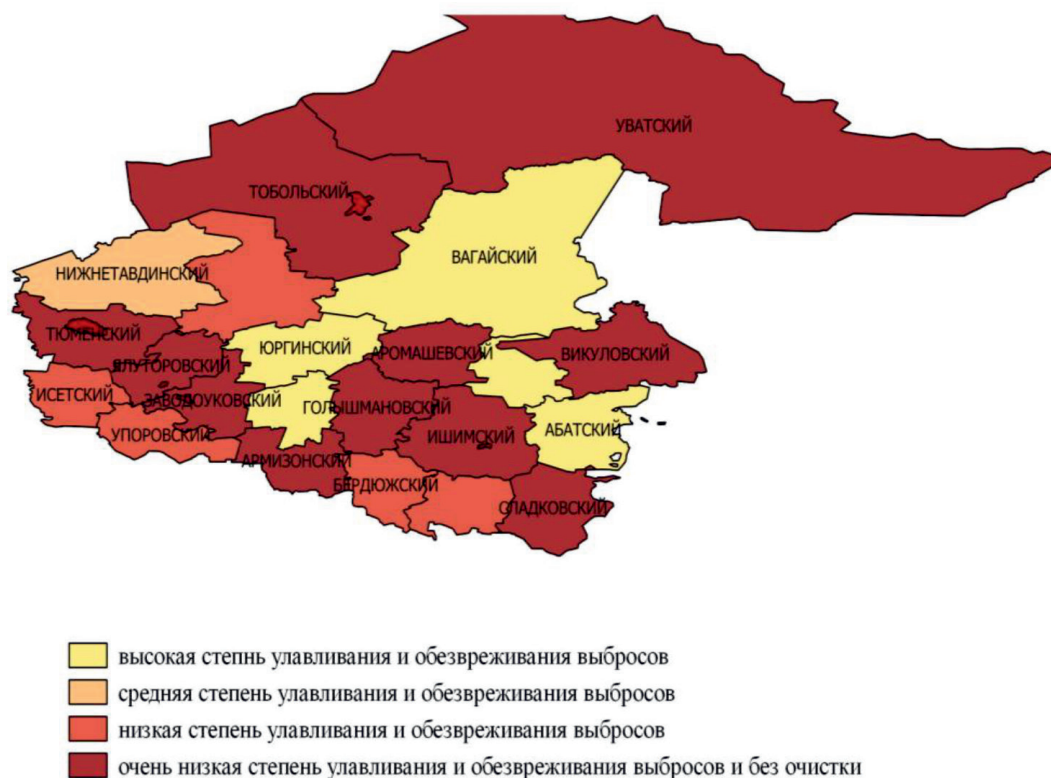


Рис. 2. Предварительное ранжирование районов Тюменской области по увеличению экологической безопасности (от большего показателя к меньшему)

Перечень заболеваний населения Тюменской области, связанных с загрязнением атмосферного воздуха

Патология	Вещества вызывающие патологию [6, с. 19]	Вещества, содержащиеся в атмосферных выбросах районов
Болезни системы кровообращения	окислы серы, окись углерода, окислы азота, сернистые соединения, сероводород, этилен, пропилен, бутилен, жирные кислоты, ртуть, свинец	твердые вещества (пыль), газообразные и жидкие выбросы, окислы серы, окись углерода, окислы азота, углеводороды без ЛОС, ЛОС, прочие соединения
Болезни органов дыхания	пыль, окислы серы и азота, окись углерода, сернистый ангидрид, фенол, аммиак, углеводород, двуокись кремния, хлор, ртуть	
Болезни крови, кроветворных органов и отдельные нарушения, вовлекающие иммунный механизм	окислы серы и азота, окись углерода, углеводород, азотистоводородная кислота, этилен, пропилен, сероводород	

Одним из показателей последствий воздействия на окружающую природную среду является состояние здоровье населения. По оценкам экспертов Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) различают пять категорий реакций состояния здоровья населения на загрязнение окружающей среды: повышение смертности, повышение заболеваемости, наличие функциональных изменений, превышающих норму или не превышающих

норму, относительно безопасное состояние. Как известно, аэрогенный путь поступления поллютантов в организм человека наиболее значительный и неблагоприятный в связи с особенностями токсикокинетики в организме. По составу эмиссии загрязняющих веществ определено предполагаемое воздействие компонентов на развитие заболеваний дыхательных путей, системы кровообращения, крови и кроветворных органов (таблица).

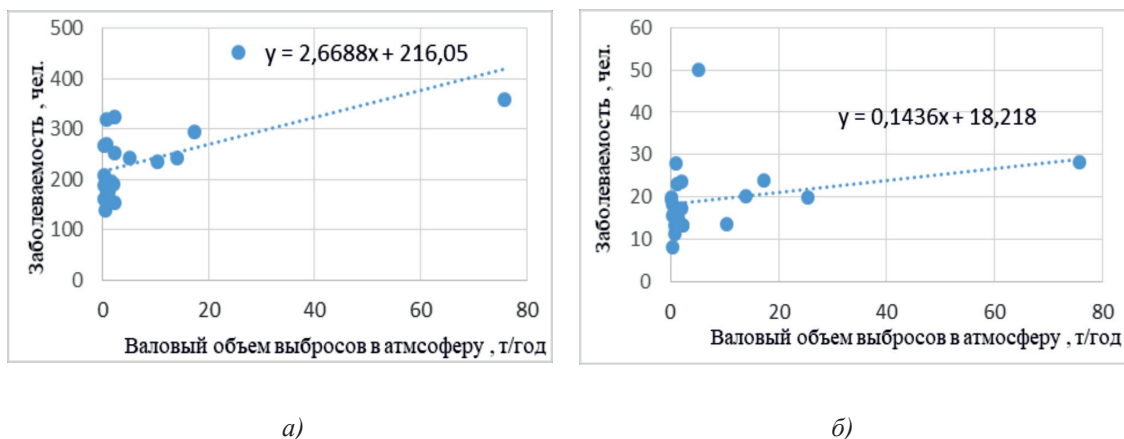


Рис. 3. Коррелятивная связь между состоянием здоровья населения и уровнем загрязнения атмосферного воздуха: а) заболевания органов дыхания; б) заболевания крови

Из поступающего в атмосферный воздух перечня веществ около 80% можно отнести к факторам риска развития вышеперечисленных заболеваний. По результатам проведенного анализа установлена прямая зависимость между уровнем загрязнения атмосферного воздуха и заболеваемостью населения. Коррелятивная связь слабой степени существует между уровнем загрязнения атмосферы и заболеваниями органов дыхания у населения районов, при значении коэффициента корреляции  $r = 0,57$  и коэффициента детерминации  $d_{yx} = 0,32$  (рис. 3).

Такая зависимость обусловлена ингаляционным путем поступления твердых и газообразных соединений в органы дыхания. Так, доля влияния загрязнения атмосферного воздуха на развитие данной группы заболеваний составляет 32% от всех вместе взятых воздействий. Загрязнение атмосферного воздуха оказывает слабое воздействие на развитие заболеваний крови и кровеносных органов ( $r = 0,28$ ,  $d_{yx} = 0,08$ ).

Развитие заболеваний дыхательных путей (число случаев на 1000 населения) является максимальным для Тюменского (452,37), Уватского (357,89), Ишимского (325,39) и Ялуторовского (320,38) районов. Эти показатели получены с учетом населения, проживающего в условиях городской среды, где воздействие на атмосферный воздух на порядок выше, по сравнению с сельской территорией. По данным статистической отчетности основной вклад в уровень загрязнения городов вносят неорганизованные (передвижные) источники выброса, которые выделяют в атмосферу вещества вызывающие патологию органов дыхания.

## Выводы

1. Выбор показателей для определения значимых факторов и их ранжирования является важным этапом применяемого метода. Из перечня используемых показателей наиболее значимыми являются: валовый объем выбросов в атмосферу, состав выбросов и эффективность работы пылегазоуловителей (ПГУ). Число учитываемых источников загрязнения не может быть использовано в системе оценки, так как их параметры и мощность выброса будут различаться между собой и не позволят оценить уровень воздействия на атмосферу и сопоставить районы по анализируемому критерию.

2. Проведенная оценка позволила выделить районы Тюменской области по степени антропогенного воздействия на атмосферный воздух. Ранжированные данные показали взаимосвязь между мощностью техногенных объектов и уровнем нагрузки на атмосферу. Анализ эффективности природоохранных мероприятий, реализуемых природопользователями, позволил выделить 4 категории районов. В результате было установлено, что более чем на 50% территории степень улавливания и очистки выбросов очень низкая.

3. Показатели состояния здоровья населения в районах, по анализируемым показателям, коррелируют со степенью нагрузки на атмосферу и могут быть использованы в качестве регионального индикатора при качественной оценке состояния природных сред. Методы статистического анализа показали коррелятивную связь слабой степени между уровнем развития заболеваний дыха-

тельных путей у населения районов и объемом специфических загрязняющих веществ, поступающих в атмосферу. Таким образом, данный параметр может быть использован как один из индикаторов состояния атмосферы в городах и населенных пунктах.

#### Список литературы / References

1. Давыденко Л.А., Сливина Л.П., Беляева А.В. Ретроспективный анализ качества атмосферного воздуха на территориях крупного промышленного города // Волгоградский научно-медицинский журнал. 2013. № 4 (40). С. 25–27.

Davydenko L.A., Slivina L.P., Belyaeva A.V. The retrospective analysis of quality of atmospheric air in territories of the large industrial city // the Volgograd scientific and medical magazine. 2013. № 4 (40). P. 25–27 (in Russian).

2. Degefe D.T., Fleischer E., Klemm O., Soromotin A.V., Soromotina O.V., Tolstikov A.V., Abramov N.V. Climate extremes in south western siberia: past and future. Stochastic Environmental Research and Risk Assessment. 2014. V. 28. № 8. P. 2161–2173. DOI: 10.1007/s00477-014-0872-9.

3. Малышкин Н.Г. Оценка экологической безопасности районов юга Тюменской области на базе совокупности критериев // АгроЭкоИнфо. 2018. № 4 (34). [Электронный ресурс]. URL: <http://www.agroecoinfo.narod.ru/journal/index.html> (дата обращения: 08.04.2019).

Malyshkin N.G. Assessment of environmental safety of regions of the South of the Tyumen region on the basis of set of criteria // Agroecoinfo. 2018. № 4(34). [Electronic resource].

URL: <http://www.agroecoinfo.narod.ru/journal/index.html> (date of access: 08.04.2019) (in Russian).

4. Санникова Н.В., Суровцева Ю.А., Шелепова И.М. Оценка воздействия на окружающую среду Кукушкинской межхозяйственной мелиоративной системы в Гольшмановском районе Тюменской области при реконструкции // Актуальные вопросы науки и хозяйства: новые вызовы и решения. Сборник материалов ЛII Международной студенческой научно-практической конференции. Тюмень, 2018. С. 177–180.

Sannikova N.V., Surovtseva Yu.A., Shelepova I.M. Influence assessment on окружающую среду the environment of the Kukushkinsky intereconomic meliorative system in the Golyshmanovsky region of the Tyumen region at reconstruction // Topical issues of science and economy: new calls and decisions. Collection of materials LII of the International student's scientific and practical conference. Tyumen, 2018. P. 177–180 (in Russian).

5. Малышкин Н.Г., Санникова Н.В. Экологический мониторинг: учебно-методическое пособие. Тюмень: ГАУ Северного Зауралья, 2017. 128 с.

Malyshkin N.G., Sannikova N.V. Ecological monitoring: educational and methodical grant. Tyumen: GAU Severnogo Zaural'ya, 2017. 128 p. (in Russian).

6. Мониторинг качества атмосферного воздуха для оценки воздействия на здоровье человека. Региональные публикации ВОЗ. Европейская серия. № 85. Копенгаген, 2001. 293 с.

Monitoring of quality of atmospheric air for assessment of impact on human health. Regional publications of WHO. European series. № 85. Kopenhagen, 2001. 293 p. (in Russian).

УДК 911.3(470.343)

## ТЕРРИТОРИАЛЬНО-ДЕМОГРАФИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ФОРМИРОВАНИЯ ТРУДОВЫХ РЕСУРСОВ РЕСПУБЛИКИ МАРИЙ ЭЛ

<sup>1</sup>Пухова А.Г., <sup>2</sup>Беляева Т.К., <sup>3</sup>Толкунова С.Г., <sup>2</sup>Кузнецова М.А.

<sup>1</sup>ПФ ФГБОУ ВО «Российский государственный университет правосудия»,  
Нижний Новгород, e-mail: pag.egf@yandex.ru;

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный педагогический университет им. К. Минина»,  
Нижний Новгород, e-mail: btk66@yandex.ru;

<sup>3</sup>ФГБОУ ВО «Московский педагогический государственный университет»,  
Москва, e-mail: tolkunovsg@bk.ru

В статье рассматривается воздействие воспроизводства населения на формирование трудовых ресурсов Республики Марий Эл. В процессе исследования было выявлено, что численность постоянного населения Республики Марий Эл с 2000–2018 гг. уменьшилась на 61,5 тыс. чел., из-за низкой рождаемости и старения населения, невысокой продолжительности жизни, высокой смертности (особенно в трудоспособном возрасте). Особую тревогу вызывает рост доли мужчин трудоспособного возраста в структуре умершего населения, что наряду с сильным сокращением средней продолжительности жизни среди мужского населения ведет к увеличению разрыва между средней ожидаемой продолжительностью жизни женщин и мужчин и, следовательно, гендерной деформации на рынке труда. Авторами для более полного анализа воздействия воспроизводства населения на трудовые ресурсы Республики Марий Эл был использован метод ранжирования. На его основе была проведена группировка районов по таким суммарным демографическим показателям, как: плотность населения, коэффициент естественного прироста, сальдо миграции, удельный вес численности населения в трудоспособном возрасте, которые четко позволили выделить территориальную дифференциацию с выделением зоны благополучия в центре (вокруг города Йошкар-Ола) и зоны кризиса в западных муниципальных образованиях, где самые высокие показатели естественной и миграционной убыли. Авторами сделан вывод о том, в результате современных процессов воспроизводства населения число жителей республики, находящихся в трудоспособном возрасте и формирующих региональный рынок труда, сокращается, что будет иметь следующие последствия: ежегодно будет уменьшаться контингент молодежи, готовой к трудовой деятельности, и увеличиваться доля пожилых (процесс старения населения); а также в условиях очень низких объемов миграционного прироста населения Республика Марий Эл скорее всего окажется в ситуации дефицита трудовых ресурсов.

**Ключевые слова:** трудовые ресурсы, трудоспособное население, рождаемость, смертность, сальдо миграции, территориальная дифференциация, возрастная и половая структура населения

## TERRITORIAL AND DEMOGRAPHIC ASPECTS OF FORMATION OF LABOR RESOURCES OF THE REPUBLIC OF MARI EL

<sup>1</sup>Pukhova A.G., <sup>2</sup>Belyaeva T.K., <sup>3</sup>Tolkunova S.G., <sup>2</sup>Kuznetsova M.A.

<sup>1</sup>Russian State University of Justice, Nizhny Novgorod, e-mail: pag.egf@yandex.ru;

<sup>2</sup>Nizhny Novgorod State Pedagogical University K. Minin, Nizhny Novgorod, e-mail: btk66@yandex.ru;

<sup>3</sup>Moscow State Pedagogical University, Moscow, e-mail: tolkunovsg@bk.ru

The article discusses the impact of population reproduction on the formation of the labor resources of the Republic of Mari El. In the course of the study it was revealed that the resident population of the Republic of Mari El in the period from 2000–2018, decreased by 61.5 thousand people, due to the low birth rate and aging of the population, low life expectancy, high mortality (especially at working age). Of particular concern is the increase in the share of men of working age in the structure of the deceased population, which, along with a strong reduction in life expectancy among the male population, leads to an increase in the gap between the average life expectancy for women and men and, consequently, gender deformation in the labor market. The authors used a ranking method to more fully analyze the impact of population reproduction on the labor resources of the Republic of Mari El. Based on it, a grouping of districts was carried out according to such total demographic indicators as: population density, natural growth rate, migration balance, and the proportion of the working-age population, which clearly allowed to single out territorial differentiation with a well-being zone in the center (around Yoshkar-Ola) and the crisis zones in the western municipalities, where the highest rates of natural and migratory loss. The authors concluded that as a result of modern population reproduction processes, the number of people in the republic who are of working age and forming the regional labor market is decreasing, which will have the following consequences: the number of ready-to-work young people will decrease every year (the aging process population); as well as in the conditions of very low volumes of migration growth of the population, the Republic of Mari El will most likely be in a situation of shortage of labor resources.

**Keywords:** labor resources, working-age population, fertility, mortality, migration balance, territorial differentiation, age and sex structure of the population

«Одним из важнейших показателей формирования и развития трудовых ресурсов является демографический фактор. Именно в его рамках происходит воспроизводство

населения. Региональный рынок труда формируется главным образом за счет половой и возрастной структуры населения, территориального распределения трудовых ре-

сурсов. Размещение, качество и количество трудовых ресурсов также определяется этими показателями. Развитие населения и трудовых ресурсов в общем и целом совпадает, однако существуют определенные различия в процессах их воспроизводства» [1].

Цель исследования: анализ воздействия демографического фактора на формирование трудовых ресурсов Республики Марий Эл.

### Результаты исследования и их обсуждение

Численность населения – это главный показатель, без которого невозможен анализ структурных изменений населения. Он может характеризовать общую величину населения, то есть количество проживающих на данной территории людей.

На 1 января 2018 г. численность населения Республики Марий Эл составляла 682 333 чел. [2].

Из представленного графика (рис. 1) видно, что численность постоянного населения Республики Марий Эл за 19-летний период уменьшилась на 61,5 тыс. чел., из этого следует, что на протяжении последних десятилетий на территории Республики Марий Эл стабильно снижается численность населения и происходит депопуляция населения. Динамика уменьшения общей численности составила в среднем 3,4 тыс. чел. в год.

По численности населения Республика Марий Эл никогда не занимала лидирующей позиции среди субъектов Российской Федерации, на 2017 г. республика занимала по этому же показателю 66 место. За 18 лет население республики с 2000 г. по

2017 г. сократилось почти на 57 тыс. чел. (табл. 1), и сокращение по муниципальным образованиям шло не одинаково. Например, в Юринском районе численность населения снизилась на 3,7 тыс. чел., в Куженерском – на 2,9 тыс. чел., в Волжском районе на 6,3 тыс. чел., в Мари-Турекском на 5,3 тыс. чел., а в Горномарийском районе население уменьшилось на 7 тыс. чел., т.е. на периферии республики демографическая ситуация еще острее, чем по республике в среднем [3]. Это влияет на соотношение дорабочего, рабочего и послерабочего возраста. Снижение численности населения в республике Марий Эл происходило более быстрыми темпами, чем по России в целом. В последние годы в темпах прироста населения России и республики Марий Эл наметилась тенденция к снижению разрыва, вследствие того, что в фертильный возраст вступило больше, чем в предыдущие годы количество женщин, что стало причиной некоторого увеличения числа родившихся.

По мнению демографов, оптимальным показателем рождаемости для воспроизводства населения является 2,14 детей, по России в 2017 г. он составил 1,76 детей, а по Республике Марий Эл – 1,98. При сохранении современных показателей рождаемости и смертности должен происходить процесс постепенного увеличения численности трудоспособного населения и уменьшения естественной убыли населения. В 2017 г. в республике было зарегистрировано родившихся в 1,04 меньше, чем умерших, что со временем относительно неблагоприятно скажется на формировании трудовых ресурсов.

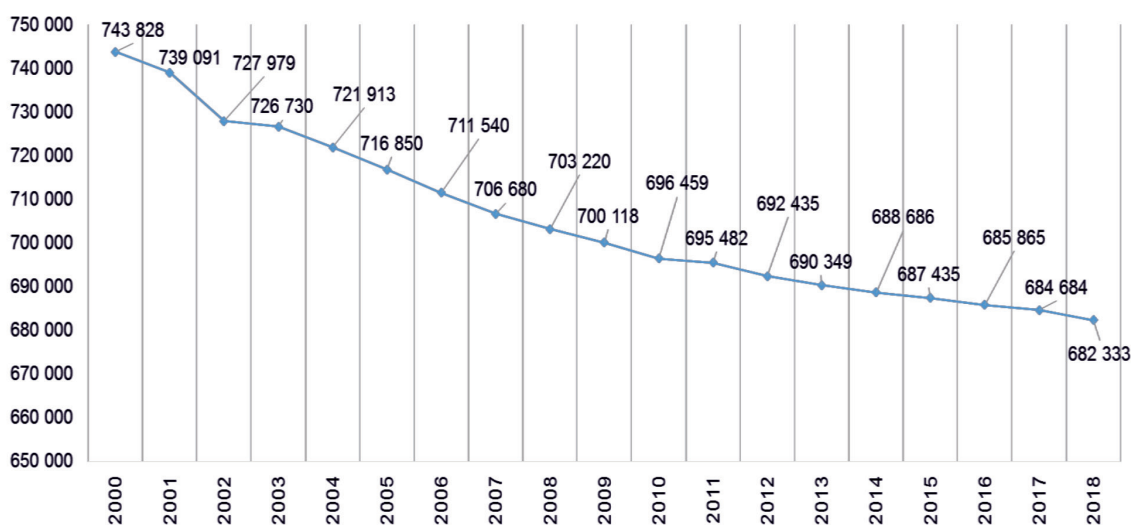


Рис. 1. Динамики численности населения Республики Марий Эл в 2000–2018 гг. (человек)

Таблица 1

Динамика численности населения Республики Марий Эл в сравнении с Россией в период с 2000–2017 гг.

	2000 г.	2005 г.	2010 г.	2012 г.	2016 г.	2017 г.
Республика Марий Эл (тыс. чел.)	739,0	713,4	695,5	690,0	684,7	682,3
Прирост или убыль (%)	-5,8	-6,7	-2,5	+0,5	+0,7	-0,4
Россия (тыс. чел.)	146890	143474	142856	143056	146544	146 804
Прирост и убыль населения (%)	-6,6	-5,9	-1,7	-0,03	-0,01	-0,92



Условные обозначения

■ 8,3–9,62

▨ 9,63–10,94

▬ 10,95–12,26

▮ 12,27–13,58

□ 13,59–14,9

I – ГО г. Йошкар-Ола;

II – ГО г. Волжск;

III – ГО г. Козьмодемьянск.

Рис. 2. Уровень рождаемости в Республике Марий Эл по муниципальным образованиям в 2017 г. (в‰)

Существенны различия по муниципальным образованиям: наиболее низкие показатели рождаемости в Козьмодемьянске, Волжском районе и Юринском (рис. 2), это осложняет региональную демографическую ситуацию и, по прогнозам, будет способствовать снижению трудовых ресурсов к 2040 г. Это скажется в последующем и на состоянии рынка труда. В республиканском масштабе лучшие показатели рождаемости в небольших городах и поселках городского типа: Медведево, Советский, Семеновка, Оршанка, Приволжский, Руэм, Знаменский, Шелангер, Силикатный, Помары.

Другим важнейшим показателем, влияющим на формирование трудовых ресурсов, является смертность [4].

Таблица 2

Динамика коэффициента смертности в России и Республике Марий Эл в 2000–2017 гг., (в‰)

Годы	Республика Марий Эл	Россия
2000	14,9	15,3
2005	17,1	16,1
2010	15,2	14,2
2014	13,7	13,1
2015	13,8	13,0
2016	13,2	12,9
2017	12,4	12,4

Данные табл. 2 свидетельствуют о том, что смертность в Республике Марий Эл за 18 лет превышает показатели Российской

Федерации. Это, как правило, связано с возрастными показателями структуры населения, низким уровнем социально-экономического положения людей, высоким уровнем заболеваемости, вызванным низким уровнем медицинского обслуживания населения, значительного влияния негативных социальных явлений (суицидов, алкоголизма, аборт, низких показателей состояния здоровья).

В отдельных районах показатели смертности отличаются от среднереспубликанских. Так, в 2017 г. смертность превысила рождаемость (рис. 3): в Юринском районе (18,7‰), в Горномарийском районе (17,0‰), в Звениговском районе (15,4‰), наименьший коэффициент смертности наблюдается в ГО г. Йошкар-Оле (10,4‰).

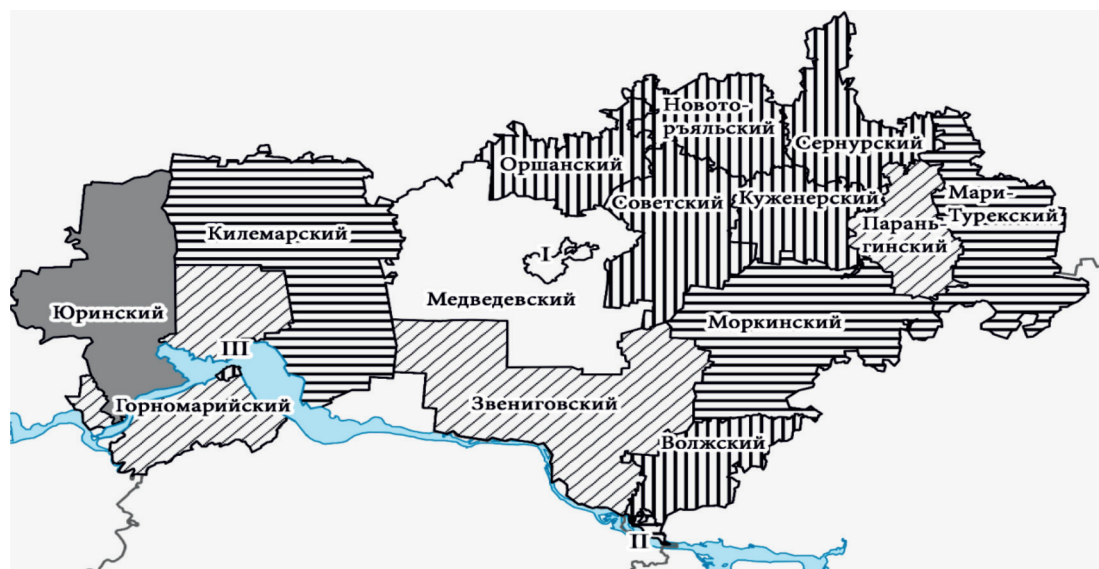
Социально-экономические стимулы являются основой для повышения рождаемости. Для системы здравоохранения важнейшей из задач является сохранение здоровья молодого поколения, репродуктивного женского и мужского здоровья.

В настоящее время значительная часть трудоспособного населения умирает от болезней, связанных с системой кровообращения, как и в 2000 г., так и в 2016 (рис. 4). Обращает на себя внимание то, что процент онкологических заболеваний увеличился почти в полтора

раза. Из диаграмм видно, что количество смертей по данному типу болезни увеличилось почти в полтора раза. Сократилось количество смертей, связанных с заболеваемостью органов дыхания (сокращение произошло почти в 2 раза). Сократилось в 1,5 раза количество смертей, связанных с несчастными случаями, отравлениями и травмами.

Одной из причин смертности на территории Республики Марий Эл являются самоубийства [5]. По методике расчета Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), критический показатель – 20 случаев на 100 тысяч человек, в то же время показатель самоубийств в России составляет 16,5 случаев на 100 тысяч человек. В Республике Марий Эл показатель смертности от самоубийств составляет – 26 случаев на 100 000 человек, это очень высокий уровень суицидов, который распространен в основном среди мужчин.

«Как уже отмечалось ранее, на формирование и развитие трудовых ресурсов огромное влияние оказывает возрастная структура населения. Ухудшение показателей воспроизводства населения негативно отражается не только на его численности, но и на возрастно-половой структуре, а следовательно, и на формировании рынка труда» [6].



Условные обозначения  
 □ 10,4–12,06  
 ▨ 12,07–13,72  
 ▤ 13,73–15,38  
 ▧ 15,39–17,04  
 ■ 17,05–18,7

Рис. 3. Уровень смертности Республики Марий Эл по муниципальным образованиям в 2017 г. (‰)

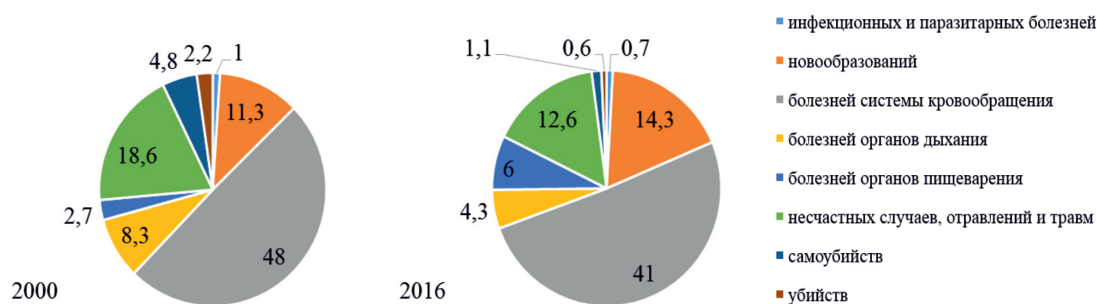


Рис. 4. Соотношение причин смертности на территории Республики Марий Эл в 2000–2016 гг. (в %)

Таблица 3

Динамика половой структуры населения Республики Марий Эл в 2001–2017 гг.

Годы	Все население	в том числе		В общей численности населения, %	
		мужчины	женщины	мужчины	женщины
2001	739091	345076	394015	46,7	53,3
2002	727979	338485	389494	46,5	53,5
2006	713422	331267	382155	46,4	53,6
2010	696459	323872	372587	46,5	53,5
2011	695482	323474	372008	46,5	53,5
2012	692435	322247	370188	46,5	53,5
2013	690349	321371	368978	46,6	53,4
2014	688686	320732	367954	46,6	53,4
2015	687435	320317	367118	46,6	53,4
2016	685865	319627	366238	46,6	53,4
2017	684684	319146	365538	46,6	53,4

Таблица 4

Динамика возрастной структуры населения России и Республики Марий Эл (в %)

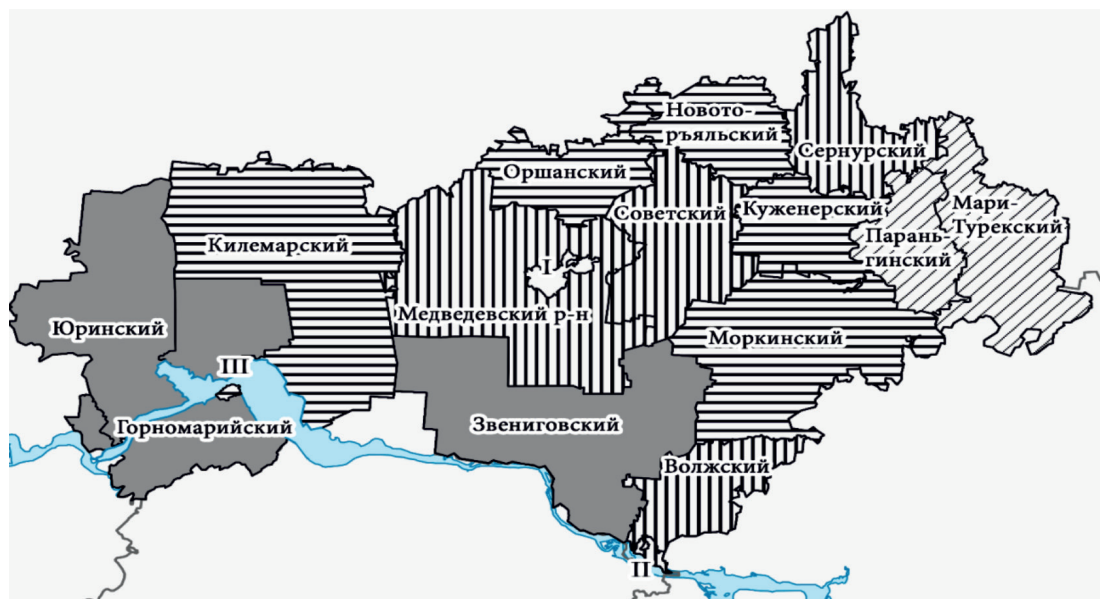
	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Население моложе трудоспособного возраста									
Россия	19,4	16,3	16,2	16,5	16,8	17,2	17,6	18,0	18,3
Республика Марий Эл	21,4	17,1	16,7	17,0	17,5	18,0	18,5	19,1	19,5
Население в трудоспособном возрасте									
Россия	60,2	63,3	61,5	60,9	60,1	59,3	58,4	57,4	56,7
Республика Марий Эл	60,0	64,6	62,7	61,7	60,5	59,3	58,1	56,8	55,7
Население старше трудоспособного возраста									
Россия	20,4	20,4	22,3	22,6	23,1	23,5	24,0	24,6	25,0
Республика Марий Эл	18,6	18,3	20,6	21,3	22,0	22,7	23,4	24,1	24,8

Опережающие темпы смертности мужчин предопределили начавшееся сокращение удельного веса мужчин в половой структуре населения республики и дальнейший рост межполовой диспропорции (табл. 3).

В республике устойчиво сокращается удельный вес лиц моложе трудоспособного

возраста из-за снижения рождаемости, что уже сейчас неблагоприятно сказывается на пополнении регионального рынка труда, и положение будет обостряться дальше. Численность трудовых ресурсов по балансу трудовых ресурсов в республике в условиях старения населения имеет тенденцию к снижению [7].





Условные обозначения:

Суммарные показатели индексов ранжирования по демографической ситуации (ДС):

□ Менее 18,6 – муниципальные образования с благоприятной ДС

▨ 18,7–29,2 – муниципальные образования с относительно благоприятной ДС

▤ 29,3–39,8 – муниципальные образования с переходной ДС

▧ 39,9–50,4 – муниципальные образования с предкризисной ДС

■ 50,5–61 – муниципальные образования с кризисной ДС

Рис. 5. Группы муниципальных образований Республики Марий Эл по демографическим показателям в 2017 г.

Из табл. 4 видно, что возрастная структура населения Республики Марий Эл чуть более благоприятна по сравнению с общероссийскими показателями, так как доля детей больше, чем в среднем по России, на 1,2%, а доля стариков меньше на 0,2%, нельзя сказать, что данная ситуация, благоприятно сказывается на демографической ситуации республики и на формировании трудового потенциала в будущем, так как показатели республики отличаются от российских незначительно. Устойчиво формируется регрессивный тип возрастной структуры населения. Демографическая нагрузка в Республике Марий Эл выше, чем в среднем по стране (на 1000 лиц трудоспособного возраста приходится 796 человек нетрудоспособного возраста, то есть моложе и старше трудоспособного возраста).

Показатели возрастной структуры населения свидетельствуют о процессе старения населения [8], который отразился на демографической (низкая рождаемость и низкая смертность), экономической (рост нагрузки на население в трудоспособном возрас-

те) и социальной (возрастание нагрузки на учреждения здравоохранения, образования и т.п.) ситуациях.

Ситуация с чрезвычайно высоким уровнем смертности трудоспособного населения (число умерших составляет 55,7%) ещё более усугубится в связи с тем, что малочисленное поколение 2000-х гг. рождения будет приходить на смену многочисленному поколению 1960-х гг. рождения.

В ходе исследования был проведен анализ суммарных демографических показателей, влияющих на трудовые ресурсы таких, как плотность населения, коэффициент естественного прироста, сальдо миграции, удельный вес численности населения в трудоспособном возрасте, которые позволили выделить территориальную дифференциацию: центр, восток, запад, с выделением зоны благополучия в центре (вокруг г. Йошкар-Олы) и зоны кризиса в западных муниципальных образованиях. Было выявлено, что в республике есть муниципальные образования, которые можно назвать благополучными по демографическим показателям

(муниципальные образования, которые имеют положительный естественный прирост, например городской округ города Йошкар-Ола, Медведевский район, Советский район и Куженерский). «Лучшим» муниципальным образованием по показателям демографического блока стал городской округ г. Йошкар-Ола. Среди «худших» депрессивных муниципальных образований оказались периферийные окраинные районы запада и юго-запада (Юринский, Горномарийский и Звениговский), где самые высокие показатели естественной и миграционной убыли (рис. 5).

### Выводы

Следовательно, численность населения трудоспособного возраста в Республике Марий Эл постоянно сокращается в результате современных процессов (2000–2017 гг.) воспроизводства населения. Это приведет к следующим негативным последствиям в регионе:

– «уменьшится контингент молодежи в трудоспособном возрасте» [9];

– увеличится пенсионная нагрузка на трудоспособное население за счет увеличения доли лиц нетрудоспособного возраста (пожилых людей);

– в условиях низких объемов миграционного прироста население Республика Марий Эл может столкнуться с серьезной проблемой формирования численности трудовых ресурсов.

### Список литературы / References

1. Пухова А.Г. Предпосылки и факторы, влияющие на формирование и функционирование регионального рынка труда // Вестник Мининского университета. 2014. № 2. [Электронный ресурс]. URL: [http://www.mininuniver.ru/scientific/scientific\\_activities/vestnik/archive/no6](http://www.mininuniver.ru/scientific/scientific_activities/vestnik/archive/no6) (дата обращения: 04.03.2019).

Pukhov A.G. Prerequisites and factors influencing the formation and functioning of the regional labor market // Bulletin of the Minin University. 2014. № 2. [Electronic resource]. URL: [http://www.mininuniver.ru/scientific/scientific\\_activities/vestnik/archive/no6](http://www.mininuniver.ru/scientific/scientific_activities/vestnik/archive/no6) (date of access: 04.03.2019) (in Russian).

2. Федеральная служба государственной статистики. [Электронный ресурс]. URL: [gks.ru](http://gks.ru). (дата обращения: 04.03.2019).

Federal State Statistics Service. [Electronic resource]. URL: [gks.ru](http://gks.ru). (date of access: 04.03.2019) (in Russian).

3. Республика Марий Эл: статистический ежегодник «Республика Марий Эл». Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Республике Марий Эл. Йошкар-Ола, 2011. 464 с.

Republic of Mari El: Statistical Yearbook «Republic of Mari El». Territorial body of the Federal State Statistics Service for the Republic of Mari El. Yoshkar-Ola, 2011. 464 p. (in Russian).

4. Золин И.Е. Рынок труда в контексте демографического развития // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2014. № 42. С. 12–22.

Zolin I.E. Labor market in the context of demographic development // National interests: priorities and security. 2014. № 42. P. 12–22 (in Russian).

5. Белова Ю.Ю., Невмятулина Н.А. Особенности смертности от самоубийств, совершенных в состоянии алкогольного опьянения (на материалах Республики Марий Эл) // Огарев-online. 2016. № 23. [Электронный ресурс]. URL: <http://journal.mrsu.ru/arts/osobennosti-smertnosti-ot-samoubijstv-sovershennykh-v-sostoyanii-alkogolnogo-opyaneniya-na-materialax-respubliki-marij-el> (дата обращения: 04.03.2019).

Belova Yu.Yu., Nevmyatulina N.A. Peculiarities of mortality from suicide committed under the influence of alcohol (on materials from the Republic of Mari El) // Ogarev-online. 2016. № 23. [Electronic resource] URL: <http://journal.mrsu.ru/arts/osobennosti-smertnosti-ot-samoubijstv-sovershennykh-v-sostoyanii-alkogolnogo-opyaneniya-na-materialax-respubliki-marij-el> (date of access: 04.03.2019) (in Russian).

6. Пухова А.Г., Рыбакова М.А. Влияние демографического фактора на рынок труда Уренского района Нижегородской области // Актуальные вопросы этнографии и этногеографии: материалы Всероссийской студенческой научно-практической конференции. Н. Новгород: Нижегородский государственный педагогический университет имени Козьмы Минина, 2016. С. 94–98.

Pukhov A.G., Rybakova M.A. The influence of the demographic factor on the labor market in the Urensky district of the Nizhny Novgorod region // Actual questions of ethnography and ethno-geography: materials of the All-Russian Student Scientific-Practical Conference. N. Novgorod: Nizhny Novgorod State Pedagogical University named after Kozma Minin, 2016. P. 94–98 (in Russian).

7. Сарычева Т.В. Статистическое исследование диспропорций в занятости на муниципальном уровне Республики Марий Эл // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 4. [Электронный ресурс]. URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=6865> (дата обращения: 10.03.2019).

Sarycheva T.V. Statistical study of imbalances in employment at the municipal level of the Republic of Mari El // Current problems of science and education. 2012. № 4. [Electronic resource]. URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=6865> (date of access: 03.10.2019) (in Russian).

8. Черешнева Н.Д., Смирнов А.В., Солонина А.В., Орлова Е.В. Демографическая ситуация в Республике Марий Эл и прогнозирование показателей численности пожилого населения // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1–1. [Электронный ресурс]. URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=18455> (дата обращения: 10.03.2019).

Chereshneva N.D., Smirnov A.V., Solonina A.V., Orlova E.V. The demographic situation in the Republic of Mari El and the forecasting of indicators of the number of the elderly population // Modern problems of science and education. 2015. № 1–1. [Electronic resource]. URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=18455> (date of access: 03.10.2019) (in Russian).

9. Пухова А.Г., Беляева Т.К., Толкунова С.Г., Курбатова А.С. Современный молодежный рынок труда: проблемы и пути их решения // Государственный советник. 2018. № 2 (22). С. 5–10.

Pukhova A.G., Belyaeva T.K., Tolkunova S.G., Kurbatova A.S. Modern youth labor market: problems and solutions // State Counselor. 2018. № 2 (22). P. 5–10 (in Russian).

УДК 556.565:556.561

## ВЛИЯНИЕ РАСТВОРИТЕЛЯ НА ВЫХОД И СОСТАВ ТОРФЯНЫХ БИТУМОВ

<sup>1</sup>Селянина С.Б., <sup>1</sup>Татаринцева В.Г., <sup>2</sup>Серебренникова О.В., <sup>1</sup>Зубов И.Н., <sup>1</sup>Орлов А.С.<sup>1</sup>Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики  
имени академика Н.П. Лаверова РАН, Архангельск, e-mail: gumin@fciarctic.ru;<sup>2</sup>Институт химии нефти СО РАН, Томск

В данной работе проведена оценка влияния природы растворителя на выход и особенности группового состава битумов верхового торфа Европейского Севера России. Для проведения исследований использовали интегральный образец торфа (5–85 см), отобранный с ненарушенного участка верхового болота мохового типа, расположенного на территории труднодоступной болотной станции «Брусовица» Приморского района Архангельской области. В качестве экстрагентов использовали неполярный растворитель – петролейный эфир, слабополярный – этилацетат, полярный – этиловый спирт. Групповой и компонентный состав экстрактов торфа исследованы методом газовой хромато-масс-спектрометрии. На основе экспериментальных данных установлено, что повышение полярности растворителя приводит к росту выхода битумов более чем в 3,5 раза, с 1,5 до 5,5%. Этанольным экстрактам свойственна высокая цветность, что в совокупности с превышением выхода экстрактивных веществ над содержанием битумов, определенных по стандартизованной методике, свидетельствует о низкой селективности этанола за счет частичного растворения компонентов гуминовой природы. Для компонентного состава всех исследуемых экстрактов характерно присутствие широкого спектра терпеноидов, стероидов, жирных кислот, кетонов, токоферолов, n-алканов, n-алкан-2-онов. Доля пентациклических тритерпеноидов, независимо от вида используемого растворителя, составляет 62–65%. Незначительный рост содержания в экстракции этой группы соединений при экстракции этиловым спиртом обусловлен увеличением степени извлечения тараксерена и его кислородсодержащих форм. Выход n-алкан-2-онов, составляющих основу (более 40%) метанольно-хлороформных экстрактов верхового торфа Сибири и Беларуси, в исследуемых препаратах не превышает 5,2%. Наименьшей извлекающей способностью по отношению к стероидам обладает петролейный эфир (11,7%), при использовании этилацетата и этанола доля стероидов возрастает примерно в 1,5 раза, до 16,7 и 18,4% отн. Извлекаемые стероиды представлены в основном ситостеролом и производными стигмастана. Для получения узких фракций компонентов необходимо введение стадий дополнительной очистки.

**Ключевые слова:** экстрактивные вещества торфа, компонентный состав битумов, ГХ-МС, пентациклические тритерпеноиды, стероиды, b-дикетон

## INFLUENCE OF SOLVENT ON THE DEGREE OF EXTRACTION AND THE COMPOSITION OF PEAT BITUMEN

<sup>1</sup>Selyanina S.B., <sup>1</sup>Tatarintseva V.G., <sup>2</sup>Serebrennikova O.V., <sup>1</sup>Zubov I.N., <sup>1</sup>Orlov A.S.<sup>1</sup>N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research, Arkhangelsk, e-mail: gumin@fciarctic.ru;<sup>2</sup>Institute of Petroleum Chemistry SB RAS, Tomsk

In this study estimation of influence of solvent on total yield and particularities of group components of peat lipids was conducted. Integral high marsh peat sample (5-85 cm) from European North of Russia was used for the research. Peat was taken from native bog (moss type) that is situated on territory of remote station «Brusovitsa» (seaside area of Arkhangelsk region). Non-polar (petroleum ether), poorly polar (ethyl acetate) and polar (ethanol) solvents were used as extracting agent. Group and component composition of peat extracts were analyzed using gas chromatography with mass spectrometry. It was established that increase of polarity of solvent leads to growth of lipids total yield more than 3.5 times from 1.5 to 5.5%. Ethanol extracts tend to be notably chromatic. Furthermore lipids content determined by standard method is lower than yield of extractive substances in ethanol extracts. These facts reflect low selectivity of ethanol and increase of total yield of extractives due to dissolution of humic nature components. Component content of all extracts is characterized by the presence of wide range of terpenoids, steroids, fatty acids, ketones, tocopherols, n-alkanes, n-alkan-2-ones. Proportion of content of pentacyclic triterpenoids is 62-65% regardless type of solvent. A slight content increase of this group of compounds in ethanol extracts is due to an increase the degree of extraction of taraxeren and its oxygen-containing forms. The yield of n-alkan-2-ones which form the basis (more than 40%) of methanol-chloroform extracts of high marsh peat from Siberia and Belarus in the studied preparations does not exceed 5.2%. Petroleum ether (11.7%) has the lowest extracting ability with respect to steroids; when using ethyl acetate and ethanol, the proportion of steroids increases about 1.5 times, to 16.7 and 18.4% rel. The steroids are mainly represented by sitosterol and stigmastan derivatives. To obtain narrow fractions of components, it is necessary to introduce additional purification steps.

**Keywords:** peat extractives, lipids composition, GH-MS, pentacyclic triterpenoids, steroids, b-diketone

Особый интерес в химии природных соединений в настоящее время уделяется биологически активным компонентам растений, основу которых составляют экстрактивные вещества. С этих позиций торф,

аккумулирующий остатки растительных тканей, представляет собой уникальный возобновляемый природный ресурс, содержащий широкую гамму соединений различной химической природы, для мно-

гих из которых выявлен тот или иной вид биологической активности [1]. По данным исследователей различных регионов компонентный состав даже однотипного торфа варьируется в широком диапазоне в зависимости от особенностей растительного покрова [2] и условий торфообразования, среди которых ключевую роль играет комплекс геоклиматических факторов. Согласно исследованиям последних лет [3] процессы биогеотрансформации органических соединений в процессе торфонакопления в северных регионах протекают замедленно и менее полно, чем в районах с более теплым климатом. Это приводит к формированию торфа специфического химического состава с относительно низкой степенью разложения.

Экстрактивные вещества, или битумы, торфа представлены полифункциональными соединениями, унаследованными от растений-торфообразователей и преобразованными в результате биохимических процессов в торфяной залежи [4; 5]. Для торфяных отложений Севера характерна меньшая измененность экстрактивной части исходных растений по сравнению с торфом других регионов [6], что обуславливает особый интерес к ним, как сырьевым источникам для выделения биологически активных веществ. Битумы торфа представляют собой смесь низкомолекулярных соединений (углеводороды различного строения, в том числе и терпенового характера, жирные кислоты, спирты, альдегиды, кетоны, сложные эфиры), многие из которых обладают различными видами биологической активности [7]. При этом если состав экстрактивных компонентов различных месторождений торфа Западной Сибири рассматривался в ряде работ последних лет, то исследования, посвященные торфу Северных территорий, носят единичный характер.

Среди торфяников, расположенных на материковой части Севера России, доминируют залежи верхового типа, что, в совокупности с меньшей степенью разложения, чем низинных и переходных, делает наиболее актуальным именно рассмотрение их в качестве источника для получения биологически активных продуктов на основе битумной части.

Полярность компонентов битумов определяет их физико-химические свойства и, в частности, химическое средство к растворителю. Так, неполярными растворителями хорошо экстрагируются липиды,

алифатические соединения, каротиноиды, а полярными иридоиды, флавоноиды, фенолокислоты [8]. Поэтому, изменяя базовый параметр процесса экстракции – вид экстрагента, можно варьировать селективность процесса и спектр извлекаемых компонентов.

Цель исследования состояла в изучении влияния растворителя на выход и состав битумов из верхового торфа Европейского Севера РФ.

#### Материалы и методы исследования

Отбор торфа проводили на территории ненарушенного участка типичного для северных регионов грядово-озеркового комплекса верхового бугристого болота мохового типа, расположенного на территории труднодоступной болотной станции «Брусовица». Растения-торфообразователи на данном участке преимущественно представлены сфагновыми мхами.

Для исследования использовали усредненный образец верхового торфа с глубины залежи 20–85 см. Степень разложения, определенная методом микроскопии с использованием лабораторного микроскопа Axio Scope A1 Zeiss, составила 10–15%. Групповой химический состав торфа определяли гравиметрически по аттестованной методике [9]. Массовая доля минеральных компонентов составляет в среднем  $1,35 \pm 0,05\%$ , экстрактивных веществ (битумов)  $4,3 \pm 0,4\%$ , суммарное содержание гуминовых и фульвокислот  $12,2 \pm 2,0\%$ .

Для экстракции использовали фракцию 1–2 мм предварительно измельченного воздушно-сухого образца. Экстракцию проводили методом настаивания в течение 8 ч при температуре  $30 \pm 2^\circ\text{C}$  и постоянном перемешивании на лабораторном шейкере LS 110, позволяющем регулировать режим и температуру встряхивания. Выделение битумов осуществляли с применением растворителей, отличающихся по полярности. В качестве неполярного применяли петролейный эфир, растворителя средней полярности – этилацетат, а полярным служил этиловый спирт.

Выход экстрактивных веществ определяли по объему полученных экстрактов и концентрации сухих веществ в них, измеренной путем выпаривания 5 мл экстракта в чашках Петри с последующим высушиванием их до постоянной массы при  $105 \pm 2^\circ\text{C}$  (в трех повторностях). Групповой и компонентный состав экстрактов торфа исследовали методом газовой хро-

матографии/масс-спектрометрии (ГХ-МС) с использованием магнитного хромато-масс-спектрометра DFS фирмы «Thermo Scientific». Содержание отдельных веществ определяли по площади соответствующих пиков на хроматограммах.

**Результаты исследования и их обсуждение**

Результаты изучения влияния на выход битумов и внешний вид экстрактов исследуемых образцов торфа приведены на рис. 1 и 2.

Как видно из диаграммы, представленной на рис. 1, экстракция верхового торфа методом настаивания позволяет извлекать от 1,5 до 5,5% веществ от массы абсолютно сухого торфа в зависимости от применяемого экстрагента. Минимальный выход наблюдается при использовании петролейного эфира, максимальный – этилового спирта. Таким образом, увеличение полярности растворителя, что проявляется в изменении диэлектрической проницаемости с 1,9 до 24,3 и дипольного момента от 0 до 1,8 D [10], приводит к росту выхода экстрагируемых веществ более чем в 3,5 раза. Высокая цветность экстрактов при использовании этанола в качестве экстрагента (рис. 2) в совокупности с превышением выхода экстрагируемых соединений над содержанием битумов в торфе, определенным по стандартизованной методике, указывает на низкую селективность данного растворителя. Высокая степень извлечения в этом случае обусловлена частичным растворением компонентов гуминовой природы. Способность этанола к растворению высокомолекулярных соединений подтверждается параметром Гильдебранда на

уровне  $26,0 \cdot 10^3 \text{ (Дж/м}^3\text{)}^{1/2}$ . Для сравнения у петролейного эфира его величина составляет порядка  $14,9 \cdot 10^3 \text{ (Дж/м}^3\text{)}^{1/2}$ , а у этилацетата достигает  $18,6 \cdot 10^3 \text{ (Дж/м}^3\text{)}^{1/2}$ , что соответствует меньшей растворяющей способности в отношении соединений полифенольной природы [11].

Результаты определения группового состава битумов выделенных экстрактов представлены в таблице. Во всех исследуемых экстрактах независимо от полярности использованного экстрагента обнаружены и идентифицированы такие группы органических соединений, как терпеноиды различного состава и строения, стероиды, кислоты, кетоны, токоферолы, n-алканы, n-алкан-2-оны.

Основную группу соединений в битумах исследуемых экстрактов независимо от используемого растворителя составляют пентациклические тритерпеноиды. Их относительное содержание варьируется от 62,2 до 64,9%. Незначительный прирост выхода пентациклических тритерпеноидов при экстракции этиловым спиртом в первую очередь обусловлен увеличением степени извлечения тараксерена и его кислородсодержащих форм (тараксерон, тараксерол). Доля тараксерена в пентациклических тритерпеноидах превышает 33%, а с учетом кислородсодержащих форм – 42%. В работе [12] выявлена специфическая агрохимическая активность этих соединений, которая проявляется в избирательном стимулировании развития корневой системы культурных растений. Имеется опыт успешного применения пентациклических тритерпеноидов в составе противовирусных и антибактериальных средств.

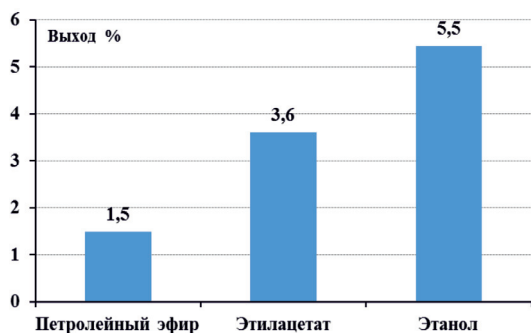


Рис. 1. Влияние природы растворителя на выход битумов торфа

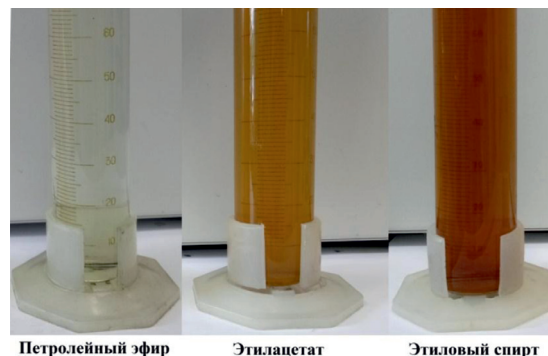


Рис. 2. Внешний вид экстрактов битумов торфа

## Групповой состав битумов торфа

Группа органических соединений	Относительное содержание, %		
	Петролейный эфир	Этилацетат	Этанол
пентациклические тритерпеноиды	62,2	62,3	64,9
стероиды	11,7	16,8	18,4
$\beta$ -дикетон	7,1	6,0	5,1
n-алкан-2-оны	5,1	4,7	2,1
n-алканы	5,1	4,8	2,7
жирные кислоты	3,5	1,6	2,1
дитерпеноиды	1,8	1,7	2,3
токоферолы	1,3	1,9	2,0
n-альдегиды	0,8	0,1	–
сесквитерпеноиды	0,8	0,1	0,1
скавален	0,3	0,2	0,3
фитон	0,3	0,2	0,1

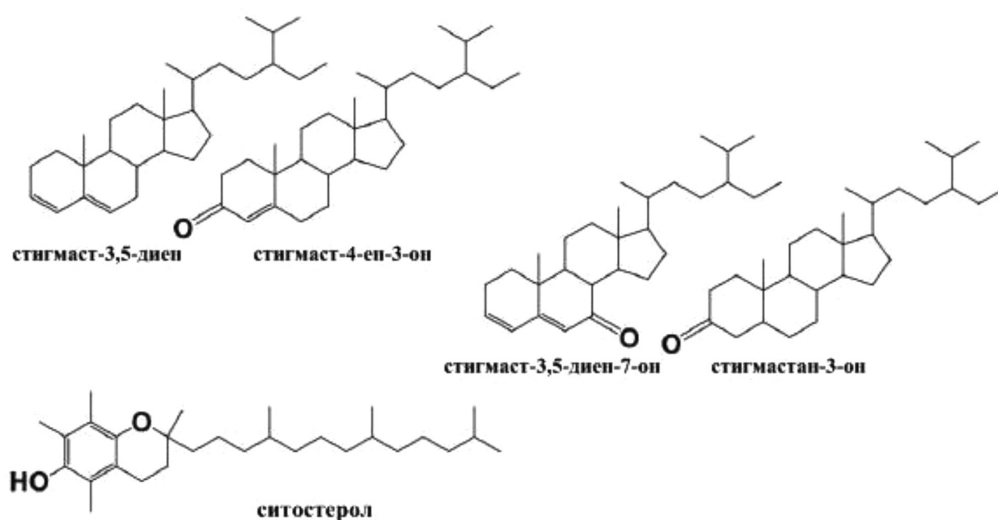


Рис. 3. Структурные формулы стероидов, извлекаемых из верхового торфа

Еще одной группой экстрактивных веществ торфа интересной, как с точки зрения возможностей применения, так и относительно высокой их доли в экстрактах и, соответственно, перспектив получения продуктов с выходом, достаточным для технологической реализации, являются стероиды. Анализ полученных данных свидетельствует о существенном влиянии природы растворителя на извлечение стероидов. Наименьшей извлекающей способностью по отношению к стероидам обладает петролейный эфир. Относительное содержание этой группы веществ в экстракте составляет 11,7%. При использовании этилацетата и этанола доля стероидов возрастает примерно в 1,5 раза (до 16,7 и 18,4% соот-

ветственно). Необходимо констатировать, что извлекаемые стероиды представлены в основном ситостеролом и производными стигмастана, структурные формулы которых приведены на рис. 3.

Эти соединения обладают широким спектром биологической активности и применяются в фармацевтической промышленности при получении препаратов для поддержания иммунитета, борьбы с простатитом и снижения уровня холестерина в крови [13]. Для них выявлена противоаллергическая (в частности, противодерматитная) активность. Стериновая фракция, обогащенная  $\beta$ -ситостеролом, используется при синтезе стероидных гормонов. В ряде стран в настоящее время реализуются госу-

дарственные фитостероидные программы, предусматривающие обогащение продуктов питания растительными стеринами с целью профилактики сердечно-сосудистых заболеваний и нарушений липидного обмена.

Интересно, что альдегиды извлекаются в основном петролевым эфиром, а экстракты, выделенные полярными растворителями, практически не содержат этих соединений, тогда как для токоферолов (витамин Е), обладающих подтвержденной антиоксидантной активностью, наблюдается обратная зависимость.

Следует отметить низкую массовую долю в экстрактах свободных жирных кислот (1,6–3,5%), что свидетельствует о слабой окисленности препаратов и хорошо согласуется с низкой степенью разложения исходного верхового торфа.

Содержание н-алкан-2-онов в экстрактах не превышает 5,1% в случае экстракции петролевым эфиром, а при использовании этанола снижается до 2,1%, тогда как метанольно-хлороформные экстракты верхового торфа Сибири и Беларуси более чем на 40% состоят из этих компонентов [14]. Доля β-дикетона также достигает максимума в экстрактах выделенных наименее полярным из исследованных растворителей – петролевым эфиром. Данный компонент широко применяется в химическом синтезе, обладает фунгицидной и антимикробной активностью, а его производные проявляют свойства антибиотиков [15].

### Заключение

Увеличение полярности растворителя (диэлектрической проницаемости с 1,9 до 24,3 и дипольного момента от 0 до 1,8 D), приводит к росту выхода экстрагируемых из торфа методом настаивания веществ более чем в 3,5 раза. Для этанольных экстрактов характерна высокая цветность и превышение выхода экстрактивных веществ над содержанием битумов, определенных по стандартизированной методике, что обусловлено низкой селективностью и частичным растворением компонентов гуминовой природы.

Во всех исследуемых экстрактах обнаружен и идентифицирован достаточно широкий спектр органических соединений, что свидетельствует о низкой селективности растворителей. Их основу составляют пентациклические тритерпеноиды, содержание которых варьируется от 62,2 до 64,9%.

Извлекаемые стероиды представлены в основном ситостеролом и производными стигмастана. Наименьшей извлекающей

способностью по отношению к стероидам обладает петролевым эфиром (11,7%), при использовании этилацетата и этанола доля стероидов возрастает примерно в 1,5 раза, до 16,7 и 18,4% отн.

Для получения более узких фракций компонентов необходимо введение стадий дополнительной очистки.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках темы № АААА-А18-118012390224-1 и гранта РФФИ № 18-05-70087.*

### Список литературы / References

1. Платонов В.В., Горохова М.Н. Особенности химического состава органической массы торфов и биологическая активность препаратов на их основе // Вестник новых медицинских технологий. 2016. Т. 10. № 2. [Электронный ресурс]. URL: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_26423846\\_36401193.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_26423846_36401193.pdf) (дата обращения: 06.05.2019) DOI: 10.12737/19645.
2. Platonov V.V., Gorokhova M.N. Features of chemical composition of organic mass peat and biological activity preparations based thereon // Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii. 2016. Vol. 10. № 2. [Electronic resource]. URL: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_26423846\\_36401193.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_26423846_36401193.pdf) (date of access: 06.05.2019) (in Russian).
3. Кашинская Т.Я. Влияние технологий добычи на качество торфа как битуминозного сырья // Природопользование. 2015. Вып. 27. С. 198–205.
4. Kashinskaya T.Ya. The influence of technology extraction on the quality of peat as bituminous raw material // Prirodopol'zovaniye. 2015. Vol. 27. P. 198–205 (in Russian).
5. Томсон А.Э., Орлов А.С., Селянина С.Б., Стригуцкий В.П., Соколова Т.В., Пехтерева В.С., Сосновская Н.А., Труфанова М.В., Пономарева Т.И., Ярыгина О.Н., Зубов И.Н. Сравнительный анализ органической части торфа, сформированного в различных геоклиматических условиях // Природопользование. 2018. № 1. С. 198–207.
6. Tomson A.E., Orlov A.S., Selyanina S.B., Strigutskiy V.P., Sokolova T.V., Pekhtereva V.S., Sosnovskaya N.A., Trufanova M.V., Ponomareva T.I., Yarygina O.N., Zubov I.N. Comparative analysis of the organic part of raised peat, formed in different geoclimatic conditions // Prirodopol'zovaniye. 2018. № 1. P. 198–207 (in Russian).
7. Юдина Н.В., Буркова В.Н., Мальцева Е.В., Иванов А.А., Савельева А.В. Антиоксиданты в липидах торфов // Химия твердого топлива. 2013. № 3. С. 3–11. DOI: 10.7868/S0023117713030092.
8. Yudina N.V., Burkova V.N., Mal'tseva E.V., Ivanov A.A., Savel'eva A.V. Antioxidants in peat lipids // Solid Fuel Chemistry. 2013. Vol. 47. № 3. P. 139–146. DOI: 10.3103/S0361521913030099.
9. Юшкова Е.И., Павловская Н.Е., Даниленко А.Н., Ботуз Н.И., Полозова Е.Ю., Борзенкова Г.А. Физико-химическая характеристика и биологическая активность биогумуса. Орел: ОРАНС, 2007. 140 с.
10. Yushkova E.I., Pavlovskaya N.E., Danilenko A.N., Botuz N.I., Polozova E.Yu., Borzenkova G.A. Physico-chemical characteristics and biological activity of biohumus. Orel: ORANS, 2007. 140 p. (in Russian).
11. Селянина С.Б., Труфанова М.В., Забелина С.А., Богданов М.В., Боголицын К.Г., Соколова Т.В., Стригуцкий В.П., Пономарева Т.И., Ярыгина О.Н., Орлов А.С. Биологически активные экстракты верхового торфа Европейского Севера России // Вестник РФФИ. 2016. № 1. С. 33–39. DOI: 10.22204/2410-4639-2016-089-01-31-37.
12. Selyanina S.B., Trufanova M.V., Zabelina S.A., Bogdanov M.V., Bogolitsyn K.G., Sokolova T.V., Strigutskiy V.P., Ponomareva T.I., Yarygina O.N., Orlov A.S. Biologically active

extractives of high-moor peat of Northern European Russia // Vestnik RFFI. 2016. № 1. P. 33–39 (in Russian).

7. Мальцева Е.В., Михеев К.В., Юдина Н.В., Буркова В.Н., Ильина А.А. Влияние природы экстрагента на состав и свойства липидов, извлекаемых из торфа // Химия твердого топлива. 2012. № 4. С. 10–14.

Mal'tseva E.V., Mikheev K.V., Yudina N.V., Burkova V.N., Il'ina A.A. Effect of the nature of an extractant on the composition and properties of lipids extracted from peat // Solid Fuel Chemistry. 2012. Vol. 46. № 4. P. 212–216. DOI: 10.3103/S0361521912040088.

8. Пономарев В.Д. Экстрагирование лекарственного сырья. М.: Медицина, 1976. 202 с.

Ponomarev V.D. Extraction of medicinal raw materials. M.: Meditsina, 1976. 202 p. (in Russian).

9. Методика измерений группового химического состава торфа гравиметрическим методом № 88-16365-009-2017 / Селянина С.Б., Пономарева Т.И., Орлов А.С., Ярыгина О.Н., Труфанова М.В. Свид-во об аттест. выдано 06.12.2017. Номер государственной регистрации «ФР.1.31.2018.29621».

10. Москва В.В. Растворители в органической химии // Соросовский образовательный журнал. 1999. Т. 5. № 4. С. 44–50.

Moskva V.V. Solvents in organic chemistry // Sorosovskiy obrazovatel'nyy zhurnal. 1999. Vol. 5. № 4. P. 44–50 (in Russian).

11. Райхардт К. Растворители и эффекты среды в органической химии: пер. с англ. М.: Мир, 1991. 763 с.

Reichardt C. Solvents and solvent effects in organic chemistry. M.: Mir, 1991. 763 p. (in Russian).

12. Macias-Rubalcava M.L., Hernandez-Bautista B.E., Jimenez-Estrada M., Cruz-Ortega R., Anaya A.L. Pentacyclic triterpenes with selective bioactivity from *Sebastiania adenophora* leaves, euphorbiaceae // Journal of chemical ecology. 2007. Vol. 33. № 1. P. 147–156. DOI: 10.1007/s10886-006-9208-7.

13. Singh B., Sharma R.A. Plant terpenes: defense responses, phylogenetic analysis, regulation and clinical applications // 3 Biotech. 2015. Vol. 5. № 2. P. 129–151. DOI: 10.1007/s13205-014-0220-2

14. Серебренникова О.В., Стрельникова Е.Б., Дучко М.А., Аверина Н.Г., Козел Н.В. Сравнительный анализ химического состава битуминозных компонентов низинных торфов двух болотных экосистем // Фундаментальные исследования. 2014. № 12–1. С. 112–117.

Serebrennikova O.V., Strelnikova E.B., Duchko M.A., Averina N.G., Kozel N.V. The comparative analysis of bituminous compounds chemical composition of two bog ecosystems lowland peat // Fundamental research. 2014. № 12–1. P. 112–117 (in Russian).

15. Шокова Э.А., Ким Дж.К., Ковалев В.В. 1,3-дикетоны. Синтез и свойства // Журнал органической химии. 2015. Т. 51. № 6. С. 773–847.

Shokova E.A., Kim J.K., Kovalev V.V. 1,3-diketones. Synthesis and properties // Russian journal of organic chemistry. 2015. Vol. 51. № 6. P. 755–830. DOI: 10.1134/S1070428015060019.



УДК 504.062.2(571.63)

**ТРАНСФОРМАЦИЯ ТЕРРИТОРИАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ  
ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В РЕГИОНЕ****Степанько Н.Г.***ФГБУН «Тихоокеанский институт географии» ДВО РАН, Владивосток, e-mail: sngreg25@mail.ru*

В процессе социально-экономического развития региона территориально-хозяйственная структура претерпевает изменения, что влечет изменения и в структуре природопользования. Все составляющие природно-экономической системы взаимосвязаны, взаимозависимы и взаимообусловлены: природные условия и природно-ресурсный потенциал обуславливают хозяйственную деятельность, в результате которой формируются те или иные производственно-природные отношения (которые и являются сутью природопользования). Последние, в свою очередь, формируют экологическую ситуацию в регионе. Сложившееся экологическое состояние влияет (положительно или отрицательно) на изменения в социально-экономическом развитии. Трансформации в экономике влекут за собой трансформационные процессы в природопользовании и изменения экологического состояния. И от того, насколько эти составляющие и их связи будут сбалансированы, будут зависеть дальнейшее социально-экономическое развитие региона и условия жизнедеятельности населения. В работе даны социально-экономическая, природно-географическая, экологическая характеристики Приморского края как одного из перспективных регионов развития, выделены основные структурные направления природопользования. По выделенным временным периодам дан анализ основных эколого-экономических показателей и по их совокупности определена трансформация направлений природопользования. Предложена структура возможных в будущем направлений природопользования. Изучение и анализ изменений в территориальной структуре природопользования в различные временные периоды предыдущих лет дает возможность определить ее возможную трансформацию при реализации инвестиционных проектов, при определении перспектив развития региона. В работе использованы материалы официальной статистики Росгосстата, информационных и научных источников, а также результаты исследований автора.

**Ключевые слова:** Приморский край, производственно-природные отношения, структура природопользования, экологическая ситуация, трансформация

**TRANSFORMATION OF THE TERRITORIAL STRUCTURE  
OF NATURE MANAGEMENT IN THE REGION****Stepanko N.G.***Pacific Institute of Geography Far Eastern Branch Russian Academy of Science, Vladivostok,  
e-mail: sngreg25@mail.ru*

In the process of socio-economic development of the region, the territorial-economic structure undergoes changes, which leads to changes in the structure of nature management. All components of the natural-economic system are interrelated, interdependent and interdependent: the natural conditions and the natural resource potential determine the economic activity, as a result of which certain production-natural relations are formed (which are the essence of environmental management). The latter, in turn, form the ecological situation in the region. The current environmental condition affects (positively or negatively) changes in socio-economic development. Transformations in the economy entail transformation processes in environmental management and changes in the ecological state. And depending on how much these components and their relations are balanced, the further socio-economic development of the region and the living conditions of the population will depend. The paper presents the socio-economic, natural-geographical, environmental characteristics of the Primorsky Krai as one of the promising regions of development, highlighted the main structural directions of environmental management. For the selected time periods, an analysis of the main environmental and economic indicators is given, and for their combination, the transformation of nature management directions is determined. The structure of possible future directions of environmental management is proposed. The study and analysis of changes in the territorial structure of environmental management in different time periods of previous years makes it possible to determine its possible transformation in the implementation of investment projects, in determining the prospects for the development of a region.

**Keywords:** Primorsky Krai, industrial-natural relations, structure of environmental management, ecological situation, transformation

Экономика и экология являются одними из основных составляющих сложной территориально-хозяйственной системы, которые отличаются тесной взаимозависимостью и взаимообусловленностью. Изменения в экономике влекут за собой трансформационные процессы в природопользовании и изменения экологического состояния. От того, насколько эти составляющие и их связи будут

сбалансированы, будут зависеть дальнейшее социально-экономическое развитие территории и условия жизнедеятельности населения. Рассматривать происходящие структурные изменения целесообразнее на региональном уровне, так как на этом уровне отображаются причины, связи и преобразования, происходящие в системе. Исследования проведены на примере Приморского края.

Наличие в Приморье разнообразных природных ресурсов стало основой формирования разнообразной структуры природопользования. Транспортная сеть в Приморье достаточно развита и представлена железнодорожными путями, автодорожной сетью. Одним из главных направлений в развитии края является портовое хозяйство: порт Восточный, Владивостокский морской торговый порт, рыбный порт, морской порт в б. Троицы, перегрузочный нефтеналивной комплекс в б. Козьмина и др. Авиаперевозки осуществляются из аэропорта «Владивосток», а местные линии обслуживают аэропорты в пос. Кавалерово, Пластун и Терней. Все это определяет разнообразие направлений природопользования.

Приморский край, являясь одним из наиболее освоенных и развитых регионов РДВ, имеет несбалансированную структуру направлений природопользования. В связи с тем, что в будущем Приморье рассматривают как один из перспективных регионов развития Дальнего Востока и России в целом, необходимо изучение и выявление причин и факторов, влияющих на существующий дисбаланс в природопользовании, а также определение путей формирования сбалансированной структуры природопользования.

#### **Материалы и методы исследования**

Анализируя территориально-хозяйственную структуру Приморского края, можно выделить промышленное, сельскохозяйственное, лесохозяйственное, водохозяйственное и рекреационное природопользование. Развитие транспортных сетей и коммуникационных систем не везде одинаково и равномерно.

Для анализа изменений в структуре природопользования нами выбраны (условно) временные периоды, которые неравнозначны по длительности, но которые характеризуются различной ситуацией в экономике края и страны в целом, поскольку природопользование является основой любой хозяйственной деятельности: 1990 г. (до 1990 г.) – характеризует сложившуюся эколого-экономическую ситуацию советского периода; 2000 г. (1991–2000) – постсоветский период, начало «перестройки»; 2007 г. (2001–2007) – период «перестройки» в жизни страны (докризисный); 2015 г. (2008 – наст. время) – период нестабильности во всех сферах жизнедеятельности страны (кризис-

ный). Исходя из традиционно принятой структуры направлений природопользования [1, 2] нами проведен анализ основных эколого-экономических показателей Приморского края по выделенным временным периодам (табл. 1). Качественная оценка (условно принятая качественная оценка от + до +++) проводилась по совокупности социально-экономических показателей (табл. 2). При явно наблюдающейся тенденции снижения многих экономических показателей (индексы промышленного и сельскохозяйственного производств, добычи некоторых ресурсов и т.д.) увеличиваются показатели антропогенного воздействия (лесные пожары, выбросы в атмосферу и др.). Это привело к трансформации структурных направлений природопользования – преобладанию пространственно-увязывающего и отчасти коммунального и средоохранного. Данный процесс объясняется активизацией инфраструктурного обеспечения Приморского края и благоустройства Владивостокского ГО к проведению саммита АТЭС в 2012 г. Также наблюдается трансформация в природопользовании: по линии вовлечения природных ресурсов в хозяйственный оборот наблюдается стагнация за исключением водных (за счет увеличения водопотребления пищевыми предприятиями) и земельных (за счет увеличения площадей под жилое строительство, промплощадки, строительство дорог и др.). А преобладающими процессами, влияющими на состояние окружающей природной среды, являются различные направления «обратного ресурсопотребления», т.е. направления негативного воздействия хозяйственной деятельности, приводящие к изменению качества и количества природно-ресурсного потенциала. Эти устойчиво-усугубляющиеся сдвиги в направлениях природопользования объясняются эколого-экономической ситуацией в крае.

В Приморском крае около 85% всех выбросов вредных веществ в воздух, неочищенных сливов в воду и твердых бытовых отходов приходится на долю крупных промышленных предприятий. За последние годы промышленные выбросы загрязняющих веществ сократились в результате общего падения производства, но экологическое состояние Приморского края в течение многих лет остается неблагоприятным из-за увеличения числа автотранспорта, который чаще всего не соответствует современным техническим требованиям.

**Таблица 1**

Некоторые социально-экономические и экологические показатели по выделенным временным периодам [3, 4]

Показатели	1990 г.	2000 г.	2007 г.	2015 г.
Среднегодовая численность занятых в экономике, тыс. чел.	921,0	980,7	980,2	970,5
Число предприятий и организаций	3776	41144	60859	68355
Индекс промышленного производства, %	(1991 г.) 96,0	101,0	102,1	87,6
Индекс с/х производства, %	92,5	98,0	101,3	93,8
Добыча угля, тыс. т	15895	10364	9826	9100
Произ-во деловой древесины, тыс. плотных м <sup>3</sup>	3716,1	1872,8	3957,9	4226,0
Произ-во э/энергии, млрд кв/часов	11,8	8,1	8,8	11,6
Улов рыбы и добыча водных биоресурсов, тыс. т	1832,2	910,6	700,6	315,0
Густота ж/д путей общ. пользования (км путей на 10 тыс. км <sup>2</sup> терр-ии)	98	94	95	95
Уд. вес автомоб. дорог с твердым покрытием в общей протяж-ти автомоб. дорог общ. польз-ия, %	95,7	98	86,3	90,7
Общая площадь лесного фонда, тыс.га	13594	11862	13026,9	12142
Общий запас древесины на корню, млн м <sup>3</sup>	1938,1	1771	1913,6	1800
Лесные пожары, случай/га	н/д	151/838	166/4088	242/8335
Лесовосстановление, тыс. га	61,2	24,5	15,6	12,8
Выбросы загрязняющих в-в в атмосфер. воздух от стац. источн., тыс. т	475	267	227	2215
Использование свежей воды, млн м <sup>3</sup>	1198	631	498	669
Сброс загрязненных сточных вод, млн м <sup>3</sup>	370	459	339	275,7
Внесение удобрений в т.ч. минер., кг/га	99,9	7,7	23,2	0,7
орган., т	3,1	0,3	0,1	0,1
Инвестиции в ООС, млн руб.	–	48,3	587,3	1642
Текущие затраты на ООС, млн руб.	–	н/д	705,2	1802,2

**Таблица 2**

Трансформация структурных направлений природопользования

Структурные направления природопользования	1990 г.	2000 г.	2007 г.	2015 г.
Производственное	++++	++	+++	++
Пространственно-увязывающее	++	+++	+++	++++
Коммунальное	++++	++	+++	+++
Средоохранное	+++	++	++	+++

Количество автотранспортных средств в 2016 г. увеличилось: в 2015 г. на территории Приморского края было зарегистрировано – 862 832, а в 2016 г. – 1 013 434 транспортных единицы, из них количество легковых увеличилось на 144188, грузовых на 5473В, автобусов на 941, что повлекло увеличение выбросов в атмосферу. Помимо автотранспорта одним из основных «загрязнителей» является транспорт нефтепродуктов (трубопроводный и нефтеналивной).

В 1990–2003 гг. водопотребление в Приморском крае сократилось приблизительно на 30%. Несоответствие санитарно-химическим нормам питьевой воды в Приморском крае в 2002 г. составило от 40 до 90%.

Прибрежные морские воды также относятся к загрязненным (отдельные виды загрязнителей превышают ПДК в 3–5 раз). Повсеместное загрязнение поверхностных вод – это результат использования устаревших технологий и технических средств, сброса загрязненных сточных вод. В числе наиболее загрязненных находится залив Петра Великого в Приморье [5].

В постсоветский период плодородие почв края стало резко снижаться. Этот процесс – результат нарушений системы землепользования, сокращения вносимых удобрений с одновременным увеличением использования химикатов. Вторая причина – эрозия почв: ветровой эрозии были

подвержены 39,9% сельскохозяйственных земель, водной – 18,1%. Земли селитебных территорий загрязнены соединениями тяжелых металлов, особенно свинцом. Источниками загрязнения являются свалки (особенно несанкционированные), полигоны, атмосферные выбросы автотранспорта и промышленности.

В Приморском крае, как одном из самых лесных регионов РФ, лесистость составляет 76,1%. Тем не менее запасы леса сни-

жаются (табл. 1). Основными причинами этого снижения являются существующие в крае проблемы: лесные пожары, количество которых значительно растет год от года и 80% которых возникает по вине человека; нелегальные рубки, объемы которых особенно были значительны начиная с 2000 г. (в 2002 г. незаконно заготовленная древесина составила 50–70% от общего объема на Дальнем Востоке) [5]; снижение темпов лесовосстановления.

Таблица 3

Изменение производственно-природных отношений в Приморском крае\*

Районы и города	1997		2000		2003		2007		2015	
	К	Т	К	Т	К	Т	К	Т	К	Т
Арсеньевский городской округ	0,5	0	0,5	+0,03	0,6	0	0,6	0	0,6	0
Артемовский городской округ	0,4	-0,1	0,2	0	0,2	+0,1	0,4	0	0,4	0
Владивостокский городской округ	0,5	0	0,5	0	0,5	0	0,5	0	0,5	0
Дальнегорский городской округ	0,6	0	0,6	-0,06	0,4	+0,03	0,5	0	0,5	0
Дальнереченский городской округ	0,6	0	0,6	0	0,6	0	0,6	0	0,6	0
Лесозаводский городской округ	0,6	0	0,6	0	0,6	0	0,6	0	0,6	0
Находкинский городской округ	0,4	0	0,4	0	0,4	0	0,4	0	0,4	0
Партизанский городской округ	0,5	-0,03	0,4	+0,03	0,5	-0,03	0,4	0	0,4	0
Спасск-Дальний городской округ	0,6	0	0,6	0	0,6	0	0,6	-0,03	0,5	-0,08
Уссурийский городской округ	0,6	0	0,6	-0,1	0,4	0	0,4	0	0,4	0
Анучинский муниципальный район	0,3	+0,03	0,4	-0,03	0,3	+0,03	0,4	0	0,4	0
Дальнереченский муниципальный район	0,7	-0,02	0,6	+0,02	0,7	-0,12	0,3	+0,12	0,7	+0,36
Кавалеровский муниципальный район	0,3	+0,03	0,4	0	0,4	0	0,4	+0,1	0,7	+0,24
Кировский муниципальный район	0,7	-0,02	0,6	0	0,6	0	0,6	0	0,6	0
Красноармейский муниципальный район	0,7	0	0,7	0	0,7	0	0,7	0	0,7	0
Лазовский муниципальный район	0,7	0	0,7	0	0,7	0	0,7	0	0,7	0
Михайловский муниципальный район	0,6	0	0,6	0	0,6	0	0,6	0	0,6	0
Надеждинский муниципальный район	0,6	0	0,6	0	0,6	-0,03	0,5	0	0,5	0
Октябрьский муниципальный район	0,5	+0,03	0,6	0	0,6	0	0,6	0	0,6	0
Партизанский муниципальный район	0,7	0	0,7	-0,02	0,6	+0,02	0,7	-0,02	0,6	-0,06

**Окончание табл. 3**

Районы и города	1997		2000		2003		2007		2015	
	К	Т	К	Т	К	Т	К	Т	К	Т
Пограничный муниципальный район	0,6	+0,02	0,7	0	0,7	0	0,7	0	0,7	0
Пожарский муниципальный район	0,4	0	0,4	0	0,4	0	0,4	0	0,4	0
Тернейский муниципальный район	0,3	0	0,3	+0,1	0,7	-0,02	0,6	+0,02	0,7	+0,06
Хасанский муниципальный район	0,6	0	0,6	0	0,6	-0,03	0,5	+0,03	0,6	+0,08
Хорольский муниципальный район	0,4	0	0,4	0	0,4	+0,03	0,5	0	0,5	0
Черниговский муниципальный район	0,3	+0,1	0,5	+0,03	0,6	0	0,6	0	0,6	0
Чугуевский муниципальный район	0,7	0	0,7	0	0,7	0	0,7	0	0,7	0
Шкотовский муниципальный район	0,6	0	0,6	0	0,6	0	0,6	+0,02	0,7	+0,06
Яковлевский муниципальный район	0,7	0	0,7	0	0,7	0	0,7	0	0,7	0
Ольгинский муниципальный район	0,3	+0,1	0,7	0	0,7	-0,02	0,6	0	0,6	0
Спасский муниципальный район	0,3	0	0,3	+0,1	0,7	0	0,7	0	0,7	0
Ханкайский муниципальный район	0,1	+0,2	0,4	-0,04	0,3	+0,03	0,4	-0,03	0,3	-0,12

Примечание. \*Знак «-» говорит о снижении темпов изменения техногенной нагрузки на ОПС (изменения в сторону «экологизации» производственно-природных отношений), знак «+» – об увеличении темпов этих изменений (изменения в сторону усиления техногенной нагрузки на ОПС);

К – усредненный показатель рациональности использования земельных, водных ресурсов и атмосферного воздуха ( $K = 1/n (K_3 + K_в + K_{атм.} + K_n)$ );

Т – темпы изменения =  $\log(Kt_2) - \log(Kt_1) / t_2 - t_1$ , где  $t_2, t_1$  – годы.

Немаловажным фактором в формировании направлений природопользования и, как следствие, экологической ситуации на территории Приморского края является приграничное положение территорий некоторых районов с соседним Китаем (КНР). Наличие таможенных переходов, доминирование КНР в разнообразии хозяйственной деятельности также влияют на производственно-природные отношения, формирование и трансформацию структурных направлений природопользования в Приморском крае [6].

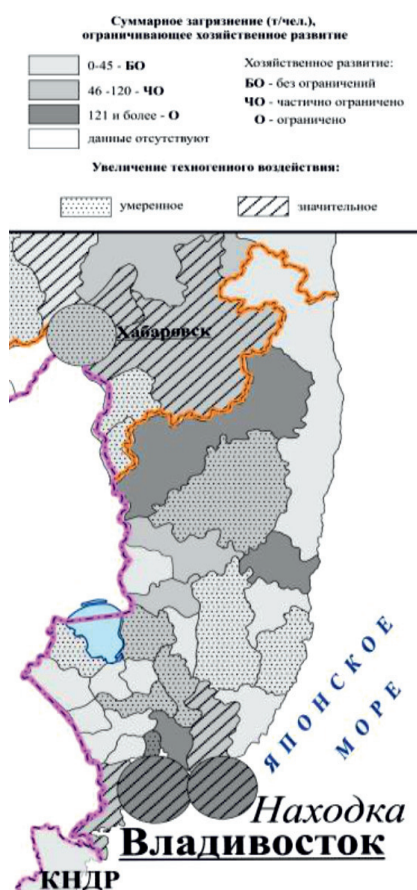
#### Результаты исследования и их обсуждение

Нами рассчитаны темпы изменения производственно-природных отношений (которые являются сутью природопользования), которые в целом можно оценить как стабильно неудовлетворительные. В некоторых городах и районах наблюдается тенденция к ухудшению, а в нескольких – экологическая ситуация улучшилась (табл. 3).

Это улучшение связано с длительной приостановкой, сокращением или полным закрытием объектов, оказывавших наиболее сильное воздействие на экологию края (например, ГО Спасск-Дальний – Спасскцемент, завод ЖБК; Партизанский МР – угледобыча).

Приморский край, имея достаточно обширный набор факторов для дальнейшего развития [7, 8], по состоянию на 2016 г. относится к группе регионов с пониженным инвестиционным потенциалом и умеренным риском (по данным российского рейтингового агентства «Эксперт РА») [9]. Несмотря на это в Приморье планируется реализация многих инвестиционных проектов в таких отраслях, как ТЭК и энергетика, судостроение и судоремонт, химическое производство, фармацевтика, туризм, сельское хозяйство и др., и ни одного проекта экологической или природоохранной направленности. Такая ситуация, помимо улучшения социально-экономического положения в крае, приведет к изменению

структурных направлений в природопользовании. Поскольку улучшения в экологическом состоянии территорий Приморского края связаны в основном с ликвидацией воздействующих производств, можно предположить, что с реализацией проектов ситуация будет усугубляться (рисунок).



*Возможное увеличение техногенной нагрузки на ООС в связи с реализацией инвестиционных проектов*

### Заключение

Таким образом анализ динамики социально-экономических и экологических показателей в Приморском крае, а также связанные с ними структурные изменения в природопользовании дают возможность сделать следующие выводы:

1) трансформация структурных направлений природопользования не всегда связана со спадом или подъемом в экономике. На их изменения могут влиять единовременные события: для Приморского края таким «событием» стал саммит АТЭС;

2) экологическая ситуация в Приморском крае неудовлетворительная как по ли-

нии вовлечения природных ресурсов, так и по линии выведения отходов: устойчивое преобладание «обратного ресурсопотребления» в постсоветский период;

3) экологическая ситуация и ее составляющие напрямую не зависят от темпов структурных изменений в природопользовании;

4) темпы изменения производственно-природных отношений в городах и районах Приморья практически не меняются: имевшая место трансформация структурных направлений природопользования никак не повлияла на оптимизацию производственно-природных отношений;

5) планируемые проекты социально-экономического развития края могут вызвать некоторые изменения в структуре природопользования, но они будут только усугублять экологическую ситуацию; к тому же среди инвестиционных проектов нет ни одного экологической или природоохранной направленности.

Одним из основных направлений в оптимизации эколого-экономической ситуации должно быть существенное смещение структурных направлений природопользования в средоохранное направление. Оно не должно быть связано с какими-то событиями или мероприятиями, а быть системным и длительным и учитывать ситуацию текущего момента.

*Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 18-05-60103.*

### Список литературы / References

1. Бурилова Л.Г., Пестерникова М.В. Экономика и управление природопользованием. Пермь: Перм. гос. нац. исслед. ун-т, 2014. 196 с.

Burilova L.G., Pesternnikova M.V. Economics and environmental management. Perm: Perm. gos. nacz. issled. un-t, 2014. 196 p. (in Russian).

2. Федоренко В.Н. Территориальная структура природопользования: определение и подходы к анализу // Вестник Приамурского гос. ун-та им. Шолом-Алейхема. 2017. № 3 (28). С. 92–98.

Fedorenko V.N. Territorial structure of nature management: definition and approaches to analysis // Bulletin of the Amur State. un-t them Sholom-Aleichem. 2017. № 3 (28). P. 92–98 (in Russian).

3. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2009: стат. сб. Госкомстат России. М., 2009. 999 с.

Regions of Russia. Socio-economic indicators. 2009: stat. sb. Goskomstat of Russia. M., 2009. 999 p. (in Russian).

4. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2015: стат. сб. Госкомстат России. М., 2015. 1266 с.

Regions of Russia. Socio-economic indicators. 2015: stat. sb. Goskomstat of Russia. M., 2015. 1266 p. (in Russian).

5. Федеральная экологическая информация Приморского края. [Электронный ресурс]. URL: <http://25.rpn.gov.ru/node/634> (дата обращения: 03.04.2019).

Federal environmental information of Primorsky Krai. [Electronic resource]. URL: <http://25.rpn.gov.ru/node/634> (date of access: 03.04.2019) (in Russian).

6. Степанько Н.Г. Анализ эколого-экономической ситуации на приграничных территориях КНР и южной зоны Российского Дальнего Востока // Успехи современного естествознания. 2017. № 11. С. 113–121.

Stepanko N.G. Analysis of the ecological and economic situation on the border territories of the PRC and the southern zone of the Russian Far East // Advances in current natural sciences. 2017. № 11. P. 113–121 (in Russian).

7. Соколова И.С. Об инвестиционной привлекательности конкурентоспособности рынка территорий // Управление, реформирование социально-экономического развития предприятий, отраслей, регионов: сб. науч. ст. VI Международной НПК. Пенза: ПГУ, 2015. С. 145–148.

Sokolova I.S. On the investment attractiveness of the competitiveness of the territorial market // Management, reforming the socio-economic development of enterprises, industries, regions: Collection of scientific articles of the VI

International Scientific and Industrial Corporation. Penza: PGU, 2015. P. 145–148 (in Russian).

8. Емельянова К.Н. Инвестиционный климат России: анализ оценок международных экспертных организаций и рейтинговых агентств // Проблемы и перспективы экономики и управления: материалы VI междунар. науч. конф. СПб., 2017. С. 47–51.

Yemelyanova K.N. Investment climate of Russia: analysis of assessments of international expert organizations and rating agencies // Problems and prospects of economics and management: proceedings of the VI intern. scientif. conf. SPb., 2017. P. 47–51 (in Russian).

9. Инвестиционный климат регионов – 2017. [Электронный ресурс]. URL: <https://raexpert.ru/ratings/regions/2017/att1> (дата обращения: 05.03.2019).

Regional Investment Climate – 2017. [Electronic resource]. URL: <https://raexpert.ru/ratings/regions/2017/att1> (date of access: 05.03.2019) (in Russian).

УДК 553.3/4:553.04:528.8(571.63)

## О КОМПЬЮТЕРНОМ МОДЕЛИРОВАНИИ ТЕКТОНОПАР СДВИГОВ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

<sup>1,2</sup>Шевырёв С.Л.

<sup>1</sup>Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, Владивосток, e-mail: shevyrev@mail.ru;

<sup>2</sup>Дальневосточный федеральный университет, Владивосток

Снижение интереса отечественных исследователей к технологиям дистанционного зондирования Земли как к методикам геодинамических и прогнозно-поисковых исследований, требует наращивания исследовательских усилий, направленных на их актуализацию. Одним из направлений этой деятельности может явиться применение численных геодинамических моделей для оценки материалов дистанционного зондирования Земли, включающих геофизическую съемку и результаты дешифрирования аэро- и космических снимков. Сдвиговые дислокации, часто встречающиеся на активных окраинах континентов совместно с системами разрывных нарушений второго порядка, сопровождаются региональным магматизмом и рудообразовательными процессами. Для корректного описания этих процессов, а также дальнейшего развития геодинамических моделей, кинематика зон взаимодействия субпараллельных сдвигов и формируемых ими структурных ансамблей нуждается в формализации и создании прикладных решений на основе технологий компьютерного моделирования. Динамика формирования и парагенезисы сдвиговых дислокаций горно-складчатых поясов трансформных континентальных окраин могут быть численно описаны с помощью реологических моделей, создаваемых на основе дифференциальных уравнений Стокса. Решение этих уравнений на плоскости методом конечных разностей (МКР) позволяет оценить амплитуду деформаций, а также относительное положение и асимметрию зон междвиговых дислокаций, сформированных при различной скорости и последовательности активизации сдвигов. Выделением зон междвигового растяжения и сжатия можно проводить интерпретацию геофизических аномалий и анализ систем трещин, дешифрированных на дистанционной основе. Приведены направления развития этой методики для зоны активного межплитного взаимодействия Азиатского континента и Тихоокеанской плиты, в течение истории геологического развития которой присутствовали эпизоды трансформного геодинамического режима.

**Ключевые слова:** численное моделирование, дистанционное зондирование Земли, тектонические парагенезисы

## ON COMPUTER MODELING OF SHEAR COLLOCATIONS FOR REMOTE SENSING OF THE EARTH

<sup>1,2</sup>Shevyrev S.L.

<sup>1</sup>Far East Geological institute, FEB RAS, Vladivostok, e-mail: shevyrev@mail.ru;

<sup>2</sup>Far Eastern Federal University, FEFU, Vladivostok

Recent decrease of the domestic researchers' interest to the technologies of remote sensing of the Earth as to the approach of the search and prospecting demands efforts of their actualization. One of the possible directions could be the application of the numeric geodynamic models to the assessment of remote sensing data including geophysical surveying and results of recognition of aero- space imagery. Shear dislocations of the active continental margins that could be found together with faults of the second order are accompanied by regional magmatism and ore forming processes. Accurate description of that processes and further development of the geodynamic models need formalization of strike-slip kinematics and application of the computer technologies. Dynamics of the forming process and paragenesis of the shear deformations of the transform margins folded belts could be numerically described by the rheological models based on the Stokes equations. Solution of these equations on the plane by the Finite Difference Method (FDM) allows assessment of the deformation amplitude as well as the relative position and the asymmetry of the dislocations between shear faults. Outlining of the interfault extension and contraction could allow more comprehensive interpretation of the geophysical anomalies and analysis of the fracture assemblages, detected on the remote base. Directions of the further development of this description technique are also interpreted for the zone of active interaction between Asian continent and the Pacific plate, where transform regime was acting during the geological history.

**Keywords:** numeric modeling, remote sensing, tectonic collocations

Для зоны активного межплитного взаимодействия окраины Восточной Азии в литературе описаны многочисленные крупные сдвиговые структуры различной глубины заложения [1–3], представляющие собой сдвиги режима трансформной континентальной окраины, а также границы крупных блоков земной коры, террейнов и супертеррейнов. При этом дета-

ли строения синсдвиговых структур и зон, а также особенности их формирования могут опускаться в масштабе рассмотрения. В пределах Сихотэ-Алинского складчатого пояса – протяженной надсубдукционной структуры обрамления Восточной Азии, рассматриваемой в пределах Приморского и Хабаровского краев, располагаются скопления рудного вещества, а также благо-



родных металлов, ассоциированные с гранитоидным магматизмом (Лермонтовское (W), Партизанское (TR, W), Тигриное (Sn, W), Многовершинное (Au-Ag), Салют (Au-Ag) и другие). Численные расчеты полей напряжений участков их локализации интрузий – источников рудного вещества могут способствовать проведению на их основе комплекса структурно-парагенетических признаков региональных исторических и минерагенических исследований и создание предпосылок прогноза зон коры, благоприятных для процессов рудогенеза.

Целью настоящего исследования, включающего моделирование тектонопарсдвигов, является формирование представлений об ожидаемых деформациях горных пород в междвиговых зонах и их морфологическом выражении на плоскости для дальнейшего использования в технологиях дистанционного зондирования Земли. Дешифрирование космических снимков горно-складчатых областей и интерпретация получаемых тектонических схем в ряде случаев требует рассмотрения кинематики зон сжатия или растяжения, ограниченных системами субпараллельных сдвигов. Численное моделирование может дать сведения о положении и направлении смещения междвиговой зоны при различных скоростях и амплитудах перемещения крыльев сдвигов. В то время как имеющиеся традиционные представления о тектонопарахразрывных структур позволяют рассуждать о строении междвиговых зон лишь качественно, численные модели предоставляют количественные сведения с возможностью имплементации результатов для конкретной геологической обстановки исследуемой территории.

#### Материалы и методы исследования

Анализ структурного паттерна территории, полученного при обработке дистанционного космического изображения, требует выяснения его генезиса, главных направлений трещиноватости и роли действующих сил. Для описания региональной тектоники при значительных температурах и давлении, а также длительном времени воздействия уместно говорить о реологическом процессе. В этом случае твердое вещество рассматривается как очень вязкая жидкость, текущая с низкой скоростью в течение длительного времени. В синсдвиговых зонах Сихотэ-Алиня описаны (например, [4]) флюидальные тексту-

ры тектонической брекчии. При этом авторами [4] указывается, что проницаемость породы для рудоносных растворов присутствовала именно на этапе вязкопластического течения субстрата.

Постановка задачи моделирования производится следующим образом. Производная поля деформации  $u$  по времени (производная Лагранжа) является вектором скорости смещения (течения)  $\vec{u} = (u_x, u_y, u_z)$  таким образом, что

$$v_i = \frac{Du_i}{Dt}. \quad (1)$$

Тензор деформации может быть представлен в виде градиента деформации [5]:

$$\varepsilon_{ij} = \frac{1}{2} \left( \frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right). \quad (2)$$

Тензор скорости деформации является производной деформации по времени:

$$\dot{\varepsilon}_{ij} = \frac{1}{2} \left( \frac{\partial v_i}{\partial x_j} + \frac{\partial v_j}{\partial x_i} \right). \quad (3)$$

Деформация непрерывной среды является следствием изменений баланса действующих внешних и внутренних сил. Для сопоставления этих сил и вызываемых ими деформаций используются уравнения сохранения импульса непрерывной среды в гравитационном поле, соответственно:

Эйлера:

$$\frac{\partial \sigma_{ij}}{\partial x_j} + \rho g_i = \rho \left( \frac{\partial v_i}{\partial t} + v_i \frac{\partial v_i}{\partial x_i} \right), \quad (4)$$

Лагранжа:

$$\frac{\partial \sigma_{ij}}{\partial x_j} + \rho g_i = \rho \frac{Dv_i}{Dt}. \quad (5)$$

Сохранение импульса жидкости в поле силы тяжести описывается уравнением движения Навье – Стокса:

$$\frac{\partial \sigma'_{ij}}{\partial x_j} - \frac{\partial P}{\partial x_i} + \rho g_i = \rho \frac{Dv_i}{Dt}, \quad (6)$$

где  $\sigma'_{ij}$  – девиаторное напряжение, выражающееся как

$$\sigma'_{ij} = \eta \left( \frac{\partial v_i}{\partial x_j} + \frac{\partial v_j}{\partial x_i} \right), \quad (7)$$

где  $\eta$  – вязкость среды.

Конечно-разностное представление уравнений импульса и неразрывности может быть сформулировано на плоскости без учета гравитационной компоненты [5, Eq. 7.18]:

$$\eta \frac{v_{x(i,j-1)} - 2v_{x(i,j)} + v_{x(i,j+1)}}{\Delta x^2} + \eta \frac{v_{x(i-1,j)} - 2v_{x(i,j)} + v_{x(i+1,j)}}{\Delta y^2} = 0, \quad (8)$$

$$\eta \frac{v_{y(i,j-1)} - 2v_{y(i,j)} + v_{y(i,j+1)}}{\Delta x^2} + \eta \frac{v_{y(i-1,j)} - 2v_{y(i,j)} + v_{y(i+1,j)}}{\Delta y^2} = 0. \quad (9)$$

Уравнения (10)–(11) используются для нахождения значений компонентов скорости вязко-пластичного течения вещества  $v_x$  и  $v_y$  методом конечных разностей (МКР) в среде

научных и инженерных расчетов и программирования Mathworks Matlab (рис. 1).

Для решения этой задачи на моделируемой плоскости в программу необходимо ввести входные параметры: значения динамической вязкости и плотности вещества (например, откуда [6, таблица В. 5]), направление, время и амплитуду перемещения по разлому. Для линии разлома на горизонтальной плоскости задаются краевые значения компонентов скорости сдвигового перемещения на крыльях.

Ортогональные компоненты перемещения рассчитываются аналитически:

$$v_x = l \cdot \cos(\alpha), \quad (10)$$

$$v_y = l \cdot \sin(\alpha), \quad (11)$$

где  $\alpha$  – угол ориентации разлома на плоскости,  $l$  – амплитуда смещения по разлому.

```
% Вязкость среды
eta = 1e+21; %Пуаз
% Число узлов модели
xnum = 41; % по горизонтали
ynum = 51; % по вертикали
%Решение у-уравнения Стокса
for i=1:1:ynum
    for j=1:1:xnum
        % Глобальный индекс текущего узла
        k=(j-1)*ynum+i;
        %Граничные условия
        if (i==1 || i==ynum || j==1 || j==xnum) %границы поля, vy=0
            L(k,k)=1;
            R(k,1)=0;
        elseif(j==Ayx(2) && i>=Ayx(1) && i<=Вyx(1)) %по сместителю
            L(k,k)=1;
            R(k,1)=v_y;
        elseif(j==Ayx(2)+1 && i>=Ayx(1) && i<=Вyx(1)) %по сместителю
            L(k,k)=1;
            R(k,1)=-v_y;
        else
            %Внутренние узлы, уравнение в форме конечных разностей
            %ETA(d2vx/dx2+2vx/dy2)=ETA*((vx(i,j-1)-2vx(i,j)+vx(i,j+1))/dx^2+(vx(i-1,j)-2vx(i,j)+vx(i+1,j))/dy^2)
            L(k,k-ynum)= eta/xstp^2; %глобальный индекс для vy(i,j-1)
            L(k,k-1) = eta/ystp^2; %глобальный индекс для vy(i-1,j)
            L(k,k) = -2*eta/xstp^2-2*eta/ystp^2; %глобальный индекс для vy(i,j)
            L(k,k+1) = eta/ystp^2; %глобальный индекс для vy(i+1,j)
            L(k,k+ynum)= eta/xstp^2; %глобальный индекс для vy(i,j+1)
            % Условия для правой части уравнения:0
            R(k,1)= 0;
        end
    end
end
%Нахождение вектора решений S()
S = L\R;
vy = zeros(ynum,xnum);
% Нахождение значений в точках грида
for i=1:1:ynum
    for j=1:1:xnum
        % Глобальный индекс текущего узла
        k = (j-1)*ynum+i;
        vy(i,j) = S(k);
    end
end
```

Рис. 1. Нахождение значений компонента скорости  $v_y$  для внутренних и граничных узлов МКР в Matlab

**Результаты исследования  
и их обсуждение**

Рассматриваемая модель представляет интерес для анализа кинематики зон, сопровождающих параллельные разломы как собственно трансформного, так и субдукционного тектонических режимов, описанных на активных континентальных окраинах. Моделирование двух параллельных равноамплитудных сдвигов, выполненное в Matlab описанным выше способом, позволяет оценить кинематику и распределение напряжений и деформаций на плоскости (рис. 2).

Анализ распределения направлений вязкопластического течения вещества позволяет установить зоны S-образных дислокаций в пространстве между сдвигами (рис. 2, в). Показано ортогональное сдвигу простираание трещин растяжения (рис. 2, е).

В своей обзорной работе [7, с. 156] авторы приводят характеристику трещиноватого паттерна левосдвиговой зоны. Для на-

шей модели можно предположить наличие близкой картины и в приложении к глубинному Центральному Сихотэ-Алинскому разлому – главному сдвигу в осевой части Сихотэ-Алинского складчатого сооружения. Формирование зоны противотечения внутри пространства между параллельными сдвигами приводит к формированию растяжения, сопряженного со сдвигом (транстенсии).

Анализ устойчивости модели проводится изменением исходных значений скорости (амплитуды) перемещений по левому и правому разлому. Для этого задавались значения скорости смещения 25 км и 10 км за 1 млн лет. При моделировании осевая транстенсионная зона смещается в сторону разлома с меньшей скоростью перемещения, вызывая ее асимметрию (рис. 3, а–в). В соответствии с [7], для осевой зоны сдвига характерны диагональные направления трещин сдвига и ортогональные – растяжения (рис. 3, г).

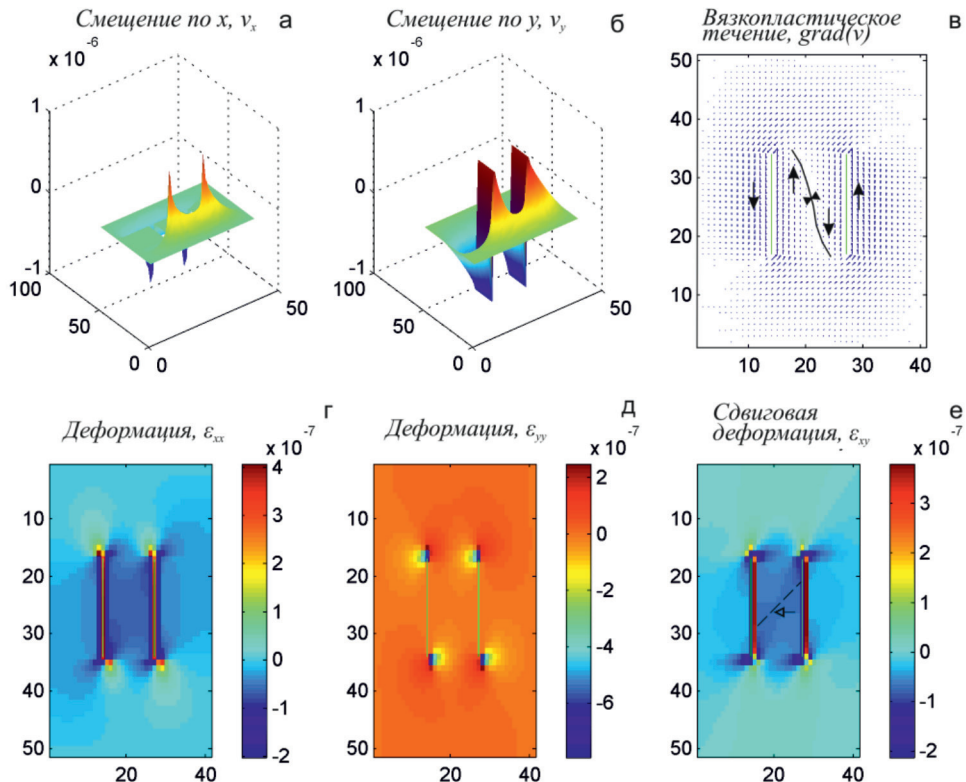


Рис. 2. Кинематика модели системы параллельных левосторонних сдвигов: а –  $v_x$  компонента; б –  $v_y$  компонента; в – градиент перемещения вещества и формирования зоны косога сдвига; г, д – ортогональные компоненты деформации  $\epsilon_{xx}$ ,  $\epsilon_{yy}$ ; е – сдвиговая компонента деформации  $\epsilon_{xy}$  (стрелкой показано вероятное простираание трещин растяжения)

## Миграция зоны дислокаций в зависимости от относительной скорости параллельных сдвигов

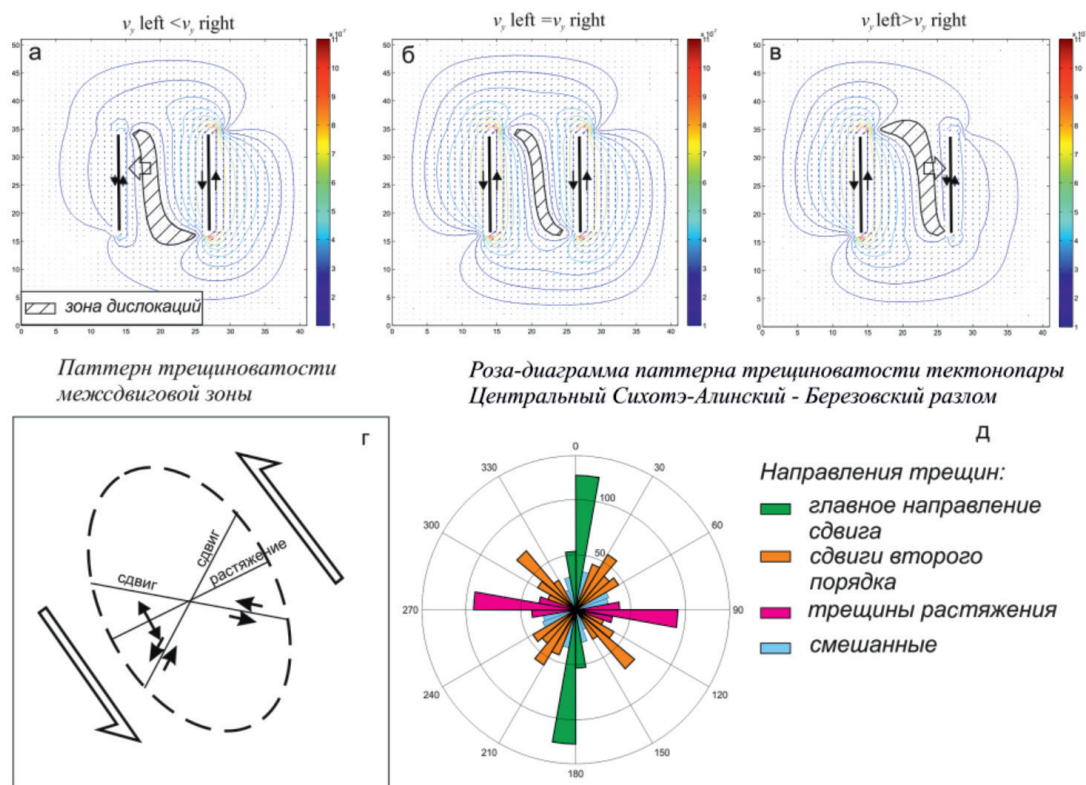


Рис. 3. Кинематика и положение межсдвиговой зоны: а–в – асимметрия трансензионной зоны при различных соотношениях скорости смещения по разломам тектонопары; г – паттерн трещин растяжения (отрыва) и сдвига зоны растяжения; д – роза-диаграмма паттерна трещиноватости, полученная для тестовой площади

Таким образом, в межсдвиговом пространстве субпараллельных левых сдвигов формируется трансензионная правосдвиговая зона. Правые сдвиги осложняются наличием растяжений, бассейновых структур («pull-apart») и полей трещиноватых, меланжированных и милонитизированных пород, проницаемых для магм и флюидов [7].

Свидетельством наличия режима трансензионных правосдвиговых зон в структуре Журавлевского террейна Сихотэ-Алинского горно-складчатого пояса могут являться устойчивые в течение геологической истории характерные S-образные паттерны зон сопряжения крупных субпараллельных сдвигов, осложненные многоактным интрузивным магматизмом орогенного этапа [8]. Дешифрирование и учет линементов [9] на данном участке показывает характерную картину: главные направления трещиноватости осложняются структурами растяжения и сдвига второго порядка (рис. 3, д). В свою очередь, под-

твержденное наличие трансензионного правосдвигового режима на площади может явиться основанием для прогноза на ней ассоциированных месторождений: скарновых, грейзеновых, жильно-метасоматических и медно-порфировых.

### Выводы

Синтез используемой численной модели и технологий обработки дистанционного изображения (включающих линементный анализ и построение роз-диаграмм трещиноватости) позволяет описать и интерпретировать наблюдаемую картину сложной зоны дислокаций систем параллельных разломов. Паттерны трещиноватости дистанционного изображения, дополненные данными численного геодинамического моделирования, могут рассматриваться в качестве прогнозно-поискового признака месторождений полезных ископаемых межсдвиговых зон. Компьютерное моделирование тектонопар лево- и правосторонних

сдвигов может применяться для описания и прогноза зон трансенсии и транспрессии. Площади межсдвиговой трансенсии (растяжения) исключительно перспективны для выяснения генезиса депрессий осадочных бассейнов и зон внедрения интрузивных тел.

### Список литературы / References

1. Геодинамика, магматизм и металлогения Востока России. Т. 1, 2. / Под ред. А.И. Ханчука. Владивосток: Дальнаука, 2006. 982 с.  
Geodynamics, magmatism and metalgenius of the East of Russia. T. 1, 2 / Pod red. A.I. Hanchuka. Vladivostok: Dal'nauka, 2006. 982 p. (in Russian).
2. Крук Н.Н., Голозубов В.В., Киселев В.И., Крук Е.А., Руднев С.Н., Серов П.А., Касаткин С.А., Москаленко Е.Ю. Палеозойские гранитоиды южной части вознесенского террейна (южное приморье): возраст, вещественный состав, источники расплавов и обстановки формирования // Тихоокеанская геология. 2018. Т. 37. № 3. С. 32–53. DOI: 10.30911/0207-4028-2018-37-3-32-53.  
Kruk N.N., Kruk E.A., Rudnev S.N., Golozubov V.V., Kiselev V.I., Kasatkin S.A., Moskalenko E.Y., Serov P.A. Paleozoic Granitoids of the Southern Part of the Voznesenka Terrane (Southern Primorye): Age, Composition, Melt Sources, and Tectonic Settings // Russian Journal of Pacific Geology. 2018. T. 12. № 3. P. 190–209. DOI: 10.1134/S1819714018030041.
3. Khomich V.G., Boriskina N.G., Santosh M., 2014. A geodynamic perspective of world-class gold deposits in East Asia. *Gondwana Research* 26 (2014) 816–833. DOI: 10.1016/j.gr.2014.05.007.
4. Ненахов В.М., Никитин А.В., Фелюфьянов Д.С., Ненахова Е.В. Структурно-вещественные особенности рудного поля «Глухое» в контексте эволюции Журавлёвского террейна (Сихотэ-Алинь) // Вестник ВГУ. Серия: Геология. 2018. № 1. С. 67–76.  
Nenachov V.M., Nikitin A.V., Felofianov D.S., Nenakhova E.V. The Structure of the Ore Field «Glukhoe» in the Context of Evolution of Zhuravlev Terrane (By Sykhote-Alin) // Proceedings of Voronezh State University. Series: Geology. 2018. № 1. P. 67–76 (in Russian).
5. Gerya Taras. Introduction to Numerical Geodynamic Modelling. Cambridge University Press, 2010. 292 p.
6. Turcotte D.L., Schubert G. Geodynamics. Cambridge University Press. Third edition, 2014. 657 p.
7. Einstein H.H., Dershowitz W.S. Tensile and shear fracturing in predominantly compressive stress fields – a review. *Engineering Geology*. 1990. Vol. 29. Issue 2. P. 149–172.
8. Sakhno V.G., Kovalenko S.V., Alenicheva A.A. 2011. Monzonitoid magmatism of the copper-porphyrific Lazurnoe deposit (South Primorye): U-Pb and K-Ar geochronology and peculiarities of the ore-bearing magma genesis by the data of isotopic-geochemical studies. *Doklady Earth Sciences*. 2011. Vol. 438. Issue 1. P. 569–577. DOI: 10.1134/S1028334X11050072.
9. Шевырёв С.Л. Программа LEFA: Автоматизированный структурный анализ космической основы в среде Matlab // Успехи современного естествознания. 2018. № 10. С. 138–143.  
Shevyrev S.L. LEFA Software: an Automatized Structural Analysis of Remote Sensing Imagery in Matlab Environment // Advances in current natural sciences. 2018. № 10. P. 138–143 (in Russian).

## НАУКИ О ЗЕМЛЕ

УДК 504.53:631.452(470.26)

**ЭКОЛОГО-АГРОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПОЧВ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ  
КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ****<sup>1</sup>Иноземцева О.К., <sup>1</sup>Пунгин А.В., <sup>2</sup>Бувич И.С.**<sup>1</sup>*ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта»,  
Калининград, e-mail: makovskaya.o@mail.ru*<sup>2</sup>*ФГБУ «Калининградская межобластная ветеринарная лаборатория», Калининград*

Безопасность пищевых продуктов является одной из важнейших проблем современности. Известно, что дефицит или избыток агрохимических компонентов почв, наряду с проблемой загрязнения тяжелыми металлами, способными накапливаться в разных частях сельскохозяйственных культур, отрицательно влияют на рост, развитие растений и урожай. В связи с интенсификацией сельского хозяйства в Калининградской области и для оценки потенциального экологического риска было проведено исследование почвенных образцов, взятых на землях сельскохозяйственного назначения. В 2016–2018 гг. производился отбор почв в разных районах Калининградской области и анализ на агрохимические (общий азот, подвижные калий и фосфор и органическое вещество) и химико-токсикологические показатели (тяжелые металлы). В результате были получены данные о пространственном распределении, количественном составе поллютантов верхних слоев почвы от 0 до 40 см. На основе полученных данных были созданы тематические карты, отображающие количественное распределение макро- и микроэлементов в почве, позволившие выявить загрязненные районы Калининградской области, где распространено несколько загрязнителей одновременно. Исследование почвенных образцов на землях сельскохозяйственного назначения показало, что средние значения тяжелых металлов в почве не превышали предельно допустимые концентрации (ПДК), за исключением локальных участков (Гурьевский, Славский, Багратионовский, Неманский районы), где отмечались точечные превышения свинца, никеля, кадмия, меди и мышьяка. Агрохимические показатели (калий, фосфор, азот и органическое вещество) в почве находятся в оптимальном количестве, исключения составляют некоторые районы области (Светловский городской округ, Правдинский район), где средний показатель ниже допустимого для основных сельскохозяйственных растений. В ходе анализа установлены источники поступления макро- и микроэлементов в верхние слои почвы: большинство тяжелых металлов способно поступать в верхние слои почвы посредством антропогенного загрязнения (промышленность, транспорт и др.), а агрохимические показатели – в виде удобрений. Лишь подвижный калий и органическое вещество могут поступать в корнеобитаемые горизонты из почвообразующей породы.

**Ключевые слова:** почва, агрохимические показатели, тяжелые металлы, Калининградская область**ECOLOGICAL AND AGROCHEMICAL ASSESSMENT OF SOIL CONDITION  
FOR AGRICULTURAL PURPOSES OF THE KALININGRAD REGION****<sup>1</sup>Inozemtseva O.K., <sup>1</sup>Pungin A.V., <sup>2</sup>Buevich I.S.**<sup>1</sup>*Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, e-mail: makovskaya.o@mail.ru;*<sup>2</sup>*Kaliningrad inter-regional veterinary laboratory, Kaliningrad*

Food safety remains an important problem of modern age. It is widely known, that both agrochemicals deficiency/excess in soils and accumulation of heavy metals in different parts of agricultural plants (known as «Heavy metal contamination») have a negative impact on crops growth and development. The assessment of potential ecological risks was conducted on the basis of agricultural soils samples due to farming industry's intensification in Kaliningrad region. Sample acquisition with later soil toxicity (heavy metals) and biochemical (total nitrogen, labile phosphorus and potassium, organic matter) tests were conducted during the years 2016 through 2018. Acquired data on spatial distribution and qualitative content of pollutants in upper soil layers was used to create thematic maps for macro- and microelements' quantitative distribution in the soil, which allowed the detection of polluted areas in Kaliningrad region where different pollutants were found simultaneously. Mean values of heavy metal content in soil did not exceed maximum allowable concentration (MAC), with rare and sporadic exceedance of allowed values for lead, nickel, cadmium, copper and arsenic. Concentrations of nitrogen, phosphorus, potassium and organic matter in soil samples were in optimal quantity, with a number of exceptions where mean values were below acceptable levels for agricultural plants. The following sources for macro- and microelements were determined during the analysis: the majority of heavy metals enters upper soil layers as a result anthropogenic pollution (manufacturing facilities, motor vehicles, etc.), while agrochemicals' content values depend mostly on fertilizers supplements. Only labile potassium and organic matter are able to enter root inhabited layers from parent rock.

**Keywords:** the soil, agrochemical indicators, heavy metals, Kaliningrad region

За последнее столетие многократно возрос антропогенный поток вещества через основные звенья биосферы, в том числе через агроэкосистемы. Сельскохозяйственная и антропогенная деятельность становится важнейшей причиной химической деградации почвы. Она способствует загрязнению

и накоплению в почве тяжелых металлов [1, 2], влияет на качество сельскохозяйственной продукции [3, 4] и становится очень опасной для здоровья человека и животных [5–8]. Это связано со способностью многих металлов к биоаккумуляции в съедобных частях сельскохозяйственных культур [9].

Учитывая, что агрохимические и химические показатели достаточно динамичны и изменяются под воздействием различных факторов, как антропогенных, так и связанных с ведением сельского хозяйства [10, 11], необходимость в контроле макро- и микроэлементов в почвах многократно возрастает. Для контроля над соединениями различных химических элементов на практике используют перечни предельно допустимых концентраций. Накоплена определенная информация по сбору и обобщению сведений о фоновом содержании различных тяжелых металлов (кадмия, свинца, мышьяка, хрома и т.д.) в почвах [12, 13].

За последние десятилетия проведены работы отечественных и зарубежных учёных по изучению качественного и количественного состава различных химических поллютантов и оценке их воздействия на экологические свойства и функции почв [14–17]. В Калининградской области на протяжении многих лет проводились исследования особенностей распространения и содержания как агрохимических (гумус, калий, фосфор), так и химико-токсикологических показателей (бор, марганец, никель и многие другие) [18–20].

Особую актуальность приобретают эколого-агрохимические исследования в условиях интенсификации сельского хозяйства, которое проявляется в расширении посевных площа-

дей и увеличении сельскохозяйственной продукции в Калининградской области [21]. Так же вследствие внедрения высокоинтенсивных сортов и гибридов на фоне использования концентрированных удобрений складывается отрицательный баланс химических элементов в земледелии, что обуславливает необходимость проведения систематического мониторинга [22]. В связи с этим, целью работы являлась оценка эколого-агрохимического состояния почв сельскохозяйственного назначения Калининградской области.

### Материалы и методы исследования

В качестве объекта исследования использовалась почва с земель сельскохозяйственного назначения, отобранная в 14 районах Калининградской области (рис. 1). В зависимости от цели исследования (агрохимическое или химико-токсикологическое) почва отбиралась в соответствии с требованиями ГОСТ 17.4.3.01-83 и ГОСТ 17.4.4.02-84 (Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа) [23, 24]. За 2016–2018 гг. было отобрано 280 почвенных образцов из верхних слоев почвы (агрохимические показатели от 0 до 40 см, химико-токсикологические до 100 см). Полученные данные были дополнены результатами ФГБУ «Калининградская межобластная ветеринарная Лаборатория», что суммарно составило 1381 образец.

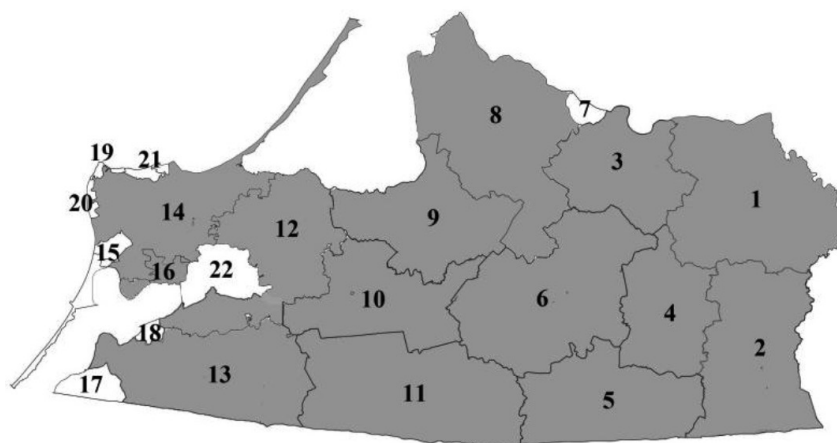


Рис. 1. Карта административно-территориального устройства Калининградской области (обследованные территории выделены серым цветом): 1) Краснознаменский район, 2) Нестеровский район, 3) Неманский район, 4) Гусевский район, 5) Озерский район, 6) Черняховский район, 7) Советский городской округ, 8) Славский район, 9) Полесский район, 10) Гвардейский район, 11) Правдинский район, 12) Гурьевский район, 13) Багратионовский район, 14) Зеленоградский район, 15) Балтийский район, 16) Светловский городской округ, 17) Мамоновский городской округ, 18) Ладушкинский городской округ, 19) Светлогорский район, 20) Янтарный городской округ, 21) Пионерский городской округ, 22) Городской округ Калининград

Согласно требованиям ГОСТ, указанным для конкретного исследования, проводилась соответствующая подготовка проб для анализа. В образцах исследовано содержание следующих химико-токсикологических элементов: валовые (кадмий, мышьяк, ртуть) и подвижные (свинец, медь, никель, цинк, марганец) формы тяжёлых металлов, а также агрохимические: подвижные формы калия и фосфора, общего азота и органического вещества. Анализы проводились на базе лаборатории агрохимического и химико-токсикологического отделов ФГБУ «Калининградская МВЛ».

Тяжелые металлы определялись методом атомно-абсорбционной спектроскопии на спектрометре Atomic Absorption Spectrometer PinAAcle 900T за исключением мышьяка, который измеряли вольтамперометрическим методом на анализаторе TA-Lab. Агрохимические показатели определялись по следующим методикам: подвижные калий и фосфор по методу А.Т. Кирсанова (ГОСТ Р 54650-2011) [25], содержание общего азота титриметрическим методом согласно ГОСТ 26107-84 [26], величина органического вещества измерялась фотометрическим методом по ГОСТ 26213-91 [27]. Для исследования органического вещества, подвижных калия и фосфора, общего азота использовали спектрофотометр Unicо2100.

Для обработки статистических данных использовалась программа IBM SPSS Statistics 23 и Microsoft Excel 2010. Для построения картографических схем использовали геоинформационную систему Quantum GIS 2.18 и Adobe Photoshop CS5.

### Результаты исследования и их обсуждение

Средний показатель содержания подвижного калия в верхних слоях почвы (от 0 до 40 см) составил  $201 \pm 10$  мг/кг, минимальное количество этого элемента зафиксировано в почвах Светловского городского округа ( $74 \pm 49$  мг/кг), а максимальное в Гурьевском районе ( $252 \pm 129$  мг/кг). Следует отметить, что уровень калия более 120 мг/кг является оптимальным для обеспечения начального роста и развития растений [27], что отмечается во всех районах области за исключением Светловского городского округа. Можно предположить, что причиной является недостаточное внесение удобрений или расположение на почвах легкого гранулометрического состава [28].

Количество подвижного фосфора в среднем составляет  $303 \pm 23$  мг/кг,

максимальное значение зафиксировано в Светловском городском округе ( $398 \pm 100$  мг/кг). Минимальное количество этого элемента найдено в почвах Правдинского района ( $52 \pm 33$  мг/кг), что является недостаточным количеством этого элемента для основных выращиваемых растительных культур. Содержание подвижного фосфора для обеспечения оптимального роста и развития растений составляет более 100 мг/кг [29], что отмечено в остальных районах области. Органическое вещество, высокие концентрации которого были отмечены в почвах аллювиального состава [30], в среднем составляет  $3,20 \pm 0,27\%$ . В почвах Багратионовского района зафиксировано минимальное количество ( $1,9 \pm 1,3\%$ ), а максимальное в Черняховском ( $7,8 \pm 11,1\%$ ) районе. Так же в составе органического вещества присутствует общий азот. В почвах Калининградской области средний показатель общего азота составил  $0,20 \pm 0,01\%$ . Минимальное количество зафиксировано в почвах Светловского городского округа ( $0,11 \pm 0,06\%$ ), а максимальное – в Гусевском районе ( $0,3 \pm 0,1\%$ ). Согласно литературным данным, уровень азота в почвах зависит от антропогенной деятельности [31].

В ходе исследования был выявлен дефицит ряда микроэлементов (марганца, цинка, меди) в почве, причиной этому служит обедненная материнская порода, поскольку наличие данных металлов в верхних слоях почвы обуславливается влиянием нижних горизонтов почв [17, 32]. Так, подвижного марганца в исследуемых образцах в среднем содержится  $22,3 \pm 1,0$  мг/кг, в то время как необходимое количество для растений (рапс, гречиха и др.) должно составлять не менее 50 мг/кг [28]. Максимальное количество этого элемента зафиксировано в почвах Светловского городского округа ( $45,2 \pm 39,8$  мг/кг), минимальное в Гвардейском районе ( $13,7 \pm 9,9$  мг/кг). Схожая картина наблюдается для цинка и меди, однако необходимое количество каждого из этих элементов для растений (например, рапса и картофеля) составляет 5 мг/кг [28]. В отобранных образцах почвы среднее содержание подвижного цинка составило  $3,3 \pm 3,8$  мг/кг, максимальное количество зафиксировано в почвах Светловского городского округа ( $11,4 \pm 1,6$  мг/кг), минимальное в Неманском ( $2,1 \pm 1,1$  мг/кг) районе. Количество подвижной меди было равным  $1,99 \pm 0,01$  мг/кг, максимальное количество этого элемента зафиксировано в почвах Гусевского района ( $2,1 \pm 0,2$  мг/кг), минимальное в Нестеровском районе ( $2,0 \pm 0,1$  мг/кг).



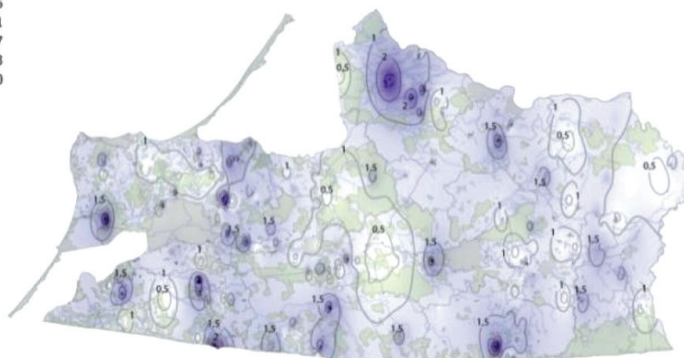
Наиболее опасными загрязнителями согласно ГОСТ 17.4.1.0283 [23, 33], относящимися к I классу опасности (высокоопасные) в исследованных образцах почвы, являются: As, Cd, Hg, Pb, Ni. Согласно проведенному анализу, схемы распределения металлов в почвах Калининградской области отображены на рис. 2–4.

Средние значения валовых форм тяжелых металлов не превышают предельно допустимые концентрации. Нахождение мышьяка (рис. 2, а) в почвах в среднем составляет  $1,7 \pm 0,1$  мг/кг, максимальная концентрация отмечена в почвах Светловского городского округа ( $3,5 \pm 0,4$  мг/кг) и Славского района ( $2,1 \pm 1,1$  мг/кг), минимальная в Полесском районе ( $1,1 \pm 0,4$  мг/кг). Согласно литературным данным, источниками мышьяка являются

минеральные удобрения [34]. В районах, отмеченных высокими концентрациями мышьяка (рис. 2, а), почвы задействованы для посадки различных культур.

Средний уровень валового кадмия в почве составляет  $0,80 \pm 0,02$  мг/кг (рис. 2, б), максимальное количество этого элемента зафиксировано в почвах Краснознаменского района ( $1,3 \pm 0,4$  мг/кг), минимальное в Багратионовском районе ( $1,1 \pm 0,9$  мг/кг). Среднее значение кадмия по области вдвое ниже уровня ПДК (2 мг/кг), но отмечаются локальные районы с близкими к предельно допустимым значениям кадмия в почве (рис. 2, б). Источниками кадмия выступают выбросы от стационарных источников и внесение минеральных удобрений (например, суперфосфат или селитра) [29, 31].

Условные обозначения



а)

Условные обозначения



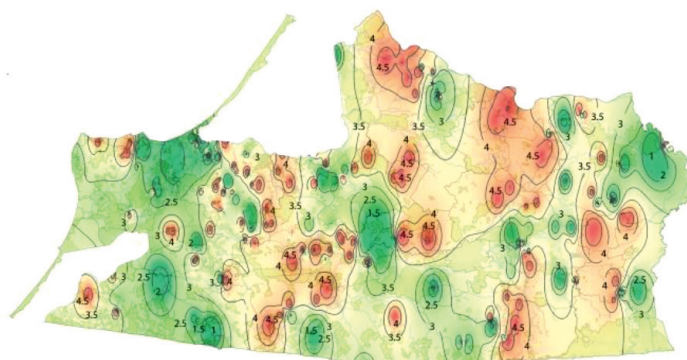
б)

Рис. 2. Схема распределения мышьяка (а) и кадмия (б) в почвах Калининградской области

## Условные обозначения

— изолинии  
содержание свинца (мг/кг):

1
2
3
4
5

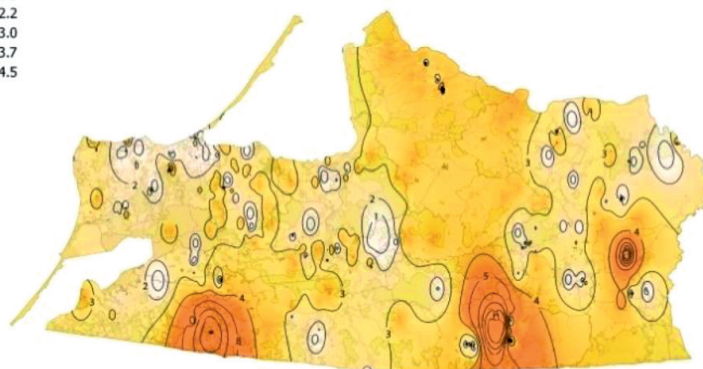


а)

## Условные обозначения

— изолинии  
содержание никеля (мг/кг):

1.5
2.2
3.0
3.7
4.5



б)

Рис. 3. Схема распределения свинца (а) и никеля (б) в почвах Калининградской области

## Условные обозначения

— изолинии  
содержание ртути (мг/кг):

0.01
0.02
0.03
0.04
0.05

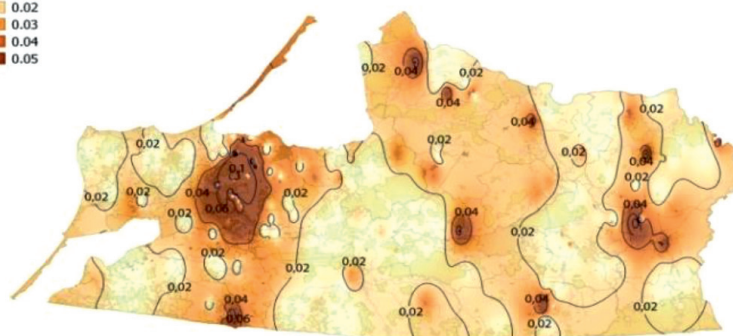


Рис. 4. Схема распределения ртути в почвах Калининградской области

Среднее количество подвижного свинца установлено на уровне  $5,01 \pm 0,01$  мг/кг, максимальное отмечено в почвах Светловского городского округа –  $6,2 \pm 1,7$  мг/кг (рис. 3, а), а минимальное – в Багратионовском районе ( $4,8 \pm 0,7$  мг/кг). Средний показатель свинца по области близок к уровню ПДК (6 мг/кг), а в некоторых районах (Светловский городской округ) превышает на 0,2 мг/кг, что свидетельствует о высоком воздействии антропогенного фактора, поскольку свинец поступает в окружающую среду посредством сжигания топлива и выбросов от промышленных предприятий [12, 31, 35].

Среднее количество подвижного никеля составило  $4,03 \pm 0,01$  мг/кг. В данном исследовании подвижный никель является единственным металлом, где средняя концентрация превышает уровень ПДК на 0,03 мг/кг [36]. В почвах Полесского района зафиксировано минимальное (рис. 3, б) количество ( $4,00 \pm 0,01$  мг/кг), а в Нестеровском районе максимальное ( $4,2 \pm 0,3$  мг/кг), также на схеме выделены участки с высоким содержанием никеля – в Багратионовском ( $4,1 \pm 0,2$  мг/кг) и Озерском ( $4,1 \pm 0,3$  мг/кг) районах. Согласно литературным данным, источником поступления никеля в почву служит почвообразующая порода (ледниковые и озерно-ледниковые наносы) [37, 38]. Следует заметить, что самые высокие средние значения получены в тех районах, где преобладают почвы тяжелого гранулометрического состава [39].

В Светловском городском округе зафиксировано максимальное среднее количество ртути ( $0,12 \pm 0,07$  мг/кг), в то время как средний показатель по области равен  $0,040 \pm 0,002$  мг/кг (рис. 4).

В Гурьевском и Нестеровском районах в образцах почвы были отмечены максимальные значения ртути равные 0,46 мг/кг и 0,22 мг/кг, однако средний показатель в этих районах составляет  $0,04 \pm 0,04$  мг/кг. Данные результаты, возможны по причинам локальных загрязнений от стационарных источников [31].

Согласно проведенному исследованию 62,5% тяжелых металлов привносятся в виде различных загрязнений (промышленных, бытовых и т.д.), 25% приходится на состав почвообразующей породы и лишь 12,5% металлов поступают в почву одновременно двумя способами [5]. Относительно изучаемых агрохимических показателей почв сельскохозяйственного назначения Калининградской области можно утверж-

дать, что все они поступают в верхние слои почвы путем внесения удобрений и лишь калий и органические вещества способны поступать в корнеобитаемые горизонты из почвообразующей породы [40, 41].

### Заключение

Проведенная оценка эколого-агрохимического состояния почв сельскохозяйственных территорий Калининградской области показала, что содержание тяжелых металлов в корнеобитаемых горизонтах сельскохозяйственных растений находится ниже уровня предельно допустимых концентраций за исключением подвижных форм свинца и никеля. Агрохимические показатели находятся в оптимальном соотношении для выращивания различных сельскохозяйственных культур (рапса, озимой пшеницы, картофеля и т.д.).

Наибольшее загрязнение почв тяжелыми металлами наблюдалось на площадях, находящихся вблизи источников загрязнения (промышленные объекты, автодороги и т.д.). Осуществляемый контроль за загрязнением почв токсичными элементами позволит избежать негативных последствий для здоровья человека и животных.

### Список литературы / References

1. Anyanwu B., Ezejiofor A., Igweze Z., Orisakwe O. Heavy Metal Mixture Exposure and Effects in Developing Nations: An Update. *Toxics*. 2018. Vol. 6. № 4. P. 65. DOI: 10.3390/toxics6040065.
2. Sherameti I., Varma A. Heavy metal contamination of soils. Berlin: Springer, 2015. 497 p.
3. Hu B.F., Chen S.C., Hu J., Xia F., Xu J.F., Li Y., Shi Z. Application of portable XRF and VNIR sensors for rapid assessment of soil heavy metal pollution. *PLoS ONE*. 2017. Vol. 12. № 2. DOI: 10.1371/journal.pone.0172438.
4. Khan S., Cao Q., Zheng Y., Huang Y., Zhu Y. Health risks of heavy metals in contaminated soils and food crops irrigated with wastewater in Beijing, China. *Environmental pollution*. 2008. Vol. 152. № 3. P. 686–692.
5. Lepp N.W. Effect of heavy metal pollution on plants: Effects of trace metals on plant function. Springer Science & Business Media, 2012. 352 p.
6. Sudhakaran M., Ramamoorthy D., Savitha V., Balamurugan S. Assessment of trace elements and its influence on physico-chemical and biological properties in coastal agroecosystem soil, Puducherry region. *Geology, Ecology, and Landscapes*. 2018. Vol. 2. № 3. P. 169–176. DOI: 10.1080/24749508.2018.1452475.
7. Saby N.P.A., Marchant B.P., Lark R.M., Jolivet C.C., Arrouays D. Robust geostatistical prediction of trace elements across France. *Geoderma*. 2011. Vol. 162. № 3–4. P. 303–311.
8. Chang C.Y., Yu H.Y., Chen J.J., Li F.B., Zhang H.H., Liu C.P. Accumulation of heavy metals in leaf vegetables from agricultural soils and associated potential health risks in the Pearl River Delta, South China. *Springer Open Choice*. 2014. 186 (3). P. 1547–1560. DOI: 10.1007/s10661-013-3472-0.
9. Wang S., Wu W., Liu F., Liao R., Hu Y. Accumulation of heavy metals in soil-crop systems: a review for wheat and corn. *Environmental Science and Pollution Research*. 2017. Vol. 24. № 18. P. 15209–15225. DOI: 10.1007/s11356-017-8909-5.

10. Selim H.M. Dynamics and bioavailability of heavy metals in the rootzone. CRC Press, 2011. 298 p.
11. Wang X., Xu Y. Soil heavy metal dynamics and risk assessment under long-term land use and cultivation conversion. *Environmental Science and Pollution Research*. 2015. Vol. 22. № 1. P. 264-274. DOI: 10.1007/s11356-014-3340-7.
12. Путилов А.В. Охрана окружающей среды: учеб. пособие для техникумов. М.: Химия, 1991. 224 с.
13. Putilov A.V. Environmental Protection: Textbook for technical schools. M.: Chemistry, 1991. 224 p. (in Russian)
14. T. Punshon B.P. Jackson A.A. Meharg T., Warczack K., Scheckel M.L. Guerinot Understanding arsenic dynamics in agronomic systems to predict and prevent uptake by crop plants // *HHS Author Manuscripts*. 2017. 581–582: 209–220. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2016.12.111.
15. Ondrasek G., Begić H. B., Zovko M., Filipović L., Meriño-Gergichevich C., Savić R., Rengel Z. Biogeochemistry of soil organic matter in agroecosystems & environmental implications. *Science of The Total Environment*. 2019. Vol. 658. P. 1559–1573.
16. Pratush A., Kumar A., Hu Z. Adverse effect of heavy metals (As, Pb, Hg, and Cr) on health and their bioremediation strategies: a review. *International Microbiology*. 2018. Vol. 21. № 3. P. 97–106. DOI: 10.1007/s10123-018-0012-3.
17. Xing W., Zheng Y., Scheckel K.G., Luo Y., Li L. Spatial distribution of smelter emission heavy metals on farmland soil. *Environmental monitoring and assessment*. 2019. Vol. 191. № 2. P. 115. DOI: 10.1007/s10661-019-7254-1.
18. Панасин В.И. Избранные научные труды: Микроэлементы в земледелии. Калининград: Изд-во БФУ им. И. Канта, 2018. Т. 1. 209 с.
19. Panasin V.I. Selected Works: Trace elements in agriculture. Kaliningrad: BFU im. I. Kanta, 2018. Vol. 1. 209 p. (in Russian)
20. Водяницкий Ю.Н. Загрязнение почв тяжелыми металлами и металлоидами и их экологическая опасность // *Почвоведение*. 2013. № 7. С. 872–881 DOI: 10.7868/S0032180X13050171.
21. Vodyanitskiy Y.N. Contamination of soils with heavy metals and metalloids and its ecological hazard (analytic review) // *Eurasian Soil Science*. 2013. V. 46. № 7. P. 793–801. DOI: 10.1134/S1064229313050153.
22. Панасин В.И. Микроэлементы и урожай. Калининград: ОГУП Калининградское кн. изд-во, 2000. 276 с.
23. Panasin V.I. Trace elements and harvest. Kaliningrad: OGUP Kaliningradskoe kn. izd-vo, 2000. 276 p. (in Russian)
24. Протасова Н.А. Микроэлементы (Cr, V, Ni, Mn, Zn, Cu, Co, Ti, Zr, Ga, Be, Ba, Sr, B, I, Mo) в черноземах и серых лесных почвах Центрального Черноземья. Воронеж: Воронеж. гос. ун-т, 2003. 367 с.
25. Protasova N.A. Microelements (Cr, V, Ni, Mn, Zn, Cu, Co, Ti, Zr, Ga, Be, Ba, Sr, B, I, Mo) in black soils and gray forest soils of the Central Black Soil Region. Voronezh: Voronezh. gos. un-t, 2003. 368 p. (in Russian)
26. Дудин М.Н. Особенности развития сельского хозяйства Калининградской области // *Региональная экономика: теория и практика*. 2016. № 10. С. 92–100.
27. Dudin M.N. Agriculture in the Kaliningrad oblast: Peculiarities of development // *Regional economy: theory and practice*. 2016. № 10. P. 92–100 (in Russian)
28. Панасин В.И., Рымаренко Д.А. Обеспеченность почв микроэлементами и эффективность применения микроудобрений в Калининградской области // *Известия КГТУ*. 2017. № 44. С. 183–190.
29. Panasin V.I., Rymarenko D.A. Provision of soil with trace elements and efficiency of application of micronutrients in the Kaliningrad region // *Izvestia KGTU*. 2017. № 44. P. 183–190 (in Russian)
30. ГОСТ 17.4.1.02-83. Охрана природы. Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения. М.: Стандартформ, 2008. 9 с.
31. ГОСТ 17.4.4.02-84. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. М.: Стандартформ, 2008. 8 с.
32. ГОСТ Р 54650-2011. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО. М.: Стандартформ, 2013. 7 с.
33. ГОСТ 26107-84. Почвы. Методы определения общего азота. М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1985. 12 с.
34. ГОСТ 26213-91. Почвы. Методы определения органического вещества. М.: Издательство стандартов, 1993. 8 с.
35. Вихман М.И., Долинина В.В., Григорович Л.М., Панасин В.И., Шогенов Т.А. Удобрение, технологии и урожай: справочник агронома по химизации земледелия. Калининград: Изд-во БФУ им. И. Канта, 2018. 315 с.
36. Wichmann M.I., Dolina V.V., Grigorovich L.M., Panasin V.I., Shogenov T.A. Fertilizer, technology and harvest: an agronomist's manual on chemicalization of agriculture. Kaliningrad. BFU im. I. Kanta, 2018. 315 p. (in Russian)
37. Минеев В.Г. Агрехимия. М.: Изд-во МГУ, КолосС, 2004. 720 с.
38. Mineev V.G. Agrochemistry. M.: Izd-vo MGU, KolosS, 2004. 720 p. (in Russian)
39. Галанин А.В. Флора и ландшафтно-экологическая структура растительного покрова. Владивосток: ДВО АН СССР, 1991. 272 с.
40. Galanin A.V. Flora and landscape-ecological structure of vegetation. Vladivostok: DVO AN SSSR, 1991. 272 p. (in Russian)
41. Государственный доклад об экологической обстановке в Калининградской области в 2017 г. Калининград, 2018. 201 с.
42. State report on the environmental situation in the Kaliningrad region in 2017. Kaliningrad 2018. 201 p. (in Russian)
43. Панасин В.И., Вихман М.И., Уютов Р.Г., Рымаренко Д.А. Эколого-агрехимические особенности распространения меди и цинка в почвах Калининградской области // *Проблемы агрохимии и экологии*. 2017. № 1. С. 11–15.
44. Panasin V.I., Wichmann M.I., Ujutov R.G., Rymarenko D.A. Ecological and agrochemical features of copper and zinc distribution in the soils of the Kaliningrad region // *Problems of agrochemistry and ecology*. 2017. № 1. P. 11–15 (in Russian)
45. Brian J. Alloway Heavy Metals in Soils: Trace Metals and Metalloids in Soils and their Bioavailability. Springer Science & Business Media, 2012. 614 p.
46. Игнатов В.Г., Сидоренкова Н.К., Потатуева Ю.А. Влияние длительного применения различных форм фосфорных удобрений на накопление мышьяка в почвах и растениях // *Агрехимия*. 2012. № 9. С. 84–96.
47. Ignatov V.G., Sidorenkova N.K., Potatueva U.A. Effect of long-term use of various forms of phosphate fertilizers on arsenic accumulation in soils and plants // *Agrochemistry*. 2012. № 9. P. 84–96 (in Russian)
48. Wiczeorek J., Baran A., Urbański K., Mazurek R., Klimowicz-Pawlas A.. Assessment of the pollution and ecological risk of lead and cadmium in soils. Springer Open Choice. *Environ Geochem Health*. 2018. 40(6): 2325–2342. DOI: 10.1007/s10653-018-0100-5.
49. Макаров О.А. Состояние почвы как объект экологического нормирования окружающей природной среды: дис. ... докт. биол. наук. Москва, 2002. 534 с.
50. Makarov O.A. Soil condition as an object of environmental regulation of the environment: dis. ... dokt. biol. nauk. Moscow, 2002. 534 p. (in Russian)
51. Tsadilas C., Rinklebe J., Selim M. Nickel in Soils and Plants. CRC Press, 2018. 391 p.
52. Kabata-Pendias A. Trace elements in soils and plants. CRC Press, 2000. 432 p.
53. В. Орленок. Калининградская область: Атлас мира. Калининград: Мастерская «Коллекция», 2011. Т. 20. 96 с.
54. Orlenok V. Kaliningrad region: world atlas. Kaliningrad: Workshop «Collection», 2011. V. 20. 96 p. (in Russian)
55. Glazovskaia M.A. Soil-geographical and landscape-geochemical investigations, published for the U.S. Dept. of Agriculture, Soil Conservation Service and the National Science Foundation, Washington, 1976. 237 p.
56. Панасин В.И. Почвенно-агрехимические аспекты распространения микроэлементов в агроландшафтах // *Почвы Калининградской области: исследования, использование, оценка современного состояния*. Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ», 2015. С. 71–79.
57. Panasin V.I. Soil and agrochemical aspects of the distribution of trace elements in agricultural landscapes // *Soils of the Kaliningrad region: research, use, assessment of the current state*. Izdatelstvo FGBOU «KGTU», 2015. P. 71–79 (in Russian)