

USE AND PROTECTION OF NATURAL RESOURCES OF RUSSIA

SCIENTIFIC, INFORMATIVE AND ANALITICAL BULLETIN

№ 3 (171)/2022

NATURE

Common Problems of Nature Management
Mineral Resources
Water Resources
Land Resources
Forest Resources
Biodiversity
Biological Resources of Land
Water Biological Resources
Climatic Resources
Recreational Resources and Special Protected Natural Areas
Environmental Protection
Cartography

AGRICULTURAL RESOURCES AND FOOD SECURITY

Food Security
Feed Resources
Soils
Agrolandscapes
Agroecology
Agroeconomics

EDITORIAL BOARD:

A.I. Bedritsky, V.A. Belyaev, A.N. Chumakov, N.N. Dubenok, A.G. Ischkov, N.S. Kasimov, V.N. Lopatin, L.V. Oganessian, S.A. Ostroumov, G.S. Rozenberg, N.G. Rybalsky (chief editor), A.V. Shevchuk, S.A. Shoba, E.A. Shvarts (vice editor-in-chief), A.A. Sirin, V.V. Snakin (vice editor-in-chief), A.A. Tishkov, V.Y. Zharnitskiy

EDITORIAL COUNCIL:

S.V. Belov (Mineral Resources), R.S. Chalov (Water Resources), M.M. Cherepansky (Gidrogeology), G.M. Chernogaeva (Climatic Resources), S.I. Nikonov (Water Biological Resources), N.G. Rybalsky (Common Problems of Nature Management, Environmental Protection), E.V. Shorohova (Forest Resources), E.A. Shvarts (Recreational Resources and SPNA, Biodiversity), A.V. Smurov (Biological Resources of Land), I.A. Sosunova (Social Ecology, Society and Nature), S.A. Stepanov (Environmental Education and Culture), V.S. Tikunov (Cartography), N.F. Tkachenko (FEC), I.A. Trofimov (Geobotany and Agroecology), A.S. Yakovlev (Land Resources)

EDITORIAL STAFF:

I.S. Muravyeva, V.V. Bryzgalova, E.A. Eremin

NATIONAL INFORMATION AGENCY «NATURAL RESOURCES»

108811, Moscow, tow. settl. Moscovsky, mailbox 1627, NIA-Priroda
Phone 8 (903) 721-43-65, e-mail: nia_priroda@mail.ru, www.priroda.ru,
Registration certificate № 03206 of 19th November, 1997

*The Bulletin is included in the list of peer-reviewed scientific journals of the Higher Attestation Commission
(of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation)*

В ЭТОМ ВЫПУСКЕ

ПРИРОДА

Общие вопросы природопользования

В.В. Снакин. Неустойчивость природных процессов: глобальный климат3

Минеральные ресурсы

С.В. Белов. О военно-геологическом и геоэкологическом обеспечении специальной военной операции на Украине12

С.Ю. Фомин, В.А. Кудряшов. Роль геотермального теплоснабжения в энергетике Камчатского края16

Водные ресурсы

Г.Ю. Толкачёв, Б.И. Корженевский. Оценка загрязнения тяжелыми металлами донных отложений ряда притоков и заливов Иваньковского водохранилища25

Земельные ресурсы

А.В. Русаков, А.И. Попов, Ю.В. Симонова, А.Г. Рюмин, Д.М. Мишин. Изменение структурного состояния и некоторых свойств почв разновозрастных залежей Ярославского Поволжья в контексте оценки земельных ресурсов региона32

Биоресурсы суши

Д.Г. Федорова, Б.С. Укенов. Сравнительная характеристика водного режима некоторых видов рябин при интродукции в Оренбуржье44

Водные биоресурсы

Н.В. Кузнецова, А.В. Здрок, В.В. Воронцов. Макрофиты озера на территории государственного заказника «Журавлиная родина»48

Климатические ресурсы

Н.Н. Дубенко, А.В. Лебедев, С.А. Чистяков. Влияние климатических изменений на динамику природных процессов в заповеднике «Кологривский лес»52

Рекреационные ресурсы и ООПТ

Н.М. Лоскутова, Д.В. Наумкин. Тетеревиные птицы заповедника «Басеги» (Пермский край): ресурсы, динамика численности, тенденции57

Охрана окружающей среды

М.А. Никитенкова. Цифровизация экологии в условиях непредсказуемости и рисков63

О.Б. Наполов, А.П. Кулаков. Критерии типизации различных экологических ситуаций на муниципальном уровне66

Картография

М.В. Захарова. Проектирование гидрологической карты Калужской области для целей обучения физической географии70

АГРОРЕСУРСЫ И ПРОДОВОЛЬСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Продовольственная безопасность

Д.М. Хомяков, Д.А. Азиков. Почвенные ресурсы и минеральные удобрения как фактор реализации Стратегии развития агропромышленного комплекса России на период до 2030 года76

Почвы

Т.А. Трифонова, Е.П. Быкова, Н.В. Орешникова, Н.В. Мищенко, Н.П. Маткина, П.С. Шутков. Почвенно-экологическое районирование Окского бассейна84

Агроландшафты

П.М. Сапожников, С.Е. Зубарева, Н.И. Данилова. Кадастровая стоимость земель агроландшафтов европейской территории арктической зоны России, севера Сибири и Дальнего Востока97

Агроэкология

Н.Р. Крючков, О.А. Макаров. Эрозионный потенциал рельефа (LS-фактор) Волгоградской области107

Р.Р. Газетдинов, Г.Х. Абдулгафарова. Определение содержания кобальта в системе почва-растение-животное114

Агрономия

В.Н. Башкин. Оценка величин азотминерализующей способности в различных почвенно-экологических регионах117

Агроэкономика

С.В. Ламанов, М.Р. Ли, Р.А. Ромашкин, Т.В. Сурганова. Перспективы формирования двухуровневой системы агрологистических центров в условиях новых вызовов для АПК России123

Юбилей

Н.Г. Рыбальский, И.А. Трофимов, Е.В. Муравьёва. Уникальные длительные опыты по луговодству — национальное достояние России (к 100-летию Государственного лугового института)131

Календарь мероприятий137

Общие вопросы природопользования

УДК 551.588

Неустойчивость природных процессов: глобальный климат

В.В. Снакин, д.б.н. проф.,

Институт фундаментальных проблем биологии РАН, Музей земледения МГУ

В работе рассмотрены изменения природной среды и дискуссионные вопросы взаимосвязи различных глобальных природных процессов на примере изменений климата. Подчеркивается сложность этих взаимоотношений и субъективность прогнозирования изменений природной среды. Показано, что гипотеза парникового эффекта не может быть основополагающей для принятия природоохранных решений. Течение природных процессов, как и в целом эволюция биосферы, имеет неустойчивый, циклический характер, реализуемый по своим законам. Роль антропогенного фактора слишком часто представляется преувеличенной, что приводит к неоправданным экономическим решениям, используется в политических целях и, к сожалению, способствует потере доверия населения к науке. При этом человечество, как закономерный продукт развития природы, выполняет свою миссию в дальнейшей эволюции биосферы.

Ключевые слова: глобальные изменения природной среды, глобальное потепление, изменение уровня моря, таяние ледников, экологическое прогнозирование, экологический алармизм, неустойчивость развития, парниковый эффект, «озоновые дыры», антропогенный фактор, геоинжиниринг.

Введение. Глобальные природные процессы (ГПП) — повсеместно происходящие в биосфере процессы, вызывающие изменения природной среды и функционирования живого вещества, обуславливающие в конечном итоге эволюцию жизни на Земле. К их числу относятся: *космические процессы* (космическое и солнечное излучения, падение астероидов и т. п.); *геологические процессы*, являющиеся непосредственными участниками эволюции биосферы (тектоника, вулканизм, землетрясения, геоморфологические и др.); *климатические изменения* (потепление, опустынивание, оледенение); *продукционный процесс* (хемосинтез и фотосинтез); *динамика биоразнообразия* (видообразование и вымирание видов); *цефализация*, обеспечившая появление сознания и развитие науки, основного инструмента трансформации биосферы в ноосферу; *преобразование природы человеком* (изменения ландшафтов и биогеохимического круговорота, загрязнение природных сред и др.).

Движущие силы ГПП подразделяют на внешние и внутренние. Соответственно, развитие биосферы может быть *аутогенным* (преимущественно под воздействием внутренних сил), т.е., по сути,

саморазвитием, или прогрессивным развитием, и *аллогенным* (под воздействием внешних сил), что часто носит кризисный характер (например, в результате катастроф: извержений вулкана, падения астероида, землетрясений, вспышек солнечной активности и т. п.). Закономерности этих двух сменяющих друг друга эволюционных путей различны, часто противоположны [1]. Так, при аутогенном развитии возрастает стабильность систем и уменьшается их устойчивость к внешним воздействиям; при аллогенном — несмотря на нестабильность системы, ее устойчивость возрастает, закаляясь от внешних воздействий; в условиях аллогенного развития преимущество у пионерных видов, при аутогенном — у конкурентоустойчивых климаксных видов [1, 2 и др.].

Анализ механизмов, закономерностей ГПП и научно обоснованный прогноз их последствий позволяет эффективно преодолевать возникающие экологические проблемы.

Механизмы и закономерности ГПП. Механизмы ГПП определяют течение эволюционных процессов, а их разбалансированность, в т. ч. обусловленная деятельностью человека и природными катастрофами, вызывает *глобальные экологиче-*

ские проблемы. Поэтому так необходимо стремиться выявить реальные механизмы и закономерности функционирования природных систем и биосферы в целом. Но непрерывно протекающие циклические и аperiodические процессы на Земле и во Вселенной самой различной природы и длительности делают картину динамики природных процессов, в т. ч. и климата сложной и многогранной. Глобальные потепления сменяются периодами глобального похолодания, пульсирует озоновый слой планеты, появляются и исчезают биологические виды, каждый из которых пытается изменить окружающую среду в свою пользу, в то время как силы природы препятствуют этим изменениям.

Очень метко об особенностях природных процессов высказался один из величайших физиков XIX в. француз Огюстен Жан Френель (1788–1827): *«Создаётся впечатление, что природа как бы издевается над нашими аналитическими затруднениями: применяет она лишь простые средства, но их сочетание порождает почти неразрешимую путаницу»*.

Целью наших аналитических усилий является именно установление законов, механизмов, по которым работают природные процессы. Но это трудно достижимая задача даже в физике. Мы пользуемся абстракциями разной степени приближения к истинной картине мира. Достаточно вспомнить, как ступенчато и далеко от реальности человек постигает структуру атома (от планетарной модели Нильса Бора до более сложных в квантовой механике), насколько сложно представить поток света одновременно как волновое явление и поток частиц — корпускул. В относительно молодой науке экологии все намного неопределенней и гораздо менее точно.

Важно также понимать большую долю субъективности при формировании человеком законов природы и особенно при прогнозировании. Практика подтверждает тезис Эммануила Канта (1724–1804) о том, что *«Разум не черпает своих законов из природы, а предписывает их последней»*.

О вариативности прогнозирования. Любое предсказание недостоверно по определению, поскольку весьма трудно учитывать множество определяющих будущее факторов.

Прогноз в значительной степени зависит от точки зрения прогнозиста и взятых им за основу данных. Поэтому, например, прогнозы дальнейших изменений температуры показывают противоречивую картину: как возможного дальнейшего роста приповерхностной температуры воздуха, так и её уменьшения в зависимости от времени аппроксимации кривых рядов наблюдений и взятой за основу прогноза длительности обнаруженных ранее циклов изменения климата.

Так, анализируя кривую изменения глобальной температуры с 1800 г., можно на основании линейной аппроксимации всей кривой получить

прогноз роста температуры к 2100 г. в 0,8 °С. Если анализировать период с 1980 по 2000 г., то к 2100 г. прогноз повышения температуры составит 3°С (такой подход почему-то за основу взяла Межправительственная группа по изменению климата — IPCC). Если для анализа взять участок синусоиды 2000–2010 гг., как сделали сотрудники Арктического и антарктического НИИ Росгидромета, можно получить отрицательный прирост температуры (рис. 1, см. Вклейку).

Для территории России при использовании температурного тренда 1985–2015 гг. (рис. 2, см. Вклейку) к 2030 г. можно прогнозировать потепление более чем на 4°С, а если взять более долгосрочный тренд 1936–2015 гг. — то только на 0,5°С за 100 лет. Другие взятые для анализа периоды могут дать противоположный результат.

Попытаемся проанализировать ситуацию с изменениями глобальных природных процессов и вызывающих их факторов с различных точек зрения на примере остро обсуждаемых сейчас глобальных изменений климата.

Глобальные изменения климата — часть глобальных изменений природной среды, обусловленная изменениями теплового баланса атмосферы, циркуляции вод океана и круговорота воды, флуктуациями солнечной активности, инсоляцией, антропогенными и другими факторами.

Главная задача в этом отношении — попытаться понять главную причину таких изменений, понять, насколько долгосрочный этот тренд и каковы его реальные причины при столь большом количестве действующих факторов.

Динамика температуры атмосферы Земли за последние двести лет представлена на рис. 3 (см. Вклейку). Очевидно, что, несмотря на большую степень стохастичности, начиная примерно с 1910 г. наблюдается тренд к потеплению климата на Земле.

Для объяснения наблюдающегося за последнее столетие потепления атмосферы Земли на 0,5–1°С выдвинуты десятки гипотез, объясняющих это явление самыми разными причинами.

Поскольку главным источником тепла на Земле является поток солнечной энергии, постоянно изменяющийся по своим законам (рис. 4 и 5, см. Вклейку), то было бы вполне естественно связать такое потепление преимущественно с изменениями инсоляции.

Реальное поступление солнечного излучения на Землю (инсоляция) зависит не только от динамики солнечной активности, но и от динамики вращения Земли вокруг Солнца и вокруг своей оси, а также от прозрачности атмосферы Земли, отражающей способности ее поверхности (альбедо) и других причин. Кроме того, на температуру атмосферы влияет также такой важный земной фактор как вулканизм, не только за счёт дополнительного поступления тепла и углекислого газа из

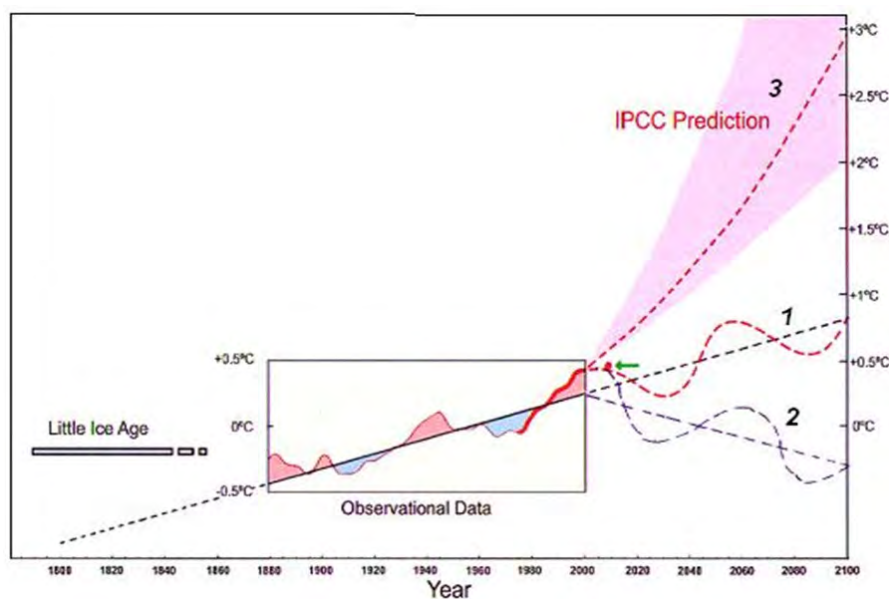


Рис. 1. Наблюдаемые и прогнозируемые изменения глобальной температуры:
1 – по данным [3]; 2 – по материалам ААНИИ; 3 – по прогнозу на основании климатической модели IPCC [4]

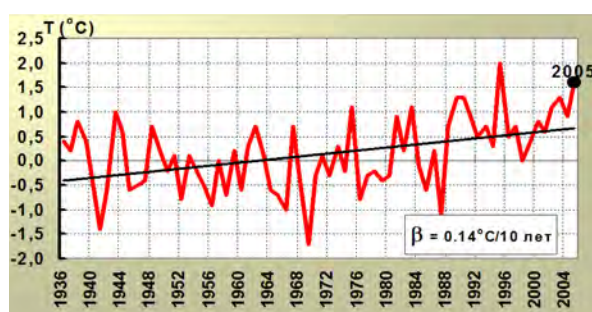


Рис. 2. Аномалии осреднённой по территории России среднегодовой температуры воздуха за 1936-2005 гг. (по данным ИГКЭ им. Ю.А. Израэля)



Рис. 3. Глобальный индекс температур суши и океанов (<https://smart-lab.ru/uploads/images/02/58/00/2019/09/28/09832b.png>)

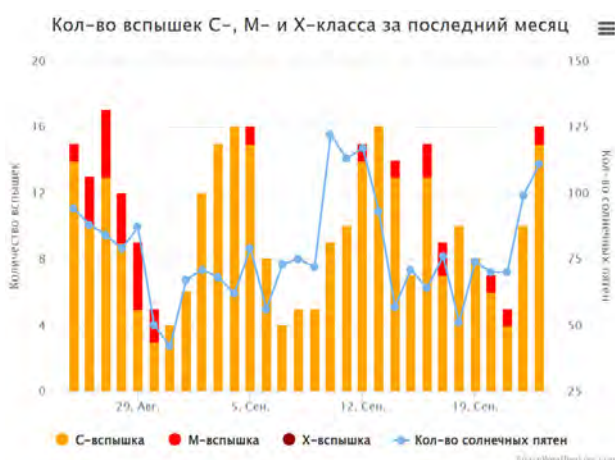


Рис. 4 и 5. Изменение уровня излучения и количества вспышек на Солнце (по данным SpaceWeatherLive.com) (Real-time auroral and solar activity)

Рис. 7. Изменения содержания атмосферной пыли, температуры, концентрации углекислого газа и метана в атмосфере, инсоляции и уровня моря за последние 420 тыс. лет (по данным ледяного керна станции «Восток» в Антарктике livejournal.com)

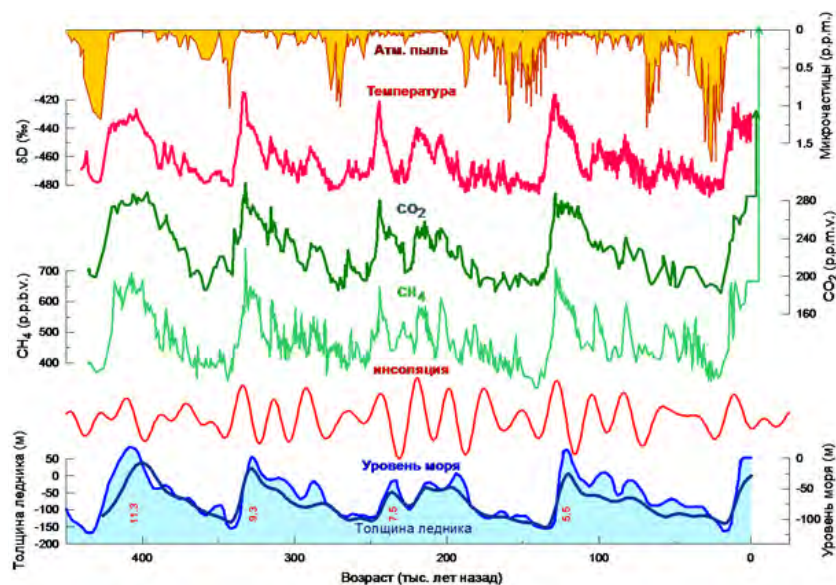


Рис. 11. Соплассующая динамика глобального уровня моря, измеренная с помощью футштоков (1807-2002) и искусственных спутников (1993-2006), показывающая средний рост уровня моря примерно на 7 дюймов за столетие при наличии трендов в 9, 0, 12, 0 и 12 дюймов за столетие соответственно [13]

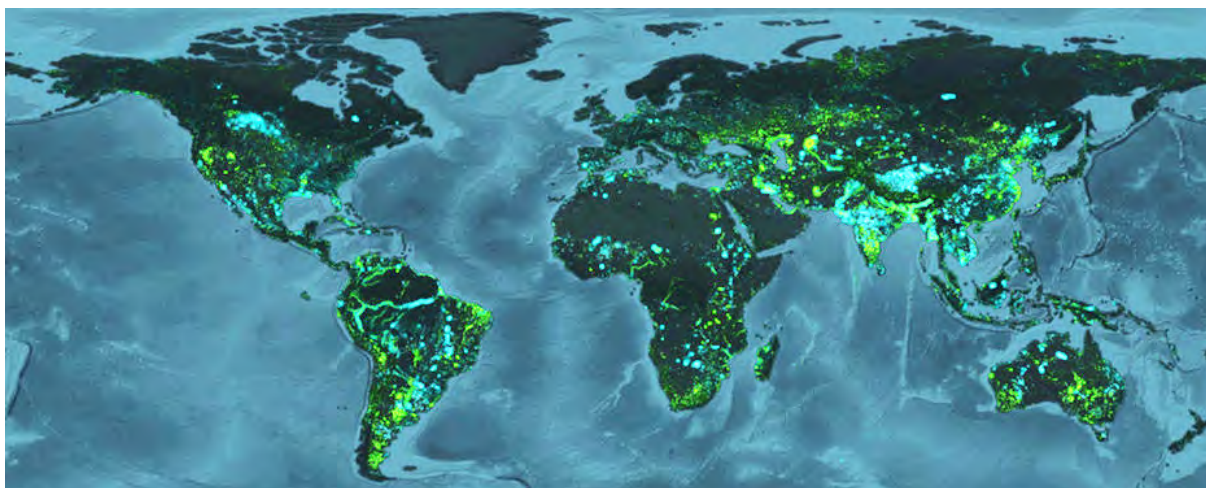
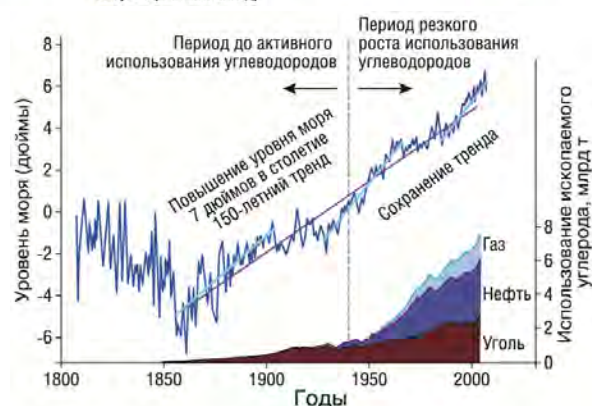
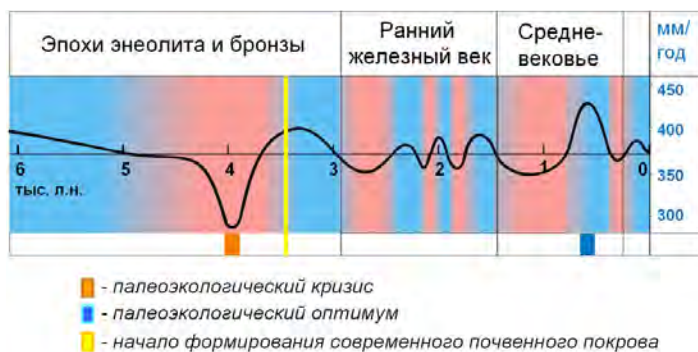


Рис. 12. Затопленные территории (голубой цвет) и новая суша (зеленый цвет)

Рис. 13. Динамика увлажнённости климата сухих степей Восточной Европы за последние 6 тыс. лет (реконструкция по данным сравнительного анализа свойств палеопочв, погребённых под курганными насыпями в эпохи энеолита, бронзы, раннего железа и средневековья в хроноинтервале IV тыс. лет до н.э.-XIV в. н.э.) [18]



недр Земли, но и из-за изменения прозрачности атмосферы.

По этой причине для объяснения наблюдающегося за последнее столетие потепления атмосферы Земли на $0,5\text{--}1^\circ\text{C}$ вполне разумно рассматривать именно эти естественные причины.

Гипотеза парникового эффекта. Однако, как известно, из всех предложенных гипотез о причинах современного потепления самой распространенной и буквально навязываемой определенными промышленными и политическими кругами стала гипотеза так называемого парникового эффекта, основанная на совпадении современных трендов роста температуры (см. рис. 3) и концентрации углекислого газа в атмосфере (рис. 6). Формальным объяснением механизма такой взаимосвязи стало утверждение, что повышение концентрации углекислого и других т. н. парниковых газов приводит к задержке отраженного солнечного тепла атмосферой Земли и соответственно к росту температуры. Поскольку рост содержания углекислого газа в атмосфере связали с деятельностью человека за счет сжигания углеродсодержащего топлива (древесина, уголь, нефтепродукты, природный газ), то и вину за потепление возложили на антропогенный фактор.

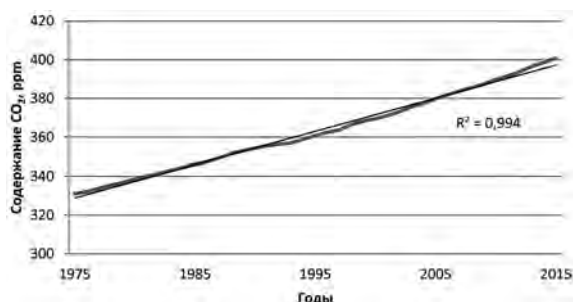


Рис. 6. Многолетняя изменчивость содержания углекислого газа в атмосфере (по данным Национального управления США по исследованиям океана и атмосферы)

В длительном периоде истории биосферы (420 тысяч лет) взаимосвязь температуры и содержания углекислого газа в атмосфере показана на рис. 7 (см. Вклейку). Та же тесная связь отражена и на рис. 8 за более короткое время.

Наблюдаемое изменение этих параметров абсолютно синхронно, как будто нет других факторов (других парниковых газов и, прежде всего паров воды, концентрация которых в атмосфере зависит прежде всего от температуры, и т. п.). Однако отмечаемая синхронность изменений обоих параметров не отвечает на вопрос, что является первопричиной?

Итак, согласно гипотезе «парникового эффекта» рост содержания CO₂ в атмосфере обуславливает повышение её температуры. Тем не менее много установленных наукой фактов противоречит такому положению:

- синхронные колебания этих параметров в наблюдаемых в настоящее время пределах происходили раньше в отсутствие сколь либо серьёзной хозяйственной деятельности;
- результаты исследований датских метеорологов, обнаруживших корреляцию между длительностью солнечных циклов и температурой Северного полушария (20), свидетельствуют о влиянии гелиокосмических факторов на климат и заставляют усомниться в правильности концепции, объясняющей наблюдаемое потепление в основном антропогенным фактором [6];
- оценки IPCC роли антропогенных выбросов углекислого газа завышены: так, на 2014 г. выбросы от ископаемого топлива составили 4,6 ppm/год против 98 ppm/год от природных явлений, т.е. менее 5% от естественных выбросов нашей планеты (возможно, следствием этого является низкая природоохранная эффективность предусмотренных Парижским соглашением мероприятий) [7];

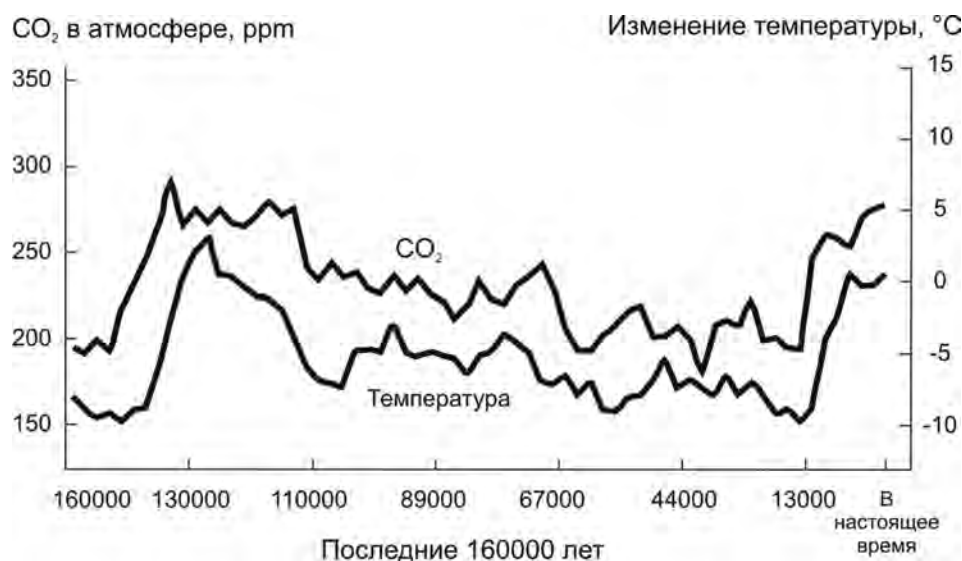
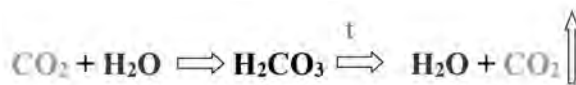


Рис. 8. Динамика за последние 160 тыс. лет концентрации углекислого газа в атмосфере и температуры, обнаруженная при химическом анализе «ископаемого воздуха» [5]

- сопряжённый анализ динамики солнечной активности и приповерхностной температуры воздуха, проведенный сотрудниками географического факультета МГУ, свидетельствует, что потепление преимущественно обусловлено динамикой инсоляции Земли [8 и др.]; динамика содержания углекислого газа в атмосфере, отраженная на рис. 6, имеет тот же тренд за эти годы, что и ход показателя инсоляционной контрастности, которая определяется небесно-механическими процессами (рис. 9) [9];
- согласно законам физической химии именно повышение температуры является причиной роста содержания углекислого газа в атмосфере за счет её меньшей растворимости в водах океана при повышении температуры [10] согласно уравнению:



Именно в океане в растворенном виде находится основная часть углекислого газа биосферы, превышающая в 60 раз его содержание в атмосфере. О выделении углекислого газа и метана из океана при потеплении свидетельствуют, например, данные исследований [11].

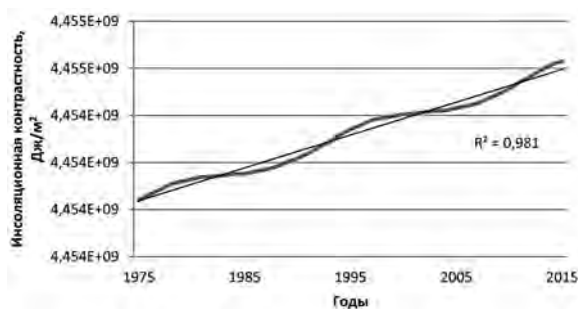


Рис. 9. Многолетняя изменчивость инсоляционной контрастности и ее линейный тренд [9]

Таким образом, причина и следствие оказались перевернутыми с ног на голову!!! Концентрация углекислого газа в атмосфере регулируется Мировым океаном. И именно потепление на Земле вызывает рост концентрации углекислого газа за счет выделения из Мирового океана, где в растворенном виде находится основная часть углекислого газа биосферы, превышающая в 60 раз его содержание в атмосфере.

Эти обстоятельства и ряд других соображений («несоответствие ни математическим, ни законам теоретической физики» [12]) ставят под сомнение возможность использования гипотезы парникового эффекта для анализа изменений климата планеты.

Рассмотрим еще два аспекта глобальных изменений природной среды, обусловленных таянием ледников и изменениями уровня Мирового океана.

Причину ускорения таяния ледников многие исследователи также видят в увеличении концен-

трации углекислого газа в атмосфере за счет деятельности человека. Однако многие факты не согласуются с такой точкой зрения (рис. 10). Основным источником таяния льда, зависящего, прежде всего, от температуры и осадков — солнечное излучение. Сопоставление с динамикой использования углеводородов не показывает взаимосвязь этих процессов: тренд таяния льда начался задолго до активной эксплуатации углеводородов, перелом в этой эксплуатации в 50-х гг. XX в. не отразился на динамике таяния [13].

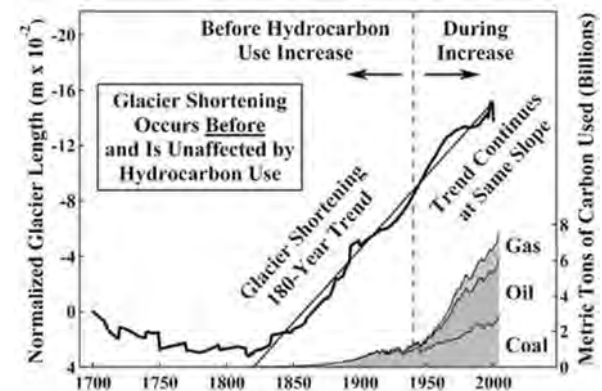


Рис. 10. Динамика длины 169 ледников с 1700 по 2000 гг. [13]

Отмечается также, что в период современного потепления, продолжающегося более 150 лет, существуют ледники, увеличивающие свои размеры [14].

Изменение уровня Мирового океана. По оценкам, в XX в. таяние континентальных ледниковых масс привело к повышению уровня моря на 10–20 см, при средней скорости роста 1–2 мм в год. Сообщается также, что после 2004 г. рост уровня прекратился, а по более поздним данным учёных США, только за один год (2010/2011) уровень океана понизился на 5 мм [15].

Исследование американских учёных (рис. 11, см. Вклейку) показало, что тренд роста уровня океана отстаёт от роста температуры и был значительно больше до активного использования углеводородного сырья, что свидетельствует об отсутствии взаимосвязи между анализируемыми процессами [13].

Проведённый в работе [16] анализ изменения уровня Мирового океана на основе расчётов инсоляции Земли показал, что изменения этого уровня более чем на 95% определяются динамикой инсоляции.

Изменение площади поверхности суши. Прогнозируемый многими исследователями рост уровня Мирового океана с неизбежностью должен вызывать сокращение площади суши. Тем не менее, имеющиеся данные свидетельствуют, что за последние 30 лет в условиях потепления климата площадь суши увеличилась на ~58 тыс. км² (рис. 12, см. Вклейку) [17]. Таким образом, несмотря на постоянно меняющуюся конфигурацию суши вследствие самых различных причин (эндогенная активность Земли, движение материков,

вынос твёрдых материалов реками, таяние ледников, деятельность человека по наращиванию суши и др.), наблюдаемое потепление климата не привело к сокращению площади суши и уж во всяком случае речь никак не может идти о новом «всемирном потопе».

Приведенные сведения по масштабам таяния ледников и изменению уровня Мирового океана не подтверждают основополагающую роль антропогенного фактора в негативных изменениях глобального климата.

Нестабильность и цикличность ГПП. Для ГПП характерно неравномерность, необратимость и не свойственна стабильность (устойчивость). *Цикличность развития* выражается в том, что поступательное (прогрессивное) развитие осуществляется не по прямой восходящей линии, а путём циклов, в процессе которых на всё более высокой основе повторяются основные черты пройденных стадий. Практически все ГПП подвержены цикличности: суточной, сезонной, многолетней. Цикличны количество штормов на Байкале, колебания уровней Каспийского и Аральского морей (как и Ладоги на севере России, озера Виктория в экваториальной Африке), оледенение и таяние ледников, засухи, наводнения. Цикличны изменения концентрации углекислого газа в атмосфере Земли и температуры воздуха.

Цикличность климата обуславливает многие процессы в человеческом социуме: миграцию народов, динамику сельскохозяйственного производства, даже гибель цивилизаций. Цикличности подвержены и развитие мировой экономики (напр., циклы Кондратьева), и всплески заболеваемости населения, и вспышки плодовитости насекомых. Во многих случаях такая цикличность развития обусловлена синхронизацией с солнечной активностью, в других — космическими процессами более высокого порядка или процессами чисто земного происхождения. Имеющиеся данные также свидетельствуют о разнонаправленности глобальных изменений климата в различных регионах и взаимосвязанности этих изменений с изменением инсоляции Земли вследствие естественной цикличности инсоляции.

Одним из примеров циклов в природных процессах является динамика увлажнения степей в Восточной Европе (рис. 13, см. Вклейку), полученная по итогам исследования палеопочв [18].

В целом для эволюционного процесса *характерны нестабильность, скачкообразность (сальтационизм) и не свойственна устойчивость*.

Для анализа климатических изменений важно также отметить, что современный длиннопериодный тренд климата на Земле — похолодание! Гляциологи утверждают, что общая тенденция изменения температуры на Земле направлена в сторону похолодания, и в перспективе человечество может

встать перед проблемой глобального снижения температуры [19 и др.].

Об этом же писал В.И. Вернадский: «Ледниковый период не закончился и длится до сих пор. Мы живём в период межледниковом — потепление ещё продолжается, — но человек так хорошо приспособился к этим условиям, что не замечает ледникового периода...» [20, с. 34].

Если так, то человечеству (особенно жителям северных территорий) следует быть благодарным исторически короткому периоду современного потепления!

Следует заметить, что обвинения углекислого газа в «биосферных грехах» достигли беспрецедентных масштабов. При этом забывается, что углекислый газ — один из важнейших факторов, обеспечивающих функционирование жизни на Земле, биопродукционный процесс, а углерод — основной элемент органического мира.

Главный для биосферы процесс фотосинтез возник более миллиарда лет назад, когда концентрация CO_2 в воздухе была значительно больше, чем сейчас. Продукционный процесс на Земле в настоящее время обусловлен именно наличием углекислого газа в атмосфере, где чем его больше, тем выше продуктивность растений (рис. 14). При этом для повышения урожайности культур в теплицах специально повышают концентрацию углекислого газа до нетоксичных для человека величин.

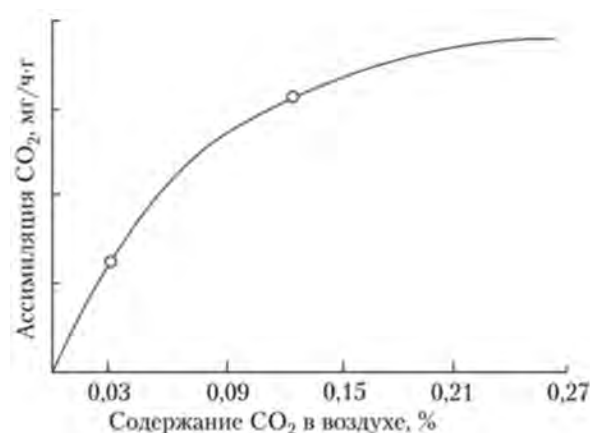


Рис. 14. Зависимость интенсивности фотосинтеза хвойных деревьев от концентрации углекислого газа в воздухе [21]

Роль антропогенного фактора. В последние годы очень часто во всех изменениях в природе пытаются обвинить злополучный антропогенный фактор. Действительно, человек, как и любой другой вид, изменяет природную среду в свою пользу, и эти его действия носят уже всеобщий, по сути, характер. Достаточно вспомнить о проблеме глобального загрязнения практически всех основных природных сред.

Действительно, к настоящему времени биосфера стала для человечества единым жизненным пространством, преобразаясь как внешне, так

и по самой сути происходящих в ней процессов благодаря интенсификации природопользования и направляющего воздействия науки, играющих роль ускорителя эволюционных процессов на планете [22]. В то же время слишком часто обвинения антропогенного фактора в некоей злонамеренности явно преувеличены. К сожалению, нередко это носит заказной характер и обусловлено политическими и экономическими причинами. Одним из источников такого преувеличения является отмеченная выше существенная доля волюнтаризма при использовании результатов прогнозирования.

Примером неоправданного обвинения антропогенного фактора является история с так называемыми «озоновыми дырами», в увеличении которых обвинили используемые в холодильной промышленности озоноразрушающие вещества (преимущественно хлор- и фторсодержащие фреоны), реагирующие с озоном и тем самым истончающими озоновый слой, защищающий биосферу от губительного жесткого ультрафиолетового излучения. Американские химики Ш. Роуланд, М. Молина и их немецкий коллега П. Крутцен предположили, что фреоны, соединяясь с озоном озоносферы, превращают его в обычный кислород, тем самым уничтожая полезные свойства озонового слоя. Несмотря на недоказанность этого положения, они были в 1995 г. удостоены Нобелевской премии «за работу по химии атмосферы, особенно в связи с образованием и разрушением озона». Уже с 1985 г. модельные расчёты на основании этой широко распространившейся гипотезы, положенной в основу Монреальского протокола по веществам, разрушающим озоновый слой (1987), стали резко расходиться с данными, получаемыми в результате непосредственного наблюдения. В результате все усилия по «спасению озонового слоя» оказались напрасными. «Озоновые дыры» стали сокращаться по своим естественным причинам, тем более что самая большая из них была в зоне наименьшего воздействия антропогенного фактора — над Антарктикой. При этом условия выполнения Монреальского протокола оказались тяжелыми для России: отечественная холодильная промышленность была разрушена.

Успешное решение проблемы отрицательного воздействия глобальных изменений климата для человечества во многом *зависит от природы этих изменений*. Если в основе наблюдающегося потепления климата лежит антропогенный фактор, влияние растущих промышленных выбросов так называемых парниковых газов, то вполне естественным представляется путь совершенствования технологий, сокращения выбросов, сбросы, отходы. И это в любом случае позитивный путь уменьшения антропогенного пресса, улучшения экологической ситуации.

Однако насколько эффективен этот путь в смысле предотвращения или хотя бы сокраще-

ния потепления? Насколько эффективной оказалась деятельность в рамках Киотского протокола и последовавшего за ним Парижского соглашения по климату к Рамочной конвенции ООН об изменении климата?

Но если потепление климата — результат действия естественных причин, то на этом пути вовсе не стоит ожидать значительных успехов. Если реально доказано отрицательное влияние современного потепления климата на цивилизацию, то гораздо эффективнее могут оказаться методы смягчения климата и сдерживания его потепления, адаптации к отрицательным изменениям климата, а, следовательно, стабилизации современного климата, в том числе с помощью *геоинжиниринга*.

В целях смягчения изменений климата представляются перспективными *технологии сохранения климата*, в т. ч. предлагаемые отечественными учёными [23]:

- отражение прямого солнечного излучения: отражение в космос части прямого солнечного излучения, падающего на атмосферу, с помощью высокодисперсных аэрозолей (в нижней части стратосферы) или космическими методами (создание в космосе устройств, отражающих излучение);
- увеличение отражённого инфракрасного солнечного излучения: разведения лесов и иной растительности, изменения альбедо земной поверхности, рассеяние путём преобразования облачности;
- использование в экономике методов получения энергии или иного полезного продукта без выделения парниковых газов, например с использованием атомной энергетики, и др.

Закключение. В научных исследованиях, связанных с глобальными изменениями климата, накоплено большое количество фактов, находящихся в противоречии с гипотезой парникового эффекта. Это обстоятельство ставит под сомнение возможность использования этой гипотезы для анализа изменений климата планеты и особенно для принятия соответствующих природоохранных решений.

Нисколько не уменьшая роль антропогенного фактора в негативных (с позиции современного человека) изменениях окружающей среды, следует отметить, что в международных документах по оценке изменений окружающей среды (например, в Монреальском и Киотском протоколах) преобладает преувеличенное представление о влиянии человека на природу.

Многие негативные явления в окружающей среде реально вызваны деятельностью человека, приобретающей всё более мощные масштабы. Загрязнение атмосферы, замусоривание суши и океана, деградация почв, сведение лесов — действительно опасные, прежде всего для самого человека, процессы, которые необходимо сводить

до минимума, развивая новые щадящие природу технологии.

Но в ряду негативных для человека явлений в климатической системе важно выделить не зависящие от него процессы, чтобы не уподобиться борьбе с «ветряными мельницами» и более эффективно управлять тем, что мы можем изменить с пользой для себя и биосферы в целом!

Глобальный рост температуры, содержания углекислого газа в атмосфере, ускорение таяния ледников преимущественно связаны с динамикой инсоляции Земли. В целом существенные изменения климата происходят медленно, их последствия

различны в разных регионах Земли и поэтому в настоящее время нет оснований говорить о катастрофическом влиянии глобальных изменений климата на биосферу и общество в целом.

Человечество живёт в изменяющейся окружающей среде; похолодание климата сменяется потеплением, истощаются многие природные ресурсы, но именно научные исследования предоставляют новые возможности для адаптации человека к непостоянным условиям биосферы. Для принятия практических мер по компенсации глобальных изменений среды необходим взвешенный подход, основанный на достоверных научных фактах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Красилов В.А. Охрана природы: принципы, проблемы, приоритеты. — М.: ВНИИприроды, 1992. — 173 с.
2. Снакин В.В. Глобальные тенденции в эволюции биосферы // *Век глобализации : исследование соврем. глоб. процессов*. 2014. №2. — С. 3–13.
3. Akasofu S.-I. Natural Components of the Recent Climate Change // International Arctic Research Center, University of Alaska, Fairbanks, 2009. URL: <http://www.webcommentary.com/docs/2natural.pdf>.
4. Гудкович З.М., Карклин В.П., Смоляницкий В.М., Фролов И.Е. Переход от потепления к похолоданию климата Земли как результат действия естественных причин // *Глобальные экологические процессы / Под ред. В.В. Снакина*. — М.: Academia, 2012. — С. 23–31.
5. Вайцеккер Э., Ловинс Э., Ловинс Л. Фактор четыре (затрат половина, отдача двойная). — М.: Academia, 2000. — 400 с.
6. Friis-Christensen E., Lassen K. Length of the Solar Cycle: An Indicator of Solar Activity Closely Associated with Climate // *Science, New Series*, 1991. V. 254, №5032. — P. 698–700.
7. Ефимов В.И. Реальность углеродного следа в глобальном изменении климата // *Жизнь Земли*, 2021. Т. 4. — С. 328–335. DOI: 10.29003/m2437.0514-7468.2020_43_3/328-335.
8. Фёдоров В.М. Анализ пространственных откликов приповерхностной температуры воздуха на многолетнюю изменчивость инсоляции Земли // *Жизнь Земли*, 2017. Т. 39. №3. — С. 245–262.
9. Фёдоров В.М., Голубев В.Н., Фролов Д.М. Многолетняя изменчивость инсоляции Земли и содержание двуокси углерода в атмосфере // *Жизнь Земли*, 2018. Т. 40. №1. — С. 12–21.
10. Снакин В.В. Глобальные изменения климата: прогнозы и реальность // *Жизнь Земли*, 2019. Т. 41. №2. — С. 148–164.
11. Shakhova N., Semiletov I. Methane release and coastal environment in the East Siberian Arctic shelf // *J. of Marine Systems*, 2007. V. 66 (1–4). — P. 227–243.
12. Miatello A. Refutation of the “greenhouse effect” theory on a thermodynamic and hydrostatic basis // *Principia Scientific International*, 2012. №6. — 40 p.
13. Robinson A. B., Robinson N. E., Soon W. Environmental Effects of Increased Atmospheric Carbon Dioxide // *The J. of Amer. Physicians and Surgeons*, 2007. V. 12(3). — P. 79–90.
14. Котляков В.М., Чернова Л.П., Муравьев А.Я., Хромова Т.Е., Зверкова Н.М. Изменения горных ледников в Северном и Южном полушариях за последние 160 лет // *Лёд и Снег*, 2017. 57(4). — С. 453–467.
15. Boening C., Landerer F. W., Nerem S. R., Willis J. K., Fasullo J. The 2010 decline in global mean sea level and its relation to ENSO, American Geophysical Union, Fall Meeting. — San Francisco, Dec. 5–9, 2011.
16. Фёдоров В.М. Прогноз изменения уровня Мирового океана на основе расчётов инсоляции Земли // *Жизнь Земли*, 2018. Т. 40. №2. — С. 143–15.
17. Donchyts G., Baart F., Winsemius H., Gorelick N., Kwadijk J., Giesen N. Earth’s surface water change over the past 30 years // *Nature Climate Change*, 2016. V. 6. — P. 810–813.
18. Дёмкин В.А., Борисов А.В., Дёмкина Т.С., Хомутова Т.Э., Ельцов М.В., Каширская Н.Н., Удальцов С.Н. Палеоэкологический кризис в степях Восточной Европы в эпоху бронзы (2-я пол. III тыс. до н. э.): причины, масштабы, природные и социальные последствия // *Глобальные экологические процессы / Под ред. В.В. Снакина*. — М.: Academia, 2012. — С. 31–39.
19. Будыко М.И. Изменение климата. — Л.: Гидрометеоиздат, 1974. — 280 с.
20. Вернадский В.И. Научная мысль как планетное явление. — М.: Наука, 1991. — 270 с.
21. Кузнецов В.В. Физиология растений в 2 т. Т. 1. — М.: Изд-во Юрайт, 2019. — 437 с.
22. Снакин В.В. Природопользование как главный инструмент глобализации // *Использование и охрана природных ресурсов в России*, 2020. №2. — С. 5–13.

Израэль Ю.А. Обеспечение экологически устойчивого развития в условиях сохранения современного климата // *Глобальные экологические процессы / Под ред. В.В. Снакина*. — М.: Academia, 2012. — С. 9–15.

Сведения об авторе:

Снакин Валерий Викторович, д.б.н., проф., г.н.с. Института фундаментальных проблем биологии РАН, зав. сектором Музея землеведения МГУ им. М.В. Ломоносова, председатель научной секции «Природные ресурсы» Российской экологической академии; e-mail: snakin@mail.ru.

Минеральные ресурсы

УДК 551

О военно-геологическом и геоэкологическом обеспечении специальной военной операции на Украине

С.В. Белов, д.г.-м.н., ООО «ОЗГЕО», Москва

Обоснована необходимость военно-геологического и геоэкологического обеспечения специальной военной операции РФ на Украине, охарактеризованы проблемы и задачи военных экологов и геологов в современных условиях на театрах военных действий. Даны рекомендации по формированию соответствующих подразделений и их организационных форм. Показана необходимость включения в программы геологических ВУЗов курса военной геологии.

Ключевые слова: военная геология, военная геоэкология, специальная военная операция.

Опыт Великой Отечественной войны [1,2], военных действий в Афганистане и в ряде других горячих точек [3] показал важность военно-геологического обеспечения боевых действий войск. Надо сказать, что например, в США, этому вопросу уделяется большое внимание (рис. 1). Количество зарубежных публикаций по данной тематике за 20 лет возросло в 7 раз, чего не наблюдается в специальной отечественной литературе.

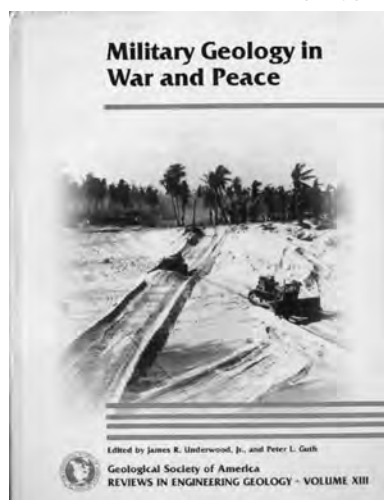


Рис. 1. Обложка издания Геологической службы США «Военная геология на войне и в мирное время»

В условиях, когда специальная военная операция РФ по демилитаризации и денацификации Украины трансформировалась в долговременное вооружённое противостояние, фронт которого протянулся более чем на 2000 км, и характеризуется разнообразными ландшафтно-геологическими обстановками, влияющими на планирование и проведение как наступательных, так и оборонительных операций, учёт военно-геологического аспекта представляется весьма своевременным и насущно необходимым.

Напомним, что в период Великой Отечественной войны *военно-геологическое обслуживание боевых действий осуществлялось военно-геологическими отрядами (ВГО), созданными под эгидой СПЕЦГЕО (ныне — ФБГУ «Гидроспецгеология»)*. В задачи ВГО входили большие по объёму и разнообразные по характеру специальные виды работ, включающие:

- изучение параметров местности для рационального использования при наступлении и обороне;
- составление и тиражирование карт проходимости для танков и колёсной военной техники;
- обеспечение полевого водоснабжения войск, в т.ч. для организации пожаротушения;
- разведка водных преград и анализ их характеристик для разработки операций по форсированию.

- рованию рек, занятию плацдармов и десантированию;
- выявление месторождений местных стройматериалов (песка, глины, щебня и др.) для возведения дорог, полевых аэродромов и фортификационных сооружений;
- разработка рекомендаций по размещению укрытий штабов, наблюдательных пунктов, командных высот с указаниями по просматриваемости местности;
- сбор материалов по инженерной геологии, гидрогеологии и гидротехнике для оперативного обслуживания инженерных войск.

Решение всех этих задач остаётся актуальным и сегодня, к ним добавляется и ряд новых, о которых будет сказано ниже. Опыт спецоперации на Украине показывает, что особые трудности возникают при передвижении по бездорожью колёсной военной техники.

Что же касается танков, то хоть и говорится, что «танки грязи не боятся» (и даже поставлен телесериал с таким названием), но в реальной жизни всё обстоит, увы, иначе. Из-за недоучёта проходимости местности танки испытывают затруднения в своевременном оперативном решении боевых задач.

Особенно сложной ландшафтно-географо-геологической обстановкой характеризуется прибрежная северо-западная часть Причерноморья, районы Херсона, Николаева, Одессы, куда в будущем по всей вероятности переместится главный вектор военного противостояния. Находящиеся здесь Днепровско-Бугский лиман, устья рек Южный Буг, Ингул, Тилигул, Б.Куяльник, Кундук и др., с многочисленными протоками, старицами и озерами, активное развитие опасных экзогенных геологических процессов, существенно затрудняют действия войск. Это, на наш взгляд, явится одним из дополнительных факторов осложняющих продвижение российских войск на этом стратегически важном фронте. Овладение же данной частью территории отрезает Украину от Чёрного моря, что, по мнению военных экспертов, представляется совершенно необходимым для успешного завершения спецоперации.

Следует отметить, что характерное для нынешней эпохи общее ускорение геологического развития и рост его энергетики [4] стимулирует резкое увеличение, как числа различных природных катастроф, так и скорости опасных экзогенных и инженерно-геологических процессов, быстро изменяющих ландшафтно-геологический облик региона. Стремительно видоизменяется конфигурация русел рек и берегов, происходит меандрирование, формирование озёр — стариц, меняется гидрогеологический режим и происходит заболачивание территорий. Негативно влияет на процесс и активная хозяйственная деятельность человека. На реках возникают песчаные отмели, банки, перекаты, которые могут затруднять возможные действия катеров Российской речной военной флоти-

лии и понтонных подразделений. В полной мере это относится и к восточной приднепровской части Украины, где густую речную сеть образуют такие днепровские притоки как Северский Донец, Псёл, Сейм, Сула, Самара, Орель и др.

В этой связи, очевидно, что ранее созданные под эгидой ФБГУ «Гидроспецгеология» специализированные карты, справочные материалы и описания требуют корректировки и обновления, которое должно осуществляться не только на основе камерального анализа авиа-космических данных, но и в результате проведения маршрутной рекогносцировки и военно-геологической разведки местности и прогноза погодно-сезонных изменений. В результате готовятся конкретные, современные рекомендации по форсированию рек, десантированию, путям прохода танков и колёсной техники, созданию эффективных полевых укреплений, наблюдательных пунктов, мест размещения штабов и приёмо-передающих радиоцентров, небольших складов боеприпасов рассредоточенных в складках местности, замаскированных укрытий для полевых госпиталей, ремонтных мастерских и т.д.

Элементом военного искусства является способность поставить вооружённые формирования противника в наименее благоприятные условия местности, а собственные позиции Российских вооружённых сил располагать наиболее удачно. То есть необходимо разместить их в таких ландшафтно-геологических условиях, где, например, фортификационные сооружения, наблюдательные пункты, штабные бункеры и т.д. будут наиболее устойчивы к ракетно-артиллерийскому обстрелу, наименее водообильны, и на их сооружение потребуется минимальное количество времени и сил, а цветовая гамма почв, грунтов и растительности будут наиболее подходящими с позиций их маскировки. Опыт нескольких месяцев военных действий показал, что на стойкость обороны противника влияет наличие и использование природных и искусственных подземных горных выработок, что наглядно продемонстрировала операция по освобождению Мариуполя и зачистка от укронацистов подземных сооружений завода «Азовсталь». Эффективность огневого воздействия на них в сильной степени зависела от прочностных и физико-механических свойств горных пород, на которых они расположены. Обороняющиеся части ВСУ успешно использовали там концепцию геологических барьеров, когда степень успеха применения обычных боеприпасов Россией оказывалась проблематична. В тоже время российские войска не использовали возможности подземных и поверхностных вод, для эффективного воздействия на скрывающихся под землёй боевиков, что затянуло ход операции и имело негативные последствия.

Особым аспектом при проведении специальной военной операции являются вопросы экологии

и геоэкологии. Несомненно, что боевые действия являются фактором ухудшения среды обитания. Они оказывают как прямое, так и косвенное деструктивное воздействие на окружающую природную среду.

Если первое очевидно, это снарядные воронки, разрушения и завалы, траншеи, окопы, пожары и разливы нефтепродуктов уничтожающие биоту, загрязнение тяжёлыми металлами, взрывчатыми и химическими веществами, брошенная разбитая техника и т.д., то в качестве косвенного следствия конфликта можно, например, указать на массовое затопление шахт Донбасса в результате невозможности водоотлива из-за прекращения подачи электроэнергии. В результате происходят многочисленные просадки грунтов, резко ухудшился состав подземных вод используемых для питьевого и хозяйственного водоснабжения [5]. Негативное влияние на здоровье населения оказывает и длительный стресс, сопровождающий конфликт. Очевидно, что всё это является своеобразной платой за победу, которую придётся заплатить по окончании конфликта. По нашему мнению, комплексную оценку экологического ущерба можно будет дать лишь после окончания военных действий, в ходе совместных исследований Минприроды и Минобороны России и разработки соответствующих методик с выделением и ранжированием типов ландшафтов, образовавшихся в результате военных действий.

Однако возникает вопрос, какие экологические проблемы следует решать безотлагательно, не дожидаясь завершения военного конфликта и как их осуществлять? Представляется, что острые геоэкологические проблемы, возникающие в ходе боевых действий невозможно эффективно решать без участия военных геологов и экологов. Например, без знания гидрогеологических условий не удастся правильно организовать санитарную охрану водоисточников, определить подходящие (безопасные с санитарно-гигиенической точки зрения) места для захоронений, для ям и могильников бытовых отходов и санитарно-медицинских остатков госпиталей. Это позволит избежать или локализовать очаги инфекционных заболеваний и предотвратить поражения от применения биологического оружия. Лаборатории последнего, как известно, выявлены на территории Украины. Актуальна оперативная разработка рекомендаций для военно-строительных частей по безотлагательному ремонту и укреплению объектов, находящихся в критическом состоянии, грозящих крупномасштабной экологической катастрофой.

Особого внимания требует оценка геоэкологической безопасности в районе Чернобыля, Запорожской АЭС, которая недавно подверглась нападению украинских войск, других объектов ядерно-топливного цикла, а также в пределах многочисленных потенциально опасных производств, находящихся на территории Украины. Похоже,

что действие «ядерной прививки», которую получило человечество, в результате атомной бомбардировки Хиросимы и Нагасаки, ныне ослабевает. Прошли годы после ядерных испытаний на различных полигонах, катастроф Чернобыля, Фокусимы, Три-Майн-Айленда, и др., и, к сожалению, у коекого из «ястребов» появилось мнение, что «ничего, живут же люди и после этого. Поэтому можно попробовать применить и ядерное оружие, например, в тактическом варианте». Подобный сценарий невозможно сбрасывать со счетов. Экологические следствия этого — специальная тема, выходящая за рамки настоящей статьи. Однако хочется верить, что данный сценарий, всё же, не будет реализован.

Возвращаясь к «безъядерной» тематике проблемы «Война и геология», которую впервые обозначил выдающийся геолог и минералог, академик А.Е. Ферсман, хочется подчеркнуть, что для решения вышеуказанных задач, необходимо знание не только геологии, геоморфологии, гидрогеологии, геоэкологии, минералогии, геохимии, учения о полезных ископаемых, но и физической географии, почвоведения, климатологии, грунтоведения и инженерной геологии. Однако для военного геолога в нынешних условиях этого недостаточно. Для успешного взаимодействия со штабами и командованием батальонно-тактических групп, он должен иметь представление о стратегии и тактике современного боя в различных природно-климатических условиях. А также знать такие аспекты военно-инженерного дела как фортификация, подземно-минные работы, военная гидротехника, военно-дорожные и военно-строительные работы, аэродромостроение и т.д. На боевые действия в современной войне влияют такие природные факторы как рельеф, гидрография, климат, гидрология, почвенный и растительный покров, физические свойства, условия залегания и водоносность пород, характер водосбора и его сезонные колебания, а также такие опасные экзогенные геологические процессы как карст, оползни, сейсмичность, перемещающиеся пески и т.д. Порой военные неудачи, излишние потери в живой силе и технике происходят вследствие недоучета ландшафтно-геолого-географической и сезонно-климатической обстановки театра военных действий.

Ещё одним аспектом, который следует учитывать, является эндогенная активность Земли. Она проявляется в виде сейсмических процессов, водородной дегазации из недр, вызывающей формирование озоновых дыр [6]. Последние, инициируют активизацию разнообразных вирусных инфекций, что недавно имело место в ходе пандемии COVID-19 [7], а ныне вызвало к жизни ряд новых вирусных патогенов. Это обстоятельство становится дополнительным прессингом для военнотружущих, вызывая неудобства, заставляя принимать дополнительные меры безопасности и, в конечном счёте, отрицательно сказывается

на морально-психологическом состоянии воинов. На это их состояние влияют и происходящие в настоящее время существенные изменения и колебания в магнитосфере Земли, что может быть объяснено теорией параметрического резонанса в биологических объектах. Такие колебания оказываются биоэффективными для головного мозга и эндокринной системы человека и инициируют активизацию цепи: гипоталамус — гипофиз — кора надпочечников, что приводит организмы к стрессовому состоянию, вызывая реакции агрессии, либо бегства. У военнослужащих, подобные реакции, очевидно, проявляются наиболее наглядно и ярко, влияя на мотивированность, боевой дух и поведение во фронтовой обстановке, что следует учитывать военным специалистам, отвечающим за морально-психологическую подготовку войск.

Представляется, что лозунг «Всё для фронта, всё для победы!» актуален и сегодня. И российская геология должна внести в победу свой вклад. В этой связи видится целесообразным создать два фронтовых военно-геологических подразделения (отряда): восточное, обеспечивающее военные операции на Донбасе и южное, для аналогичных работ в районе Херсона, Николаева, Одессы. По численности каждое из них может примерно соответствовать взводу, состоящему из трёх отделений, одно из которых должно специализироваться на проведении буровых работ и иметь соответствующую самоходную технику для обеспечения полевого водоснабжения войск и гражданского населения в освобожденных районах. На два других будет возложено решение всего спектра остальных задач, стоящих перед военно-геологической службой. Решение вопросов кадрового обеспечения подразделений военных геологов видится следующим. Рядовой их состав можно набирать из числа активных студентов и молодых выпускников геологических ВУЗов, подлежащих призыву на военную службу. Командно-руководящие же должности должны быть заняты высоко квалифицированными

специалистами, имеющими значительный научно-практический опыт и годных по состоянию здоровья для прохождения воинской службы. Возможно их привлечение на добровольческой и контрактной основе. В этой связи одной из организационных форм может стать создание Частной военно-геологической компании, или соответствующего подразделения в уже существующих ЧВК. Кроме того, учитывая складывающуюся военно-политическую ситуацию и возникающие новые угрозы, представляется целесообразным в геологических ВУЗах страны в учебные программы ввести курс «Военная геология». Такой предмет с соответствующим пособием ранее существовал [8]. Ныне его следует срочно обновить совместными усилиями геологов, геоэкологов и военных с учётом значительно изменившейся обстановки и реалий XXI века.

Подводя итоги, подчеркнём следующее. Охват военными действиями большой и разноплановой в ландшафтно-геологическом отношении территории Украины, её большая насыщенность военной техникой, маневренно-позиционный характер войны, применение высокоточного ракетно-артиллерийского вооружения, беспилотников, авиации и флота, с ведением боевых действий на суше и на море, использование нетрадиционных методов борьбы, угроза применения ядерного, химического и бактериологического оружия, характерное для нынешнего российско-украинского противостояния, а также возможность его перерастания в непосредственный военный конфликт с НАТО, делают вопрос военно-геологического и геоэкологического обеспечения российских вооружённых сил весьма острым и актуальным. И решать его требуется в срочном порядке. Разрастание конфликта, придание ему долговременного характера, чревато не только увеличением потерь личного состава и серьёзным экономическим ущербом, но и ухудшением экологического состояния территорий, вплоть до масштабных экологических катастроф.

Литература

1. Козловский Е.А. Уроки великой войны: геология и национальная безопасность. — М.: Изд-во ВНИИ-геосистем, 2009. — 597 с.
2. Татарчук Ю.С., Шевченко В.К. Ратные подвиги военных геологов // Промышленные ведомости, 2010. № 3/4.
3. Knowles R., Klin K. Military Geology in War and Peace / The Geological Society of America. Reviews in engineering Geology, 1998. V. 13. — P. 117–124.
4. Белов С.В. Минеральные ресурсы, энергетика Земли и социум // Использование и охрана природных ресурсов в России, 2020. №3. — С. 12–19.
5. Розанов Л.Л. Военная геоэкология // Географическая среда и живые организмы, 2016. №3. — С. 159–167.
6. Сывороткин В.Л. Глубинная дегазация Земли и глобальные катастрофы. — М.: Геоинформцентр, 2002. — 250 с.
7. Белов С.В., Вольфсон И.Ф. Коронавирус, эндогенная активность Земли и социум // Разведка и охрана недр, 2020. №8. — С. 48–53.
8. Военная геология: учебное пособие для геологических ВУЗов и ВТУЗов / Под ред. М.А. Овчинникова и др. — М.; Л.: Госгеолиздат, 1945. — 378 с.

Сведения об авторе:

Сергей Викторович Белов, д.г.-м.н., главный научный консультант ООО «ОЗГЕО», Москва; e-mail: belov.s-2011@yandex.ru.

Роль геотермального теплоснабжения в энергетике Камчатского края

С.Ю. Фомин^{1,2}, В.А. Кудряшов¹,

¹Научно-исследовательский геотехнологический центр ДВО РАН,

²Региональный центр развития энергетики и энергосбережения, Петропавловск-Камчатский

Территория Камчатского края по возможности использования геотермальных ресурсов занимает в России первое место. В данной работе проанализирована существующая ситуация, сложившаяся в геотермальном теплоснабжении на территории Камчатского края, а также проведен анализ существующих проблем его развития. Показан потенциал геотермальной энергии, который можно использовать на нужды теплоснабжения края уже в ближайшей перспективе.

Ключевые слова: геотермальные ресурсы, геотермальное теплоснабжение, энергосистема, топливно-энергетический баланс, энергоэффективность, рекреационный потенциал, Камчатский край.

Введение

Без понимания общей ситуации в энергетике Камчатского края невозможно определить роль и тенденции развития возобновляемой энергетики вообще, и геотермальной — в частности.

Применение возобновляемых источников энергии (геотермальной, ветровой, солнечной, рек и морских приливов) является перспективным направлением развития энергетики и с каждым годом становится все актуальней. Энергоэффективность и энергосбережение еще в 2010 г. были обозначены в общем стратегическом плане развития Российской Федерации. Экономика страны постепенно переходит в новое «безресурсное состояние», характеризующееся снижением энергопотребления. Использование возобновляемых источников энергии позволяет заместить и в некоторых случаях исключить сжигание углеводородного топлива для получения электрической и тепловой энергии. И Камчатка подходит для этого лучше всего.

Территория Камчатского края является одной из богатейших в мире по природным и рекреационным ресурсам. К рекреационному потенциалу, экзотическим объектам и особенностям Камчатки относятся, в первую очередь, такие природные объекты, как горные хребты с обилием потухших, или действующих вулканов, множество горячих и холодных минеральных источников, гейзеры, фумаролы. Камчатка необычайно богата водными ресурсами: здесь насчитывается до 14000 рек и ручьев, около 100 000 больших и малых озер, 414 ледников общей площадью 871,1 км². На территории Камчатки 29 действующих и около 150 потухших вулканов, 274 минеральных источника, 160 из которых горячие.

Термальные воды делят на два класса: собственно термальная вода и парогидротермы в виде пароводяной смеси или пара. Главным показателем, определяющим возможность теплоэнергетического использования природных теплоносителей, является их температура. За нижний предел этого показателя принимается 35–40°C. В зависимости от него различаются воды: низкопотенциаль-

ные — до 100°C; среднепотенциальные — 100–150°C; высокопотенциальные — более 150°C.

По возможности использования геотермальных ресурсов Камчатский край занимает в Российской Федерации первое место. Здесь сосредоточены самые высокопотенциальные природные геотермальные источники, в которых температура достигает 240°C уже на глубине 1–2 км, а в более глубоких слоях — 300°C и выше.

По информации Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН в целом по Камчатскому краю запасы тепла геотермальных вод оцениваются в 5000 МВт. Потенциальные ресурсы парогидротерм с температурой 150–250°C на территории Камчатки оцениваются в 800–900 МВт мощности для выработки электрической энергии. Общий прогнозный потенциал ресурсов высокопотенциальной пароводяной смеси Паужетского, Нижне-Кошелевского, Мутновского и Киреунского месторождений составляет 500 МВт. [8].

Из рис. 1 видно, что основные запасы геотермальных месторождений пригодны именно для целей теплоснабжения потребителей. Потенциал с избытком перекрывает существующие потребности Камчатского края в тепле и энергии. К сожалению, не весь потенциал можно использовать вследствие географического расположения месторождений, находящихся зачастую в труднодоступных местах, вдали от центров потребления, но с появлением современных технологий и матери-



■ На выработку электроэнергии ■ На нужды теплоснабжения

Рис. 1. Перспективные направления использования потенциала геотермальных источников Камчатского края

алов, география использования геотермального тепла постепенно расширяется.

Целью данной работы является рассмотрение существующей ситуации, сложившейся в геотермальном теплоснабжении на территории Камчатского края, а также рассмотрение существующих проблем его развития. Основная задача состоит в том, чтобы показать потенциал геотермальной энергии, который возможно использовать на нужды теплоснабжения уже в ближайшей перспективе.

В этой связи с учётом роста нагрузок, изменения климата, энерго-ресурсосбережения необходима оценка современного (2016–2021 г.) потребления геотермальной энергии в Камчатском крае. Требуется уточнение данных по результатам отчётов энергетических компаний и Администрации края. Это необходимо для переосмысления стратегии развития геотермальной энергетики.

Основная часть исследований отражённых в данной статье выполнялась авторами в ходе работ при подготовке ежегодных «Схем и Программ развития энергетики Камчатского края» [1] и разработке других стратегических направлений развития энергетики Камчатского края по заданию Министерства ЖКХ и энергетики Камчатского края в период с 2016 по 2022 годы.

Для начала разберемся, что из себя представляет энергетическая система Камчатского края.

Краткая характеристика энергосистемы Камчатского края

Описывая энергосистему Камчатского края, можно выделить несколько главных характерных особенностей:

- представляет собой изолированную энергосистему;
- является энергоизбыточной, при ограниченном рынке сбыта;
- функционирует в условиях слабого развития электрических сетей и большой роли децентрализованной энергетики;
- располагает большим потенциалом использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ);
- реальный потенциал геотермальных месторождений, а также гидроресурсов (с учетом пропуска промысловых рыб и сохранения речных долин), способны обеспечить годовое электропотребление и теплотребление края;
- теоретически может опираться на местные запасы углеводородного сырья (газа, нефти, угля), но этому препятствуют сложные условия его разработки, добычи и транспортировки, а также экологические аспекты;
- находится в зоне высокой сейсмической активности и сложных климатических условий;
- имеет высокую себестоимость производства электрической энергии и тепла на тепловых электростанциях и котельных.

В основном геотермальные ресурсы в крае используются для выработки электрической энергии на Мутновских ГеоЭС, для покрытия части нагрузок Центрального энергоузла, и Паужетской ГеоЭС, для обеспечения нужд п. Октябрьский, п. Озерновский и п. Паужетка. В меньшей степени некоторые геотермальные источники используют для теплоснабжения потребителей в Елизовском (с. Партунка, п. Термальный), Быстринском (с. Эссо, с. Анавай, п. Горный ключ), а также в Усть-Большерецком (с. Запорожье, п. Паужетка) муниципальных районах.

В условиях увеличения стоимости транспортировки топлива на Камчатку, использование геотермальных ресурсов как для выработки электрической энергии, так и отопления поселков Елизовского района, г. Елизово, и г. Петропавловска-Камчатского и других населённых пунктов становится актуальной задачей на ближайшие годы.

Елизовский район, как по разведанным месторождениям, так и по потенциальным запасам занимает лидирующее место среди всех районов края.

В районе имеются разведанные и частично используемые месторождения [7]: Паратунское; Верхне-Паратунское; Начикинское; Кеткинское; Мутновское месторождение парогидротерм; Больше-Банное месторождение парогидротерм.

История освоения основных геотермальных месторождений

На Камчатке использование термальных вод стало возможным после переписи термальных источников, выполненной Б. И. Пийпом.

Разведка геотермальных энергоресурсов Камчатки началась в 1957 г. на Паужетском месторождении, расположенном на юге полуострова. 18 августа 1966 г. здесь заработала Паужетская геотермальная электростанция (ГеоЭС) мощностью 11 МВт. Выбор Паужетки как первого объекта строительства ГеоТЭС основывался на мощности природных выходов термальных вод и относительной транспортной доступности района.

В связи с возросшим интересом расширения использования геотермальных ресурсов начались целевые исследования и других гидротермальных систем, которые могли быть использованы для получения извлекаемых геотермальных ресурсов в объёме, достаточном для обеспечения Петропавловского промышленного района. В первую очередь предполагалось использовать геотермальный пар соседней с Паужеткой геотермальной системы Кошелевского вулкана. Геологоразведочные работы на месторождении начались в 1969 году. Проведённые затем в 1970–1973 гг. предварительные поисковые работы доказали перспективность месторождения для получения электроэнергии. В 1989–1992 гг. на месторождении производились площадные геофизические исследования, на основании данных которых выделены зоны повышенной проводимости, оконтурены перспективные на вскрытие теплоносителя блоки.

Велась подготовка к бурению. Однако с прекращением финансирования все работы были остановлены и с того времени не проводились, так как ближе к Петропавловску находилась Мутновская гидротермальная система, и предпочтение было отдано ей.

Параллельно велись работы и на других месторождениях.

Паратунское геотермальное месторождение находится в эксплуатации с 1964 г., преимущественно в режиме самоизлива, с расходом отбора около 250 кг/с термальной воды с температурой 70–90°C (47 МВт, при температуре сброса 35°C), которая используется для локального теплоснабжения, бальнеологии и тепличного хозяйства п. Паратунка и п. Термальный. Потенциальная мощность Паратунского месторождения (с использованием погружных насосов) достигает 216 МВт [5].

Разведка Больше-Банного месторождения была проведена согласно Постановлению СМ СССР от 23.12.1963 г. № 1272 с 1961 по 1970 гг. За период разведки, было пробурено 53 поисково-разведочных скважин малого диаметра (средняя глубина 700 м). 19 скважин вывели на поверхность высокопотенциальный теплоноситель (пароводяную смесь температурой до 170°C) общим дебитом 185 кг/с при среднем теплосодержании 156 ккал/кг. Площадь разведанного месторождения до 4,5 км². Мощность месторождения оценивается в 90 МВт, однако требуется дополнительное изучение теплового потенциала [5].

Объем и структура тепловой энергии в Камчатском крае

В табл. 1 представлена динамика производства тепловой энергии на территории Камчатского края за период 2017–2021 годы.

Теплоснабжение населенных пунктов края осуществляется от Камчатских ТЭЦ, котельных, бойлерных, а также геотермальных скважин. Как видно из табл. 1 большая часть выработки тепла приходится на котельные, на втором месте находятся Камчатские ТЭЦ. В основном это связано с разрозненностью населенных пунктов и большими расстояниями между ними. На долю геотермальных скважин приходится около 17% всей вырабатываемой тепловой энергии в крае, что позволяет снизить вредные выбросы, связанные со сжиганием углеводородного топлива, в окружающую среду. Однако геотермальный потенциал края позволяет допол-

нительно заместить часть котельных, расположенных в Елизовском муниципальном районе, а также практически полностью обеспечить тепловой энергией г. Петропавловск-Камчатский.

Наиболее крупными производителями тепловой энергии в крае являются следующие компании:

- ПАО «Камчатскэнерго», зона деятельности по обеспечению теплом: г.о. Петропавловск-Камчатский, Елизовский (в т.ч. Елизовское г.п.) и Мильковский муниципальные районы;
- АО «Камчатэнергосервис», зона деятельности: г.о. Вилучинск, Мильковский и Усть-Большерецкий муниципальные районы;
- АО «Южные электрические сети Камчатки», зона деятельности: Пенжинский, Тигильский, Мильковский муниципальные районы и Алеутский муниципальный округ;
- АО «Корякэнерго», зона деятельности: Соболевский, Тигильский, Олюторский и Карагинский, Усть-Камчатский муниципальные районы;
- АО «Тепло Земли», зона деятельности: Елизовский, Быстринский и Усть-Большерецкий муниципальные районы (обеспечивает геотермальное теплоснабжение некоторых посёлков в данных районах).

По производству теплоэнергии лидирующие позиции в регионе занимает Петропавловск-Камчатский городской округ (табл. 2). На него приходится почти половина выработки тепла в регионе.

Как видно из таблицы, производство тепла в 2021 г. немного снизилось. В основном это связано с тем, что в 2020 г. среднемесячная температура в рамках отопительного периода некоторых муниципальных районов была немного ниже аналогичного периода 2021 года.

Геотермальное теплоснабжение в структуре топливно-энергетического баланса генерирующих источников Камчатского края

В структуре топливно-энергетического баланса (ТЭБ) генерирующих источников Камчатского края возобновляемая энергетика составляет 9,3%. На долю геотермальных источников приходится 8,3% (6,6% — на электроснабжение; 1,7% — на теплоснабжение), что является слишком малой частью, учитывая огромный потенциал геотермики (рис. 2).

В 2021 г. объем производства тепловой энергии от всех источников теплоснабжения составил 3196,74 тыс. Гкал. Из них на долю теплоснабжения от геотер-

Таблица 1

Динамика производства тепловой энергии на территории Камчатского края в период 2017–2021 гг., тыс. Гкал [1]

Показатель	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.
Произведено — всего, в том числе:	3143,5	3210,7	3216,4	3197,9	3167,0
ТЭЦ	1089,5	1101,0	1111,8	1082,4	1068,8
Котельные	1521,1	1556,4	1565,2	1558,0	1557,8
Геотермальные скважины	532,9	553,3	539,4	557,6	540,4

Таблица 2

**Производство тепловой энергии по муниципальным образованиям Камчатского края
на нужды теплоснабжения, тыс. Гкал [1]**

Муниципальное образование	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.
Петропавловск-Камчатский городской округ, всего, в т.ч.:	1564,3	1588,1	1602,6	1565,6	1545,5
Котельные	474,8	487,1	490,8	483,1	458,7
ТЭЦ	1089,5	1101,0	1111,8	1082,4	1068,8
Вилучинский городской округ	196,0	192,2	191,4	190,9	186,6
Алеутский м. р.	10,3	10,4	10,9	10,3	9,9
Быстринский м. р. (Геотермальные скважины)	40,3	41,6	38,4	39,3	40,0
Елизовский м. р., всего в т.ч.	403,2	421,5	435,8	425,6	430,3
Геотермальные скважины	68,8	83,1	88,6	84,8	84,5
Елизовское городское поселение	223,1	230,8	233,5	237,2	244,4
Мильковский м. р.	106,6	107,1	110,4	111,4	113,1
Соболевский м. р.	25,0	25,2	26,0	25,5	25,1
Усть-Большерецкий м. р., всего, в т.ч.	475,5	482,6	464,8	488,8	475,3
Геотермальные скважины*	423,8	428,6	412,3	433,5	427,9
Усть-Камчатский м. р.	64,7	82,7	75,8	75,2	75,9
Городской округ поселок Палана	57,0	56,8	56,1	57,9	57,6
Карагинский м. р.	78,5	80,5	80,8	81,8	80,0
Олюторский м. р.	42,5	39,8	41,0	44,0	46,5
Пенжинский м. р.	33,5	34,3	35,4	34,5	34,5
Тигильский м. р.	46,2	47,8	47,0	47,2	46,7
ИТОГО	3143,5	3210,7	3216,4	3197,9	3167,0

*Примечание: порядка 410 тыс. Гкал (2021 г.) добываемого геотермального тепла расходуется на выработку электроэнергии. Остальная часть обеспечивает тепло потребителей пос. Паужетка.

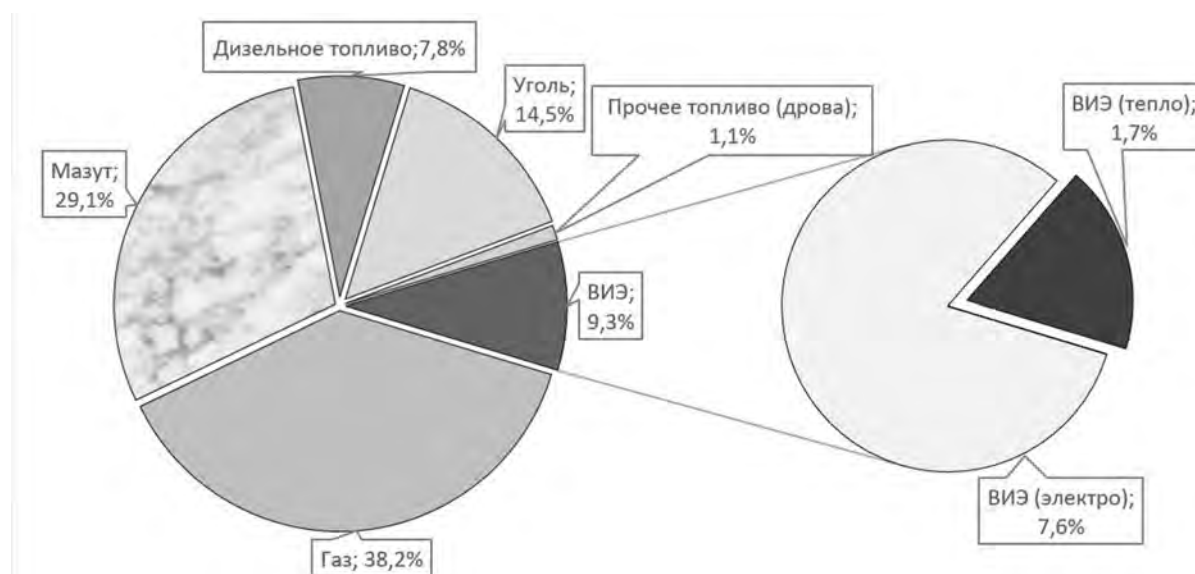


Рис. 2. Структура топливно-энергетического баланса генерирующих источников Камчатского края



Рис. 3. Структура выработки тепловой и электрической энергии за счет ВИЭ на территории Камчатского края

мальных источников приходится 114,72 тыс. Гкал или 3,59%. В общей структуре ТЭБ на геотермальное теплоснабжение приходится всего 1,7% (рис. 3).

Для локального теплоснабжения потребителей, бальнеологии и тепличного хозяйства за счет геотермальных источников осуществляется в Елизовском (с. Партунка, п. Термальный) и Быстринском (с. Эссо, с. Анавгай, п. Горный ключ), а также в Усть-Большерецком (с. Запорожье, п. Паужетка) муниципальных районах.

Тарифы на тепловую энергию, в основном вырабатываемую котельными, в Камчатском крае одни из самых больших в России из-за дорогостоящего привозного углеводородного топлива. Однако наличие геотермальных источников в некоторых районах края позволяет уйти от использования дорогого топлива, тем самым снизив тариф на теплоноситель для потребителя.

Приведем некоторые цифры для сравнения тарифов в населенных пунктах, где используются геотермальные источники и где не используются (табл. 3).

В общем по Камчатскому краю самыми высокими экономически обоснованными тарифами на тепловую энергию в Олюторском муниципальном районе с. Тиличики, который составляет на второе полугодие 2022 года 26 416,94 руб./Гкал, а также в Елизовском муниципальном районе в Корякском сельском поселении (25 180,68 руб./Гкал)

Как можно увидеть из приведенных данных, экономически обоснованный тариф на тепловую

энергию, полученную от геотермальных источников в 2,5 раза, а в сравнении с некоторыми районами до 15 раз ниже аналогичных тарифов от котельных. Это еще раз подчеркивает важность и целесообразность развития геотермальной энергетики в тех местах, где имеется такая возможность.

Запасы геотермального тепла

Камчатский край обладает значительными запасами теплоэнергетических подземных вод, что позволяет использовать геотермальную энергию для обеспечения нужд потребителей тепла и электроэнергии.

Территориальным балансом запасов полезных ископаемых федерального значения Камчатского края учтены 16 месторождений теплоэнергетических подземных вод. Эксплуатационные запасы этих месторождений термальной воды по категориям А+В+С1 составляют 74,93 тыс. м³/сут. Забалансовые запасы пароводяной смеси — 13,5 тыс. т/сут. В распределенном фонде находится 14 месторождений термальных вод, их эксплуатацией занимаются 8 недропользователей.

Потенциальные ресурсы парогидротерм с температурой 150–250°C на территории Камчатки оцениваются в 900 МВт электрической мощности. Общий прогнозный потенциал ресурсов высокопотенциальной пароводяной смеси, наиболее доступных для освоения Паужетского, Нижне-Кошелевского, Мутновского и Киреунского месторождений, составляет 500 МВт.

Таблица 3

Сравнительная характеристика экономически обоснованных тарифов тепловой энергии [2]

Населенный пункт	Источник теплоснабжения	Экономически обоснованные тарифы на тепловую энергию на 2022 г., руб. /Гкал	
		1 полугодие	2 полугодие
Елизовский муниципальный район			
Елизовское городское поселение	котельные ПАО «Камчатскэнерго»	9 095,19	9 480,59
	котельные МУП «Елизовская управляющая компания»	10 231,19	11 451,52
	котельные ООО «РСО»	16 319,63	18 649,62
Паратунское сельское поселение (с. п.)	геотермальные источники АО «Тепло земли»	3 302,10	3 766,97
	котельные ФГБУ «ЦЖКУ» Минобороны России	8 113,45	8 113,45
Быстринский муниципальный район			
Анавгайское с. п.	геотермальные источники АО «Тепло земли»	1 733,18	1 777,80
Эссовское с. п.	геотермальные источники АО «Тепло земли»	1 733,18	1 777,80
Усть-Большерецкий муниципальный район			
Запорожское с. п.	геотермальные источники МУП «Запорожское»	4 050,00	4 268,24
Октябрьское с. п.	котельные АО «Камчатэнергосервис»	10 438,01	12 003,71

Вынос тепла естественными термопроявлениями Камчатки [3]

Термальные источники, гидротермальные системы	Вынос тепла, МВт						
	геотермальные провинции (группы)				Вулканические пояса		
	I	II	III	IV	Центрально-Камчатский	Восточно-Камчатский	пояса в целом
Термальные источники	81.3	21.8	198.3	230.8	288.8	114.5	403.3
Высокотемпературные системы	-	40.5	1049.0	692.2	119.5	1662.2	1781.7
Сумма	81.3	62.3	1247.3	923.0	408.3	1776.7	2186.0
Камчатка, в целом	532.2						

К наиболее крупным геотермальным месторождениям, использующим ресурс для целей теплоснабжения, относятся:

- Паратунское — утвержденные запасы — 21,62 тыс. м³/сут., по категории «В» со средневзвешенной температурой воды 77°C, тепловая мощность — 75 Гкал/ч;
- Эссовское — утвержденные запасы — 20,7 тыс. м³/сут., с температурой воды 75°C, тепловая мощность — 64,7 Гкал/ч;
- Верхне-Паратунское — утвержденные запасы — 23,3 тыс м³/сут.).

Возможная дополнительная мощность геотермальных электростанций на других месторождениях парогидротерм:

- порядка 100 МВт — на Нижне-Кошелевском месторождении, расположенном на юге полуострова Камчатка примерно в 18 км юго-западнее Паужетской ГеоЭС (ТЭО строительства Нижне-Кошелевской ГеоЭС выполнено Новосибирским отделением института Теплоэлектропроект в 1972 г.);
- около 20 МВт — на ресурсах Киреунского месторождения в центральной части Камчатки. Разведочные работы по месторождению были приостановлены вследствие отсутствия инвестиций. Потенциальный ближайший потребитель электроэнергии — пос. Ключи в 75 км юго-восточнее от месторождения.

Крупнейшими предприятиями по добыче пароводяной смеси и термальных вод являются АО «Тепло Земли» и ПАО «Камчатскэнерго» филиал «Возобновляемая энергетика».

Также в Камчатском крае известно 150 термопроявлений, из которых 60 имеют температуру выше 60 °C, что позволяет их рассматривать как источники энергетических ресурсов [1] (табл. 4).

На рис. 4 отражено расположение основных групп горячих источников и гидротермальных систем.

На Камчатке кроме высокотемпературных парогидротермальных систем, насчитывается около 150 групп менее горячих источников, изливающих маломинерализованные (1–5 г/кг), в основном, хлоридно-натриевые воды. Наиболее крупные и высокотемпературные гидротермальные системы связаны с Восточной вулканогенной зоной протяженностью около 350 км и шириной 15–20 км. В этой же зоне расположены место-

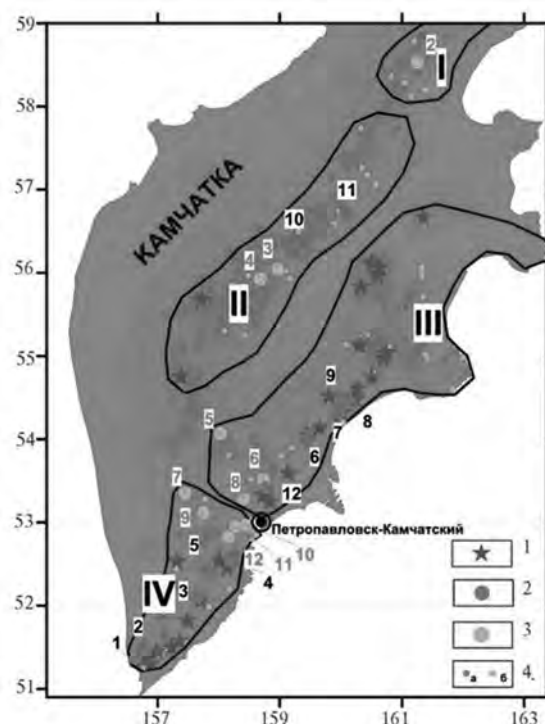


Рис. 4. Расположение основных групп горячих источников и гидротермальных систем Камчатки [4]
Геотермальные провинции: I — Северо-Камчатская, II — Центрально-Камчатская, III — Восточно-Камчатская, IV — Южно-Камчатская.

1 — активные вулканы; 2 — высокотемпературные гидротермальные системы (1 — Кошелевская, 2 — Паужетская, 3 — Ходуткинская, 4 — Мутновская, 5 — БольшеБанная, 6 — Карымская, 7 — Семьячическая, 8 — Гейзерная, 9 — Узонская, 10 — Апапельская, 11 — Киреунская, 12 — Северо-Корякская), табл. 2; 3 — гидротермальные системы с температурой резервуара менее 150°C (2 — Русаковская, 3 — Анавгайская, 4 — Эссовская, 5 — Пущинская, 6 — Налычевская, 7 — Малкинская, 8 — Пиначевская, 9 — Начикинская, 10 — Южно-Бережная, 11 — Паратунская, 12 — Верхне-Паратунская), см. табл. 3; 4 — группы термальных источников с температурой от 50 до 100°C (а) и с температурой от 20 до 50°C (б) [4]

рождения парогидротерм — Паужетское, БольшеБанное, Мутновское, Нижнее-Кошелевское [7].

В табл. 5 и 6 представлены характеристики высокотемпературных и низкотемпературных гидротермальных ресурсов Камчатки.

Учитывая слишком малую долю геотермальных источников в структуре выработки тепловой энергии,

а также большой потенциал геотермального тепла в Камчатском крае, рассмотрим возможные перспективы развития геотермальных месторождений.

Перспективы развития геотермальных месторождений

В связи с высоким потенциалом в регионе термальных ресурсов возможно дальнейшее наращивание объемов их использования по следующим направлениям:

- развитие генерации Паужетской и Мутновской ГеоЭС с внедрением технологий по более глубокому использованию имеющихся тепловых ресурсов, либо использованию сепарата на нужды теплоснабжения, расположенных вблизи населенных пунктов;
- наращивание объемов использования термальных вод для целей теплоснабжения гг. Елизово, Вилучинска, Петропавловска-Камчатского и других населенных пунктов, расположенных вблизи Паратунского, Эссовского и Верхне-Паратунского месторождений термальных вод;
- проведение системного исследования, включая бурение скважин южной территории, примыкающей к вулканам Корякско-Авачинской группы, для определения возможности теплоснабжения

потребителей г. Петропавловска-Камчатского и прилегающих к нему населенных пунктов за счет тепла Земли на использовании термального поля с температурой от 60° и выше;

- разработка инвестиционных проектов по использованию парогидротерм для нужд сельского хозяйства и создание благоприятных условий для их последующей реализации.

На геотермальное теплоснабжение в Камчатском крае переведены отдельные населенные пункты (Паратунка, Термальный, Эссо, Анавгай, Запорожье, Паужетка, Малки, Начики), ряд лечебных, оздоровительных и рекреационных учреждений, большое количество частных тепличных хозяйств. Термальная вода Паратунского и Малкинского месторождений используется в производственном цикле по воспроизводству лосося на одноименных лососевых рыбободных заводах ФГБУ «Северо-Восточное бассейновое управление по рыболовству и сохранению водных биологических ресурсов» Росрыболовства.

Исследования по увеличению доли использования геотермального тепла на нужды отопления и горячего водоснабжения потребителей продолжаются. В апреле 2022 г. губернатор Камчатского края провел совещание с представителями компа-

Таблица 5

Высокотемпературные гидротермальные ресурсы Камчатки [7]

№ № п / п	Месторождение	Вынос тепла, МВт	Состояние теплоносителя на поверхности	Ср. $t^{\circ}\text{C}$ резервуара	Объем резервуара, км^3	Прогнозная макс. электро- нагрузка, МВт
1	Кошелевское	314	Перегретый и насыщенный пар	200	37.5 ± 1.2	215 ± 64
1а	Нижне-Кошелевское	104		220	17.5 ± 5.2	100 ± 30
2	Паужетское	104	Насыщенный пар и вода	200	45 ± 13.5	186 ± 56
3	Ходуткинское	122	Вода	200	30 ± 9	117 ± 35
4	Мутновское	546	Перегретый и насыщенный пар	220	80 ± 24	460 ± 138
4а	Северо-Мутновское	129		220	30 ± 9	172 ± 52
5	Больше-Банное	79	Вода	220	15 ± 4.5	50 ± 17
6	Карымское	146		58 ± 17		146 ± 44
7	Апальское	17		200		
8	Киреунское	24,5		200	17.5 ± 5.2	68 ± 20

Таблица 6

Низкотемпературные гидротермальные ресурсы Камчатки [7]

№ № п / п	Месторождение	Вынос тепла, МВт	$t^{\circ}\text{C}$ в источниках		Объем резервуара, км^3	Степень освоения
			изм.	оцен.		
1	Начикинское	42	81	106	22 ± 0.7	Освоено
2	Тымлатское	5	47,5	115	3.7 ± 1.1	
3	Паланское	7,5	95	105	9.7 ± 2.9	
4	Русаковское	57,8	76,5	90	15 ± 4.5	
5	Анавгайское	7,4	52	115	22 ± 0.7	Освоено
6	Эссовское	44	65	104	4.5 ± 1.3	Освоено
7	Пушинское	1,5	46	110	3.7 ± 1.1	Разбурено
8	Налычевское	9,4	75	143	16.5 ± 4.9	
9	Малкинское	9,4	83	128	3.7 ± 1.9	Освоено
10	Пиначевское	0,8	53,5	95	22 ± 0.7	Разбурено
11	Южнобережное	0,2	20	90	3.0 ± 0.9	Разбурено
12	Паратунское	8,2	81,5	110	15 ± 4.5	Освоено
13	Верхне-Паратунское	20,6	70,5	110	4.01 ± 1.2	Разбурено

нии АО «Зарубежнефть» на котором были определены основные направления совместной работы по разработке на Камчатке потенциальных месторождений геотермальных источников энергии [9].

В качестве источников рассматривается геотермальное тепло Авачинской группы вулканов, расположенной в относительной близости от г. Петропавловска-Камчатского, а также ресурс Мутновского и Верхне-Паратунского месторождений для теплоснабжения г. Елизово и расположенных рядом населенных пунктов.

Помимо развития рассмотренных ранее геотермальных месторождений существуют наработки по изучению термопроявлений в пределах Петропавловск-Камчатского г. о. и Елизовского м. р., ранее был пробурен ряд поисковых скважин для оценки возможного потенциала.

Сведения по поисковым скважинам в относительной близости от основных потребителей:

- скважина Р-2 — Радыгинская площадь, глубина 1 443 м, максимальная температура 29°C;
- скважина Р-3 — Радыгинская площадь, глубина 1 500 м, максимальная температура 33°C;
- скважина Г-1 — Петропавловск-Камчатский (хлебозавод), глубина 2 542 м, максимальная температура 62°C, низкая проницаемость коллектора;
- скважина Е-1 — в 24 км от кратера Авачинского вулкана, глубина 2 850 м, максимальная температура 74°C;
- скважина №1 — Елизово, гора Морозная, глубина 601 м, максимальная температура воды 15°C, минерализация 0,18 г/л.
- скважина б/№ — Елизово, район АЗС, глубина 1000 м, холодная;
- скважина №10 — п. Вулканный, глубина 600 м, температура 25,5°C;
- скважина №105 — п. Николаевка у оз. Тихое, глубина 1 613 м, температура 38°C;
- скважина №104 — Между Паратунским и Верхне-Паратунским месторождениями, глубина 1 610 м, температура 30°C.

В направлении дальнейших поисковых работ на термальные воды определяющую роль играет Паратунский грабен. Паратунский грабен в районе р. Мижижа уходит под осадочные отложения значительной мощности. В таких условиях термопроявления на поверхности маловероятны, может происходить скрытая разгрузка гидротерм по рыхлым четвертичным отложениям. Повышенные содержания калия, лития, магния, кремнезема в нижнем течении р.Авача и по северо-западному побережью Авачинской бухты косвенно подтверждают это предположение. Прогнозная глубина бурения 1500–2000 м. Однако ожидать открытия крупного месторождения маловероятно [8].

Зона Корьякско-Авачинской группы вулканов

Зона Корьякско-Авачинской группы вулканов, расположенная наиболее близко к г. Петропавловску-Камчатскому, является наименее изученной на наличие термальных энергетических вод, однако

освоение Авачинской геотермальной площади для организации теплоснабжения г. Петропавловска-Камчатского с прекращением выработки тепловой энергии на ТЭЦ и котельных города является очень важным как для города, так и для края в целом. Суммарный экономический эффект от замещения мазута для выработки тепловой энергии на ТЭЦ и котельных г. Петропавловска-Камчатского в период с 2031 по 2040 год составляет 5,3 млрд руб. в год (в ценах 2021 г.) [6].

Имеющиеся естественные выходы их в Налычевской долине и в районе п. Раздольного (Кеткинское месторождение) дают основание полагать о наличии запасов термальных вод в зоне южных предгорий Авачинского и Козельского вулканов, расположенных от г. Петропавловска-Камчатского на расстоянии 20–25 км.

Наиболее изучено в настоящее время Кеткинское месторождение. Разведка проводилась Паратунской гидрогеологической экспедицией с 1987 по 1993 годы. Пробурено 15 скважин средней глубиной 1072 м и максимальной глубиной 2322 м. Температура воды 24–69 °C. Техническое состояние большинства скважин неудовлетворительное и они подлежат ликвидации.

Эксплуатационные запасы воды были утверждены территориальной комиссией по запасам (ТКЗ Камчатгеолкома) по состоянию на 01.01.1994 г. по категории С1 в объеме 1729 м³/сутки, по категории С2 в объеме 1780 м³/сутки, в том числе, для бальнеологических целей 1083 м³/сутки. Месторождение разрабатывается с 1987 г., вода используется для бассейна водолечебницы совхоза «Заречный». Лицензия принадлежит совхозу. Химический состав вод месторождения хлоридно-натриевый с общей минерализацией до 10–11 г/л термальная вода пригодна для бальнеологических целей и практически не пригодна для использования в системах отопления, из-за большого количества растворенного сероводорода.

В наиболее перспективных зонах, приближенных к нижнему ярусу кратерных зон вулканов Авачинский, Козельский, а также на площадке от р. Колокольникова до п. Пиначево, работ по бурению на поиск термальных вод не производилось. В результате этого, должной оценки по запасам термальных вод территории более 30 км², примыкающей с южной стороны Корьякско-Авачинской группы вулканов, в настоящее время нет несмотря на то, что с северной стороны имеются естественные выходы горячей воды по Налычевской долине.

Без проведения системного исследования, включая бурение скважин южной территории, примыкающей к вулканам Корьякско-Авачинской группы, какое-либо решение проблемы теплоснабжения г. Петропавловска-Камчатского и примыкающих к нему поселков, за счет тепла земли, невозможно.

Для подтверждения ресурсной базы в 2022–2023 гг. необходимо провести бурение 3–4 разведочных скважин глубиной до 3 км [6].

Геотермальное теплоснабжение от Верхне-Паратунского геотермального месторождения

Для организации теплоснабжения потребителей в городах Вилучинск и Елизово, а также в близлежащих населенных пунктах, планируется задействовать потенциал разведанного Верхне-Паратунского геотермального месторождения.

Особенностью данных проектов является низкая температура теплоносителя на месторождении (70–80°C), недостаточная для поддержания стандартного для котельных графика 95/70 при температуре воздуха ниже -19°C. При проработке данного направления были рассмотрены различные варианты организации догрева теплоносителя перед подачей потребителям, включая применение теплонасосных установок, пиковых электробойлеров, пиковый догрев на существующих котельных, а также увеличение площади отопительных приборов у потребителей [6].

Выводы

Геотермальный потенциал Камчатского края достаточно велик для увеличения доли теплоснабжения различных групп потребителей за счет геотермального тепла. В то же время он задействован лишь в малой его части, в основном для выработки электрической энергии.

Экономически обоснованные тарифы на электрическую и тепловую энергию на территории Камчатского края значительно выше, чем среднероссийские. На формирование стоимости тарифов влияют такие особенности края как: географическое положение полуострова и его изолированность, удаленность от мест добычи и переработки топливно-энергетических ресурсов и вы-

сокую стоимость доставки на территорию края, разрозненность и большие расстояния между населенными пунктами, особенности внутренней логистики.

Себестоимость и тарифы на геотермальную тепловую энергию самые низкие на Камчатке. Они в 2,5 и более раза ниже, чем тарифы на тепло от традиционных источников (котельных).

На сегодняшний день геотермальная энергетика занимает основную позицию развития возобновляемой энергетики в Камчатском крае. И если ранее за счет геотермального тепла получали в основном электрическую энергию, и только малая часть использовалась для теплоснабжения, то в дальнейшем планируется обеспечить теплом крупные населенные пункты, расположенные вблизи геотермальных источников.

Дальнейшие перспективы увеличения геотермального электро- и теплоснабжения на Камчатке могут быть также связаны с доразведкой частично разведанных Больше-Банного, Нижне-Кошелевского и Верхне-Паратунского геотермальных месторождений.

Обеспечить геотермальным теплоснабжением все населенные пункты Камчатского края не представляется возможным в связи с удаленностью многих населенных пунктов от геотермальных источников. Однако основных потребителей, расположенных в крупных городах Камчатского края (а это 86% населения), вполне реально.

Учитывая курс, взятый Правительством РФ, на снижение использования углеводородного топлива, выбросов углекислого газа, Камчатка обязана рационально использовать местные ВИЭ (геотермальные, гидроресурсы, ветер, солнце, приливная энергия) и стать самодостаточным регионом, исключающим завоз дорогостоящего топлива.

Литература

1. Схема и программа развития электроэнергетики Камчатского края на 2022–2026 годы, 2022. URL: <https://www.kamgov.ru/minzkh/shema-i-programma-razvitia-energetiki-kamchatskogo-kraa>.
2. Предельные уровни цен на тепловую энергию (мощность) в поселениях, городских округах, не отнесенных к ценовым зонам теплоснабжения на 2022. Региональная служба по тарифам и ценам Камчатского края: официальный сайт. — Петропавловск-Камчатский, 2022. URL: <https://www.kamgov.ru/sltarif/vsfere-teplosnabzhenia> (дата обращения: 15.06.2022)
3. Кирюхин А.В., Журавлев Н.Б. Возможности использования Паратунского геотермального месторождения для теплообеспечения Камчатки. — ИВЭС ДВО РАН, 2019. — С 21–33. DOI: <https://doi.org/10.31857/S0205-96142019221-33>
4. Кирюхин А.В., Сугробов В.М. Геотермальные ресурсы Камчатки и ближайшие перспективы их освоения // Вулканология и сейсмология, 2019. №6. — С. 50–65. doi: 10.31857/S0203-03062019650-65
5. Букатов Ю.Ю., Денисов Д.К., Феофилактов С.О., Нурждаев И.А. Структурные особенности строения Больше-Банного геотермального месторождения по геофизическим данным. — ИВЭС ДВО РАН, 2020. — С. 155–158.
6. Информационная записка «О выборе стратегии энергообеспечения Центрального энергоузла Камчатского края». — АО «Зарубежнефть», 2022.
7. Аналитическая записка о состоянии изученности геотермальных месторождений в зоне Елизовского РМО, г. Петропавловска-Камчатского и возможности их использования для теплоснабжения. — АО «ЕЭС России» ОАО «ДВЭУК», 2005. — С. 4.
8. Аналитическая записка о текущем состоянии и перспективах развития возобновляемых и невозобновляемых ресурсов Камчатского края. — КГКУ «Региональный центр развития энергетики и энергосбережения, 2021.
9. К добыче теплоэнергетических вод готовится «Зарубежнефть» на Камчатке. Информационное агентство Камчатка. URL: <https://kamtoday.ru/news/society/k-dobyche-teploenergeticheskikh-vod-gotovitsya-zarubezhneft-na-kamchatke/>.

Сведения об авторах:

Фомин Сергей Юрьевич, аспирант Научно-исследовательского геотехнологического центра ДВО РАН, начальник отдела развития энергетики КГКУ «Региональный центр развития энергетики и энергосбережения»; e-mail: fomin-sergey_92@mail.ru.

Кудряшов Владимир Алексеевич, к.т.н., вед. инженер Научно-исследовательского отдела Научно-исследовательского геотехнологического центра ДВО РАН.

Водные ресурсы

УДК 627.157: 002.637 (282.247.41)

Оценка загрязнения тяжелыми металлами донных отложений ряда притоков и заливов Иваньковского водохранилища

*Г.Ю. Толкачёв, к.г.н., Б.И. Корженевский, к.г.-м.н.
ВНИИ гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова*

В статье оценена техногенная нагрузка на ряд притоков и заливов Иваньковского водохранилища, в первую очередь в пределах поселковых и городских агломераций. Осуществлена оценка влияния трёх наибольших, впадающих в водохранилище, водотоков на поступление в последнее тяжёлых металлов. Приведены результаты исследований загрязнённости донных отложений тяжелыми металлами и мышьяком, оценённых по игео-классам — по загрязнённости сорбирующей фракции (менее 0,02 мм). Основными загрязняющими элементами являются хром и цинк, по которым уровень загрязнения оценивается от слабого до умеренного. Представлена общая картина загрязнения донных отложений притоков и заливов Иваньковского водохранилища — основного источника водоснабжения г. Москва. Из полученных данных можно сделать вывод, что, несмотря на значительное количество источников загрязнения, в настоящее время говорить об опасной нагрузке на изученные объекты не приходится.

Ключевые слова: водохранилище, донные отложения, тяжёлые металлы, игео-класс, загрязнение, сорбирующая фракция, минеральная фаза.

Общие положения

Регулирование речного стока водохранилищами приводит к существенному изменению водного, гидрохимического и гидробиологического режимов не только зарегулированных рек, но и их притоков. При создании водохранилищ устанавливается новый круговорот веществ в единой системе «водные массы—донные отложения». При этом донные отложения (ДО) водохранилищ играют двоякую роль, являясь одновременно аккумулятором элементов и их соединений и источником вторичного загрязнения воды. Практически для всех освоенных территорий в аквальных ландшафтах наблюдается формирование литогеохимических аномалий в ДО. Вследствие своих высоких сорбционных свойств отложения накапливают весь комплекс загрязняющих веществ и служат индикатором техногенной нагрузки на водный объект. Показатели загрязнённости ДО позволяют установить наиболее неблагоприятные в экологическом отношении участки и скорректировать состав и объём гидрохимического и гидробиологического мониторинга.

Многообразие природных и техногенных факторов, совокупность которых и определяет особен-

ности этого круговорота, создаёт значительные трудности при его экспериментальном изучении. Особенно это касается изучения круговорота тяжёлых металлов (ТМ), существующих в природных водах и ДО в различных химических формах. Доминирование тех или иных процессов зависит, главным образом, от географического положения водного объекта, его гидрологического режима, особенностей химического состава вод, биопродуктивности, особенностей почвенного и растительного покрова водосборной территории, характера антропогенной нагрузки [1]. Иваньковское водохранилище — главный источник водоснабжения г. Москвы, поэтому проблема загрязнения его ДО в связи с возрастающей антропогенной нагрузкой на его водосборную площадь и ухудшением качества воды, подаваемой в «Канал им. Москвы», на протяжении последних десятилетий продолжает оставаться актуальной.

Объекты и методы исследования

Иваньковское водохранилище образовано в 1937 г. в результате перекрытия русла р. Волги у с. Иваньково плотиной ГЭС площадь водохрани-

лища — 327 км², площадь водосбора — 4100 км² [2]. Минеральный состав ДО водохранилища достаточно однороден — в песчаной фракции преобладает кварц. Альбит, микроклин и доломит входят в состав песчаной и пылеватой фракции; глинистая фракция представлена смектитом, каолинитом, иллитом и хлоритом. Рентгеноструктурный анализ показал, что содержание рентгеноаморфного вещества достигает 39%. Также в состав ДО вносят вклад не только продукты размыва ледниковых отложений, но и эродированных р. Волгой юрских глин и отложений каменноугольной системы. В результате изучения микроагрегатного и гранулометрического состава ДО установлено их существенное изменение по площади и глубине водоема [3]. Образцы по гранулометрическому составу варьируются в широких пределах от песка рыхлого до глины средней, причем песчаные разности приурочены либо к притокам, либо к небольшим глубинам водохранилища. Микроагрегатный состав варьируется в широком диапазоне: песчаная фракция (более 0,050 мм) составляет от 10 до 99%, пылеватая (0,050 — 0,001 мм) — от 6 до 81% и глинистая фракция — от 0 до 15%. Содержание «сорбирующей» фракции изменяется весьма значительно от 1 до 66%, при этом во всех пробах эта фракция сложена преимущественно пылеватыми частицами. Содержание органического вещества в ДО водохранилища варьируется от 1,1 до 8,8% — в ДО приплотинной части от 3,7 до 8,8% и в целом увеличивается с глубиной, хотя эта зависимость не очень четкая, что можно объяснить влиянием техногенных факторов. Наиболее гумусированные образцы в исследуемом объекте приурочены, главным образом, к приплотинной части.

Источники загрязнения на водосборной территории Иваньковского водохранилища имеют разный генезис и степень управляемости. Сосредоточенные сбросы сточных вод промышленных, коммунальных и сельскохозяйственных предприятий возможно контролировать и осуществлять некоторое регулирующее воздействие. Талые и ливневые стоки с городских территорий, промышленных площадок и животноводческих комплексов контролируются и поддаются регулирующему воздействию только при их полной канализации и стопроцентной очистке. Рассредоточенные или диффузные источники загрязняющих веществ, характерные для сельхозугодий, отличаются большим динамизмом функционирования и нестационарностью воздействия. Влияние Конаковской ГРЭС на химический состав воды в основном сводится к изменению содержания растворённых газов. Степень насыщения кислородом исходной воды и температура нагрева определяют направление и интенсивность аэрационно-деаэрационного процесса. В результате аэрационного эффекта в русловой части водохранилища обеспечиваются благоприятные кислородные условия в течение зимнего периода [4].

В водохранилище впадает 10 рек длиной более 10 км. Был исследован ряд заливов — Мошковичский, Фёдоровский, Коровинский — и притоков, самые крупные из них — рр. Сучок, Донховка и Созь. Р. Сучок протекает по территории Конаковского района и впадает в водохранилище в 3010 км от устья по правому берегу, её длина 17 км. Р. Донховка впадает несколькими километрами ниже, в черте г. Конаково. Выше города на р. Донховке расположены у д. Марьино, Дубровки, Сорокопенино, Заречье и с. Селихово. Длина реки около 30 км, в нижнем течении берега сильно застроены, обезлесены и распаханы. Ниже с. Селихово расположены несколько плотин и низких мостов. Питание преимущественно снеговое. Ниже по течению водохранилища, на 2998 км от устья по левому берегу Волги, в него впадает р. Созь длина которой составляет 34 км.

В работе приведена оценка загрязнения ДО рек и заливов следующими тяжелыми металлами: Cd, Cu, Pb, Zn, Cr, Ni, Fe, Mn, а также As, без учёта конкретных источников загрязнения. Створы располагались следующим образом: створ выше города, промзоны, сельхозтерритории или притока, и створ ниже предполагаемого источника загрязнения в зоне смешения сточных и поверхностных вод. Пробы отбирались из поверхностного слоя ДО. Все изученные образцы состоят из близких по минеральному составу компонентов, что позволяет считать результаты оценки сопоставимыми. Использовался пробоотборник грейферного типа. Проба весом 300–500 г помещалась в широкогорлую пластиковую посуду, гомогенизировалась и распределялась по пакетам для исследований. Главное требование контроля качества проб — исключение их загрязнения в процессе отбора, транспортировки и хранения. Для упаковки проб ДО использовались полиэтиленовые пищевые пакеты, пробы хранились в холодильнике. Далее выделялась «сорбирующая фракция» размером менее 0,020 мм. Эта фракция практически полностью состоит из высокодисперсных глинистых минералов, оксидов Fe и Mn, органического вещества, обладающего максимальными сорбционными свойствами [5]. Выделение этой фракции осуществлялась мокрым просеиванием, которая выпаривалась и высушивалась до воздушно-сухого состояния в сушильных шкафах при температуре не выше +60°C. Для корректировки результатов анализов определяли гигроскопическую влажность воздушно-сухих образцов. Определение концентраций тяжёлых металлов в пробах ДО проводилось методами атомной адсорбции (Cd) и ICP — после их разложения в «царской водке».

Аккумуляция ТМ в ДО оценивалась с помощью «индекса геоаккумуляции» (1) [6], который характеризует относительную кратность загрязнения донных отложений (против природного фона) во фракциях грунта <20 мкм:

$$I\text{-geo}, n = \log_2 (C_n / 1,5Bn), \quad (1)$$

Содержание ТМ в точках отбора проб донных отложений притоков Иваньковского водохранилища
(числитель — мг/кг; знаменатель — игео-класс)

Водный объект, привязка	№ № створа	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb	As
р. Дойбица, мост Конаковского ш., левый берег 20 м ниже моста	1	263/1	11,6/фон	27/фон	24/фон	196/1	0,54/1	40/1	12,5/фон
р. Инюха, пос. Весна, ул. Сиреневая, ЛЭП 112, правый берег	2	176/1	5,9/фон	36/фон	32/фон	3/фон	0,03/фон	8/фон	8,5/фон
р. Сучок, д. Вахромеево, ул. Заречная, д. 16, правый берег	3	164/1	11,2/фон	59/фон	55/0	393/2	0,53/1	22/0	14,2/0
р. Сучок, г. Конаково, ул. Рыбацкая, правый берег	4	241/1	4,2/фон	17/фон	14/фон	384/2	-	13/фон	10,1/фон
р. Донховка, г. Конаково, пешеходный мост вблизи устья	5	139/1	9,0/фон	51/фон	46/0	401/2	0,37/0	33/1	17,4/0
р. Донховка, г. Конаково, ул. Баскакова, автост	6	184/1	3,7/фон	38/фон	36/фон	356/2	0,36/0	55/1	22,2/1
р. Донховка, г. Конаково, ул. Маяковского, д. 12	7	181/1	6,9/фон	37/фон	34/фон	262/1	0,41/0	49/1	13,8/0
р. Донховка, г. Конаково, ул. Октябрьская, автост	8	178/1	12,6/фон	23/фон	17/фон	281/1	0,43/0	14/фон	19,4/0
р. Донховка, д. Дубровка, ниже ж/б моста-запруды	9	-	7,4/фон	40/фон	29/фон	208/1	0,49/1	42/1	11,7/фон
р. Торопка, д. Юрьево, ул. Нижняя, д. 8А	10	180/1	7,1/фон	32/фон	27/фон	241/1	0,34/0	50/1	15,0/0
р. Донховка, г. Конаково, устье	11	262/1	10,1/фон	11/фон	11/фон	1055/3	0,28/фон	163/3	43,3/2
р. Созь, 500 м ниже пос. «1 Мая»	12	226/1	6,9/фон	31/фон	40/фон	177/1	-	29/0	12,6/фон
р. Сосца, 1 км выше впадения в р. Созь	13	137/1	0,4/фон	28/фон	20/фон	244/1	0,24/фон	2/фон	12,4/фон
р. Созь, 100 м ниже впадения р. Сосцы	14	180/1	8,8/фон	30/фон	27/фон	212/1	0,15/фон	25/0	11,0/фон
р. Созь, устье	15	214/1	3,9/фон	41/фон	33/фон	585/3	0,46/1	44/1	14,6/0

где C_n — измеренная концентрация элемента n в донных отложениях (фракция менее 20 мкм); B_n — геохимическая фоновая концентрация элемента n по А.П. Виноградову [7] или К. Тюрекиану и К. Видеполу [8].

На основании этого уравнения ДО подразделяются на классы качества по каждому тяжелому металлу и As. Выражение $C_n/1,5B_n$ по сути дела представляет собой коэффициент накопления, где фоновое значение дается с определенным запасом [9]. На основании данной классификации составляются карты загрязнения донных отложений по каждому элементу.

Также целесообразно использовать суммарный показатель токсического загрязнения — СПТЗ, разработанный для оценки загрязнения ТМ городских почв [10]:

$$СПТЗ = \sum K_c K_T - (n-1), \quad (2)$$

где $K_c = C/C_\phi$; C — содержание элемента в изучаемой среде; C_ϕ — фоновое содержание (глобальный или региональный фон); K_T — коэффициент токсичности химического элемента [10]; n — число учитываемых элементов. Допустимая категория загрязнения <16, умеренно опасная 16–32, опасная 32–128, чрезвычайно опасная >128.

Обсуждение результатов

Результаты проведенных исследований ДО притоков, заливов и некоторых районов водохранилища отображены в табл. 1 и 2, там же приведены уровни загрязнения вышеперечисленными элементами, выраженные в игео-классах.

Таблица 2

**Содержание ТМ в точках отбора проб донных отложений заливов и районов
Иваньковского водохранилища (числитель — мг/кг; знаменатель — игео-класс)**

Водный объект, привязка	№ № створа	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb	As
залив Мошковский, СНТ № 6	16	254/1	5,9/фон	43/фон	42/фон	366/2	0,91/2	39/1	14,0/0
залив Фёдоровский, д. Фёдоровское, ул. 2ая Центральная, левый берег	17	230/1	10,5/фон	43/фон	39/фон	260/1	0,55/1	46/1	12,3/фон
залив Фёдоровский, д. Фёдоровское, ул. Светлая, левый берег	18	304/2	9,8/фон	58/фон	54/0	179/1	0,10/фон	17/фон	12,5/фон
залив Коровинский, д. Новое Заовражье, левый берег	19	250/1	2,2/фон	1/фон	2/фон	174/1	-	36/1	13,0/фон
залив Домкинский, д. Новое Домкино, правый берег	20	223/1	11,4/фон	36/фон	34/фон	198/1	-	36/1	10,2/фон
Иваньковское вдхр., 300 м от правого берега, 1 км выше устья р. Донховки	21	257/1	7,5/фон	6/фон	48/0	425/2	0,33/0	24/1	9,0/фон
Иваньковское вдхр., г. Конаково, 150 м от правого берега	22	167/1	8,0/фон	62/фон	56/0	458/2	0,44/0	36/1	11,6/фон
Иваньковское вдхр., 200 м от устья р. Созь к фарватеру	23	-	2,7/фон	45/фон	35/фон	417/2	0,03/фон	32/1	10,1/фон
залив Мошковский, устье	24	147/1	6,7/фон	52/фон	43/фон	487/2	0,54/1	26/0	10,3/фон
залив Мошковский, 100 м выше очистных сооружений	25	231/1	5,9/фон	42/фон	47/0	466/2	0,59/1	-	-
залив Мошковский, СНТ Юность, мост, река Малиновка	26	223/1	6,1/фон	38/фон	30/фон	298/2	0,38/0	23/0	9,3/фон
залив Мошковский, 300 м ниже водопада	27	81/фон	7,8/фон	40/фон	31/фон	475/2	0,55/1	26/0	9,7/фон

Таблица 3

**Содержание оксидов в ДО рр. Дойбица, Инюха, Сучок и Донховка,
и в русловой части Иваньковского водохранилища, %**

Оксиды	Номер створа												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	16	18	19	24
SiO ₂	39,94	36,28	46,03	35,02	36,11	31,50	31,38	28,14	28,18	40,64	20,62	24,31	31,89
TiO ₂	1,06	0,81	0,95	0,87	0,86	0,85	0,86	1,00	0,95	1,07	1,08	1,00	0,92
Al ₂ O ₃	14,53	13,28	15,05	12,79	14,68	13,92	14,02	14,91	16,09	15,83	17,11	16,62	17,93
Fe ₂ O ₃	5,49	6,92	6,96	6,57	8,19	6,77	7,89	8,89	22,78	5,90	9,57	10,83	20,42
MnO	0,06	0,13	0,08	0,15	0,16	0,12	0,11	0,25	1,10	0,11	0,21	0,22	0,53
CaO	1,64	3,87	2,17	2,35	3,50	5,90	4,04	3,96	5,04	2,39	2,75	2,76	2,75
MgO	2,89	2,37	2,50	1,83	2,13	2,63	2,43	2,49	2,18	2,42	2,66	2,40	1,73
K ₂ O	2,62	2,08	2,25	2,30	2,04	2,12	2,07	2,43	2,33	2,50	2,75	2,45	2,16
Na ₂ O	0,78	0,07	0,78	0,25	0,70	0,32	0,92	1,47	-	0,70	0,43	1,00	-
Сумма	69,01	65,8	76,76	62,12	68,36	64,13	63,71	63,54	78,64	71,56	57,18	61,6	78,3

Значительную, а местами и подавляющую часть исследованных донных отложений составляет минеральная фаза в виде оксидов металлов (табл. 3, 4). Как видно из приведённых таблиц, наибольшую часть представляют оксиды кремния (до 60%), алюминия (до 17%) и железа (до 20–23%).

Наивысшее процентное содержание SiO₂ отмечено в ДО притоков, а также Федоровского и Коровинского заливов. В то же время в ДО русловой части водохранилища соотношение сдвигается в сторону Al₂O₃ и Fe₂O₃, и между ними на-

блюдаются более близкие значения, что в свою очередь может свидетельствовать о лучшей сорбционной способности отложений. Наименьшее содержание минеральной составляющей отмечено для ДО Мошковского залива, что может объясняться повышенной относительно остального водохранилища температурой воды в результате теплового загрязнения от Конаковской ГРЭС и, как следствие, увеличением органической составляющей в воде и отложениях. Исходя из имеющихся данных, можно констатировать, что значительная

Таблица 4

Содержание оксидов в ДО Мошковского, Федоровского, Коровинского заливов и р. Созь, %

Оксиды	Номер створа													
	10	25	26	27	28	11	12	13	14	15	20	21	22	23
SiO ₂	18,32	30,28	15,34	15,34	0,70	34,33	30,53	34,92	61,80	60,70	42,38	23,59	44,90	27,36
TiO ₂	1,02	0,97	0,64	0,92	0,95	1,00	0,94	1,05	1,21	1,02	0,69	0,92	0,72	1,00
Al ₂ O ₃	15,83	16,66	9,64	14,98	19,42	15,08	14,07	13,33	12,08	10,58	8,74	15,68	10,35	16,70
Fe ₂ O ₃	8,72	10,25	7,79	8,34	19,75	8,19	6,67	6,46	3,21	3,44	4,48	9,21	5,29	9,13
MnO	0,15	0,19	0,12	0,14	0,52	0,20	0,07	0,17	0,03	0,05	0,04	0,08	0,03	0,13
CaO	4,31	2,99	6,83	4,32	4,78	3,09	4,46	2,81	0,76	1,21	2,20	2,34	2,07	2,34
MgO	2,75	2,47	2,02	2,23	1,97	2,80	2,91	2,37	1,23	1,25	1,89	2,11	1,60	2,71
K ₂ O	2,56	2,28	1,75	2,24	2,45	2,50	2,45	2,74	2,36	2,28	1,71	2,07	1,64	2,49
Na ₂ O	0,05	0,78	-	0,43	-	0,30	0,42	0,58	2,26	0,23	0,03	1,14	0,52	1,14
Сумма	53,72	66,87	44,13	48,95	50,55	67,49	62,52	64,41	84,94	80,75	62,15	57,15	67,11	62,99

часть изучаемых ТМ сорбирована в минеральной фазе донных отложений.

В ДО р. Дойбица, впадающей по правому берегу в Шошинский плёс Иваньковского водохранилища, содержание Co, Ni и Cu соответствует фоновым значениям. Содержание Cd, Pb, Zn и Cr соответствует 1 иgeo-классу, т.е. слабозагрязнённому уровню и слабой техногенной нагрузке. При этом концентрации последних двух элементов достаточно высоки и приближаются к верхней границе уровня. Протекающая в нескольких километрах ниже р. Инюха впадает в Волжский плёс водохранилища, являющийся затопленным руслом р. Волги. Содержание практически всех исследуемых элементов, кроме Cr (1 иgeo-класс) находится на фоновом уровне. Вместе с тем данные реки протекают через населённые пункты по достаточно урбанизированной территории, при этом неоднократно пересекаются автодорогами. Выявленные низкие показатели загрязнения ДО могут объясняться в первую очередь крайне малым количеством тонкодисперсной фракции, при подавляющем соотношении в пользу песчаных фракций — из чего можно предположить транзитный перенос имеющихся элементов в растворённых формах в водах упомянутых рек.

Ниже по течению водохранилища также по правому берегу впадают рр. Сучок и Донховка. Перечисленные реки протекают на расстоянии нескольких километров друг от друга. Р. Сучок протекает вблизи г. Конаково, через ряд малых населённых пунктов, р. Донховка в среднем и нижнем течении протекает непосредственно через г. Конаково. В ДО р. Сучок от Конаковского шоссе до впадения в водохранилище содержание Zn соответствует 2 иgeo-классу — умеренно загрязнённому, а также умеренной техногенной нагрузке. Содержание Cr не превышает 1 иgeo-класса, все остальные элементы находятся на фоновом уровне либо на уровне незагрязнённого 0 иgeo-класса. В ДО в районе впадения р. Донховка в водохранилище содержание Zn и Pb соответствует 3 иgeo-классу — средне загрязнённому уровню и умеренной техногенной

нагрузке, содержание As — 2 иgeo-классу и также умеренной нагрузке, Cr — 1 иgeo-классу; загрязнения остальными элементами не превышают фоновых значений. Выше по р. Донховке в 200 м, вблизи впадения в водохранилище, концентрации Zn, Pb и As снижаются соответственно до 2, 1 и 0 иgeo-классов; Cr, как и на всём протяжении реки, стабильно остаётся на уровне 1 иgeo-класса, остальные элементы соответствуют незагрязнённому уровню. По течению р. Донховка, выше г. Конаково и в его пределах, концентрации элементов, кроме Zn, остаются практически на одном уровне; концентрация Zn повышается с 1 иgeo-класса выше города до 2 иgeo-класса в его черте. В ДО собственно ложа водохранилища, на участке между впадением рр. Сучок и Донховка, а также ниже впадения р. Донховки напротив г. Конаково (под ЛЭП) вблизи правого берега, картина загрязнения практически идентична. Средне загрязнённому уровню, или 2 иgeo-классу, соответствует только содержание Zn; Cr и Pb находятся на уровне 1 иgeo-класса, содержание остальных элементов — на фоновом либо незагрязнённом уровне.

Также были рассмотрены ДО Фёдоровского, Коровинского, Домкинского и Мошковского заливов, образовавшихся при создании водохранилища — частично при подпоре впадающих в него малых рек. В ДО р. Торопка в месте впадения в Фёдоровский залив только содержание Cr, Zn и Pb соответствует 1 иgeo-классу. Далее по левому берегу залива наблюдаются аналогичные уровни загрязнения за исключением Cr — его содержание повышается до 2 иgeo-класса в районе д. Федоровское. Участок от р. Торопка до острова Уходова рассматривается как переходный между подпорной зоной впадающей реки и заливом водохранилища, при этом его левый берег практически целиком застроен и испытывает значительную рекреационную нагрузку. В мелководных (1,5–3 м) Домкинском и Коровинском заливах уровни загрязнения ДО практически одинаковы: Cr, Zn и Pb находятся на уровне 1 иgeo-класса. Все остальные элементы — на уровне фоновых значений. Это мо-

жет быть связано с преобладанием песчаных ДО с их малой сорбирующей способностью, а также с удалённостью самих заливов от фарватера водохранилища и активных источников загрязнения.

С левого берега в водохранилище впадает р. Созь — самый протяжённый и полноводный его приток, судоходный до пос. «1 Мая». В свою очередь в р. Созь ниже посёлка впадает р. Сосца. В ДО обеих рек приблизительно на 1 км выше их слияния, а также в ДО р. Соци непосредственно ниже впадения р. Сосцы, как и в некоторых вышеупомянутых районах, наблюдаются идентичные уровни загрязнения. Содержание Cr и Zn соответствует 1 иgeo-классу, остальные элементы, также как и в ряде других районов, находятся на незагрязнённом уровне. В устье р. Соци содержание Zn повышается до 3 иgeo-класса — средне загрязнённого уровня, также незначительно повышаются концентрации Pb и Cd до 1 иgeo-класса; на удалении от устья в сторону фарватера (приблизительно 200 м) незначительно снижаются концентрации Zn (с 3 до 2 иgeo-класса) и Pb, Cd — до фонового уровня.

Отдельного упоминания заслуживает Мошковский залив — приёмник сточных вод с Конаковской ГрЭС, испытывающий при этом значительную антропогенную нагрузку. В верховьях залива, непосредственно в месте впадения в него р. Малиновка, ДО представлены преимущественно илистым песком. Наибольшему уровню загрязнения, как и в большинстве других районов, соответствует Zn и Cr — 2 и 1 иgeo-класс соответственно, остальные элементы не превышают 0 иgeo-класса. Далее по заливу вплоть до очистных сооружений наблюдается аналогичная картина загрязнения, только содержание Cd повышается до 1 иgeo-класса. Ниже сброса сточных вод уровни загрязнения ДО на середине залива находятся на том же уровне, что и выше, при этом в районе застроенного левого берега повышается содержание Cd до 2 иgeo-класса и Pb — до 1 иgeo-класса. На выходе из залива в водохранилище содержание Zn, как и во всём заливе, стабильно соответствует 2 иgeo-классу; содержание Cd возрастает до 1 иgeo-класса; содержание Cr, как и в большинстве остальных приведённых точек отбора, соответствует 1 иgeo-классу.

Таким образом, из всех исследуемых элементов наивысшее содержание отмечено для Zn — изменяется вблизи умеренно загрязнённого уровня. Содержание Cr во всех исследованных районах находится на слабо загрязнённом уровне; содержание остальных элементов в основном соответствует фоновым либо незагрязнённым значениям, повышается в отдельных районах до слабо загрязнённого уровня и не представляет существенной опасности.

По результатам расчётов СПТЗ во всех исследованных районах находится в пределах допустимой категории загрязнения — что свидетельствует о благополучной обстановке для данных районов

относительно изучаемых элементов. Как было отмечено выше, наиболее значительным загрязнителем является Zn, однако даже его уровни содержания в малых реках и заливах не вызывают серьёзных опасений. Такие незначительные — несмотря на застройку и развитую инфраструктуру — уровни загрязнения ТМ могут быть связаны как с незначительным их поступлением в обследованные водоёмы, так и с их разбавлением в водной массе с последующим распределением по значительной площади. Сопоставление концентраций ТМ в ДО притоков водохранилища — рр. Сучок, Донховка и Созь — и прилегающих к их устьям районов водохранилища указывает на практически идентичные уровни загрязнения, что позволяет сделать вывод об отсутствии выноса ТМ из данных притоков. В свою очередь представляется возможным сделать вывод об отсутствии влияния притоков на загрязнение микроэлементами ДО водохранилища.

Выводы

Наиболее значительными загрязняющими веществами в исследованных районах Ивановского водохранилища являются Zn и Cr, при этом содержание Zn не превышает умеренного, а Cr — слабо загрязнённого уровня. Содержание остальных элементов соответствует либо слабо загрязнённым, либо фоновым значениям, и говорить о высоком загрязнении не приходится.

Исследования ДО основных притоков водохранилища — рр. Сучок, Донховка и Созь показали, что наименее загрязнённой закономерно является р. Созь с притоком р. Сосцой, впадающая с левого берега с гораздо меньшей антропогенной нагрузкой, чем на правом. Наибольшей антропогенной и техногенной нагрузке подвержена р. Донховка — однако даже в черте г. Конаково её уровень не превышает умеренной с локальным средним уровнем загрязнения Zn и Pb в устье.

Сопоставление концентраций ТМ в ДО рр. Сучок, Донховка и Созь и прилегающих к их устьям русловых участков водохранилища выявило одинаковые уровни загрязнения, что позволяет сделать вывод об отсутствии выноса ТМ из данных притоков. Таким образом возможно сделать вывод об отсутствии влияния притоков на загрязнение микроэлементами ДО водохранилища.

Наиболее загрязнённые из опробованных ДО заливов отмечены для Мошковского, однако даже максимальный уровень Zn не превышает умеренно загрязнённого. Также в ДО залива из всех изученных наиболее значительна органическая составляющая, которая, тем не менее, не оказывает влияния на содержание всех элементов. Распределение загрязнений достаточно равномерно по площади — это свидетельствует о том, что сброс сточных вод с Конаковской ГРЭС не оказывает влияния на их перераспределение.

Суммарный показатель токсического загрязнения во всех исследованных районах соответствует допустимой категории загрязнения, что свидетельствует о благополучной обстановке относительно изучаемых элементов. Такие незначительные, не-

смотря на застройку и развитую инфраструктуру, показатели загрязнения могут быть связаны как с незначительным поступлением, так и с миграцией загрязнителей в водной массе и рассеянием по площади водоёма.

Литература

1. *Законнов В. В.* Осадкообразование в водохранилищах Волжского каскада: автореф. дисс. ...д.г.н. — М.; 2007.
2. *Авакян А. Б., Салтанкин В. П., Шарапов В. А.* Водохранилища и их воздействия на окружающую среду. — М.: Наука, 1987. — 296 с.
3. *Коломийцев Н. В., Корженевский Б. И., Аверкина Т. И., Самарин Е. Н.* Характеристика состава донных отложений озера Селигер и Ивановского водохранилища / Матер. VIII конф. «Сергеевские чтения» памяти акад. Е.М. Сергеева «Инженерная геология и геоэкология. Фундаментальные проблемы и прикладные задачи» (Москва, 24–25 марта 2016 г.). — М., 2016. — С. 58–62.
4. *Иваньковское водохранилище: современное состояние и проблемы охраны* / Абакумов В.А., Ахметьева Н.П., Бреховских В.Ф. и др. — М.: Наука, 2000. — 344 с.
5. *Коломийцев Н. В., Корженевский Б. И., Ильина Т. А., Гетьман Е. Н.* Оценка техногенной нагрузки на водные объекты по загрязненности донных отложений // Мелиорация и водное хозяйство, 2015. №6. — С. 15–19.
6. *Mueller G.* Schwermetalle in den Sedimenten des Rheins — Veraenderungen seit 1971 // Umschau 79, 1979. H.24. — S. 778–783.
7. *Виноградов А. П.* Геохимия редких и рассеянных элементов в почвах. — М.: Изд-во АН СССР, 1957. — 235 с.
8. *Turekian K. K., Wedepohl K. H.* Distribution of the Elements in Some Major Units of the Earth's Crust // Geological Society of America, 1961. V. 72. — P. 175–192.
9. Моделирование эрозионных процессов на территории малого водосборного бассейна / Под ред. А.С. Керженцева, Р. Майснера. — М.: Наука, 2006. — 223 с.
10. Методические рекомендации по оценке загрязнения городских почв и снежного покрова тяжелыми металлами / В.А. Большаков, Ю.Н. Водяницкий, Т.И. Борисочкина, З.Н. Кахнович, В.В. Мясников. — М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева, 1999. — 32 с.

Сведения об авторах:

Толкачёв Глеб Юрьевич, к.г.н., с.н.с., ВНИИГиМ; e-mail: k-26@yandex.ru.

Корженевский Борис Игоревич, к.г.-м.н., с.н.с. ВНИИГиМ; e-mail: 542609@list.ru.

Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова (ВНИИГиМ), г. Москва.

Короткие сообщения

Акция «Вода России»

17 сентября, на границе Ленинградской области и Санкт-Петербурга состоялся масштабный субботник, организованный совместно с правительствами обоих регионов и региональным отделением ВООП в рамках акции «Вода России».

В рамках Акции более 70% добровольцев и местных жителей наводили порядок на побережье Финского залива, слушали эколлекции и учились правильному подходу к утилизации отходов. Результатом ударного труда волонтеров, прошедших 4 км береговой линии и прибрежной лесополосы, стали 320 мешков мусора, среди которых выделялись 36% пластика, 20% металла, 18% стекла и 26% бытового мусора. «Сегодня с нами уже почти 900 тысяч человек, которые по всей стране вот так организованно выходят и убирают мусор с берегов наших водных объектов. А ведь мы знаем, что мусор сам себя на берег не приносит, но очень сильно загрязняет наши любимые реки, озера, пруды. Сегодня здесь я бы хотел сказать вам всем большое спасибо, что вы с нами, это очень почетно и ценно», — отметил директор Центра развития водохозяйственного комплекса Минприроды России, лидер акции «Вода России» Илья Разбаш. На сегодняшний день «Вода России» является крупнейшим волонтерским экопроектом в стране, объединившим уже более 8 млн человек. Только за 2022 год в эко-субботниках в рамках акции «Вода России» поучаствовало более 850 тыс. добровольцев, которые провели 160 00 мероприятий. Волонтерами было очищено 10300 водоёмов, а количество собранных в этом году отходов превышает 113 тыс. м³ — такой объем вмещают 150 тыс. мусорных контейнеров.

Росводресурсы

Земельные ресурсы

УДК 631.43

Изменение структурного состояния и некоторых свойств почв разновозрастных залежей Ярославского Поволжья в контексте оценки земельных ресурсов региона

*А.В. Русаков, д.г.н., А.И. Попов, д.с.-х.н., Ю.В. Симонова, А.Г. Рюмин, Д.М. Мирин, к.б.н.
Санкт-Петербургский государственный университет*

Выявлены тренды изменения структурного состояния и некоторых свойств почв разновозрастных залежей Ярославского Поволжья в контексте оценки земельных ресурсов региона. Для залежных почв выявлено существенное улучшение их структурного состояния и ряда базовых свойств (проградационные процессы), фиксируемые в верхних слоях постагрогенной толщи по сравнению с нижними; эти процессы наиболее выражены в супесчаных почвах. Мониторинговые исследования в ряду пашня-залежь для супесчаных почв, в отличие от суглинистых, показали улучшение их агрофизических и ряда физико-химических и химических свойств. В методологическом отношении среди параметров агрегатного состояния почв степень агрегированности по Бейверу (K_b) можно использовать в качестве универсального в исследованиях подобного рода.

Ключевые слова: залежи, постагрогенные почвы, Ярославское Поволжье, агрегатный состав, коэффициенты структурности.

Введение

Для анализа агроресурсного потенциала залежных почв Нечерноземья в контексте оценки земельных ресурсов региона и выявления тренда их изменений в морфологии и свойствах за период постагрогенеза крайне важно знать всестороннюю исходную характеристику бывших агропочв. Это становится актуальным в связи с тем, что разработанная Минсельхозом России Государственная программа эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса РФ на 2021–2030 гг. [1] предполагает возвращение 12 млн га из 44 млн га всех неиспользуемых земель России. Так, усредненные данные свидетельствуют [2], что в настоящее время в каждом субъекте РФ не распахивается и не используется в сельскохозяйственном производстве примерно 28,5% площади пахотных угодий.

Известно, что структура почвы во многом определяет ее агрофизические свойства, отвечает за водный, тепловой и питательный режимы, газо-

обмен. В этом смысле данные о микроагрегатном составе почвы при переводе ее из пашни в залежь приобретают особое значение, поскольку позволяют количественно оценить характер и степень изменения структурного состояния почв, однако изучению агрофизических свойств залежных почв, в том числе их агрегатного состояния, не уделяется должного внимания [3–5].

Цель данной работы: выявить тренды эволюционных изменений агрегатного состояния и некоторых базовых свойств агропочв при переводе их в залежное состояние. Задачи заключались в следующем: 1) оценка характера и степени изменения свойств в пределах бывшей пахотной толщи (сравнение верхнего и нижнего слоев); 2) оценка степени трансформации свойств почв в период постагрогенеза.

Материалы и методы

Для выявления трендов эволюционных изменений в пахотных почвах после снятия с них антропогенной нагрузки применялись методы



Рис. 1. Районы исследования и местоположение почв хронорядов на мониторинговых площадках, Ярославская область

сравнительного анализа в хронорядах почв, основанных на двух сроках наблюдений. Первый из них относится к 1991 г. (заложение реперных разрезов), а второй — к повторному заложению на этом же месте сети почвенных разрезов на разновозрастных залежах (рис. 1).

В качестве пахотных почв (реперные разрезы, отправная точка мониторинга) использовались только автоморфные почвы, классифицированные по «Классификации и диагностике почв СССР» [6] как освоенные, окультуренные и культурные дерново-подзолистые почвы. В качестве объектов исследования послужили архивные образцы агропочв, отобранные при крупномасштабном (М 1:10000) почвенном картографировании землепользований хозяйств в течение 1986–1990 гг.

(IV тур оценки земель) в Пoshхонском, Брейтовском и Угличском районах Ярославской области, в котором первый автор этой статьи принимал непосредственное участие.

Достаточно точная привязка почвенных разрезов к постоянным объектам на местности и на почвенных картах во время картографирования 1986–1990 гг. определила высокое пространственное разрешение, необходимое для ретроспективного мониторинга эволюционных изменений почв в их постагрогенный период. Этому же способствовала обработка архивных почвенно-картографических материалов в ГИС-программах (пакеты ArcGIS 10.2 и QGIS 3.8.1) с привязкой на основе подложки из космических снимков высокого разрешения; такая обработка позволила

с высокой точностью определить места закладки почвенных разрезов современного этапа мониторинга (2019–2020 гг.).

Исследованные почвы сформированы на однородных и двучленных почвообразующих породах четвертичного возраста широкого спектра, которые различаются по гранулометрическому составу (от песков до суглинков, доминируют супесчаные и легкосуглинистые разности). В обработку были включены 21 разрез почв залежей и 16 пар мониторинговых разрезов (пашня — залежь). Все почвы, как современного, так и первого этапа мониторинга, классифицировались нами в соответствии с КидПР [7].

Образцы почв хронорядов («архивные» и отобранные в 2019–2020 гг.) подверглись единовременной аналитической обработке попарно по единым общепринятым методикам [8, 9].

В работе применяли наиболее полный набор показателей, используемых для интерпретации данных двух сопряженных анализов — микроагрегатного и гранулометрического и оценки структурного состояния почв:

- степень агрегатности по Бейверу и Родесу (Ка) [10];
- степень агрегированности по Бейверу (Кb) [11];
- показатель микрооструктурности по Данилову (М) [12];
- коэффициент общей агрегированности по Водяницкому (Коа) [13];
- число агрегации по Пустовойтову (П) [9].

Удельная поверхность (УП) определялась расчетным способом на основе содержания гумуса (Г) и фракции физической глины [14].

Для определения возраста залежи на пробных площадках размером 20×20 м с центром на опорном разрезе почвы описана растительность [15]; в пределах однородного по растительности контура внутри пробной площади пробурены визуально самые старшие деревья, по годичным кольцам определен их возраст. В случае отсутствия взрослых деревьев и наличия подроста максимальный возраст присутствующих древесных растений установлен путем подсчета годичных приростов на побеге.

Все полученные данные подвергались математической обработке методами вариационной статистики [16–18]. Оценка существенности различия между выборочными средними (между средними вариантов) проводилась с помощью дисперсионного анализа при сравнении критерия Фишера фактического (F_{ϕ}) с теоретическим критерием (F_{05}) при $\alpha = 0,05$, а оценка значимости разности между средними — по величине наименьшей существенной разности (HCP_{05}). Сравнение показателей свойств верхнего и нижнего слоев постагрогенной толщи, а также этой толщи и исходных (архивных) пахотных горизонтов проводилась по правилам обсчета двухфакторного

опыта. В первом случае фактор А — расположение сравниваемых слоев («верх-низ») постагрогенной толщи почв залежей, во втором фактор А — сохранение свойств почв залежей по сравнению с «архивными» пахотными горизонтами. В обоих случаях фактор В — возраст залежи. При сравнении верхней и нижней частей гумусового горизонта современных объектов исследования, а также при сравнении гумусового слоя «архивных» и современных объектов исследования высчитывались средние геометрические показатели:

$$X_{\text{геом.}} = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n k_i}.$$

При статистической обработке величины $pH_{\text{КCl}}$ преобразовывались в молярную концентрацию ионов водорода:

$$M_{H^+} = 10^{-pH_{\text{КCl}}}.$$

Результаты и обсуждение

Все изученные нами почвы разновозрастных залежей и их реперные аналоги были объединены в две группы. Первая включала в себя супесчаные разности, то есть почвы, имеющие легкий гранулометрический состав и сформированные на супесчано-песчаных однородных и двучленных отложениях. Вторая группа включала почвы суглинистого (в основном легкосуглинистого) гранулометрического состава как на однородных суглинисто-глинистых, так и на двучленных породах различного генезиса. Необходимость разделения объектов исследования на две группы обусловлена тем обстоятельством, что в организации структуры (особенно микроагрегатов) основная связующая роль между пылеватыми и песчаными частицами отводится илистым частицам. Это определяет устойчивость и стабильность агрегатов, а также позволит определить характер и тренды постагрогенной трансформации почв после снятия антропогенной нагрузки.

В табл. 1 приведены характеристики микроагрегатного состава верхней и нижней частей постагрогенной толщи (гумусовых горизонтов) девяти разрезов супесчаных почв разновозрастных залежей. Как нами было установлено, почти у половины залежных почв на месте относительно однородного пахотного горизонта уже через 20–25 лет диагностирован вновь образованный серогумусовый горизонт АУ мощностью 8–10 см. В нижней части почв залежей находились постагрогенные горизонты Рра мощностью 17–30 см; во всех случаях (даже у молодых залежей) исходная пахотная толща дифференцирована на два, реже — на три горизонта (см. табл. 1). У трети исследованных профилей диагностированы морфологические признаки оглеения. При этом в залежах 4–9-летнего возраста оглеение охватывало всю постагрогенную толщу, а в почве самой старой

Таблица 1

Постагрогенные супесчаные почвы разновозрастных залежей: параметры микроструктурного состояния, физические свойства, содержание гумуса и результаты дисперсионного анализа данных

Разрез	Возраст / средний, лет	Горизонт	Глубина, см	Параметры							ρ _b , г/см³	Содержание гумуса (Г), %
				Ка	Кб	М	Коа	П	УП, м²			
Верхняя часть постагрогенной толщи (0–5(10) см)												
P-173–20	3–5/4	Ppa,g1	0–10	26	37	18	13	16	43,5	1,30	3,02	
У-19–20	8–10/9	Ppa,g1	0–10	21	46	19	11	19	40,6	1,35	2,49	
Г-136–20	16–20/18	Ppa1	0–10	54	35	27	19	17	38,3	1,11	2,53	
Г-120–20	17–20/19	Ppa1	0–10	41	19	15	11	15	27,6	1,17	1,64	
Г-146–20	20–25/22	AY	0–8	44	25	19	13	12	39,5	He опр.	2,77	
P-131–19	20–25/23	Ppa1	0–5	12	50	13	8	6	67,9	1,13	3,28	
Г-100–20	28–30/29	AY	0–10	59	24	17	9	16	38,5	1,27	2,35	
ЗИ-223а-19	30–32/31	AY	0–10	38	28	19	13	13	38,1	1,12	2,67	
У-113–20	32–33/33	AY	0–10	13	21	9	7	12	43,2	1,21	3,02	
F _{факт.}				50,83	26,04	20,22	21,62	20,34	6,18	1,32	4,42	
F ₀₅				2,51	2,51	2,51	2,51	2,51	2,51	2,66	2,51	
НСР ₀₅				2,2	1,7	0,7	0,4	0,6	5,88	0,043	1,226	
Нижняя часть постагрогенной толщи (8(10)-25(40) см)												
P-173–20	3–5/4	Ppa,g2	20–30	34	45	24	17	16	33,9	1,47	2,20	
У-19–20	8–10/9	Ppa,g2	20–30	20	43	16	9	17	31,3	1,48	1,41	
Г-136–20	16–20/18	Ppa2	10–25	45	30	21	16	16	29,2	1,36	1,72	
Г-120–20	17–20/19	Ppa2	23–28	36	15	13	8	13	22,3	1,42	1,10	
Г-146–20	20–25/22	Ppa	10–30	40	15	12	8	10	23,2	He опр.	1,31	
P-131–19	20–25/23	Ppa3	30–40	7	26	8	8	5	21,7	1,57	1,28	
Г-100–20	28–30/29	Ppa	20–25	42	20	16	11	19	29,4	1,35	1,33	
ЗИ-223а-19	30–32/31	Ppa2	28–34	26	16	11	8	11	27,5	1,47	1,71	
У-113–20	32–33/33	Ppa,g	20–36	14	25	4	8	13	25,2	1,43	1,49	
F _{факт.}				48,45	39,34	47,53	23,85	26,95	2,43	0,50	9,25	
F ₀₅				2,51	2,51	2,51	2,51	2,51	2,51	2,66	2,51	
НСР ₀₅				1,6	1,3	0,6	0,4	0,5	2,77	0,052	0,055	
Общее варьирование												
F _{факт.}				48,10	32,15	33,95	22,10	22,37	9,13	He опр.	6,08	
F ₀₅				2,06	2,06	2,06	2,06	2,06	2,06		2,06	
НСР ₀₅				4,2	3,7	2,4	2,0	2,3	6,38		2,437	
Влияние фактора А — расположение сравниваемых слоев («верх-низ») в пределах постагрогенной толщи												
F _{факт.}				20,63	37,19	58,42	12,76	2,98	75,37	He опр.	32,81	
F ₀₅				4,12	4,12	4,12	4,12	4,12	4,12		4,12	
НСР ₀₅				1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,40		1,4	
Доля варьирования факторов, %				2,5	6,8	10,1	3,4	0,8	48,6		1,8	
Влияние фактора В — время нахождения в залежном состоянии (возраст залежи)												
F _{факт.}				94,82	53,71	56,86	36,77	45,50	4,23	He опр.	27,47	
F ₀₅				2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22		2,22	
НСР ₀₅				3,0	2,6	1,7	1,4	1,6	4,51		1,723	
Доля варьирования факторов, %				92,8	78,6	78,9	78,3	95,7	21,8		44,1	
Взаимодействие факторов АВ												
F _{факт.}				4,81	9,95	7,97	8,61	1,66	5,75	He опр.	3,55	
F ₀₅				2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22		2,22	
НСР ₀₅				1,0	0,9	0,6	0,5	0,5	1,50		0,574	
Доля варьирования факторов, %				4,7	14,6	11,0	18,3	3,5	29,6		27,5	

залежи оглеение было выявлено только в нижнем постагрогенном горизонте.

Различия между выборочными средними данными изученных параметров как верхней части постагрогенной толщи, так и ее нижней части всех девяти супесчаных почв разновозрастных залежей, для 7-ми из 8-ми показателей оказались существенными (табл. 1). Исключение составили значения плотности сложения — значимых различий между величинами выборочных средних этой характеристики в пределах верхней и нижней частей постагрогенной толщи исследованных объектов не было обнаружено. Можно предположить, что после снятия антропогенной нагрузки значения плотности сложения постагрогенной толщи довольно быстро (всего за несколько лет) достигали квазиравновесного состояния.

Результаты двухфакторного дисперсионного анализа (см. табл. 1), где фактор А — локализация сравниваемых слоев («верх-низ») в пределах постагрогенной толщи, а фактор В — возраст залежи, показали, что наибольшая вариабельность между сравниваемыми параметрами обеих частей гумусовой толщи приходилась на фактор В, то есть на период нахождения пахотной почвы в залежном состоянии.

Варьирование значений характеристик в сравниваемых слоях («верх-низ») в пределах постагрогенной толщи (фактор А) было несущественное только в случае параметра П (рассчитанного по разности между содержанием физического песка, определенного с помощью микроагрегатного и гранулометрического анализа соответственно), а в остальных случаях варьирование было значимым (см. табл. 1). Доля варьирования по фактору А была наибольшей (48,6 %) для величин удельной поверхности (УП).

Варьирование значений рассматриваемых характеристик при совместном влиянии положения в постагрогенной толще и возраста залежи (совместное влияние факторов А и В) было наибольшим в случае коэффициента общей агрегированности по Водяницкому (Коа), удельной поверхности (УП) и содержания гумуса (Г) — 18,3, 29,6 и 27,5 %, соответственно.

На рис. 2 приведены результаты среднегеометрических значений величин, выраженных в относительных единицах. За единицу были приняты величины для верхней части постагрогенной толщи (верх), а в долях единицы — величины тех же параметров в нижней части толщи (низ). Данные ранжированы по увеличению степени различия.

Согласно данным, представленным на рис. 2, по всем показателям верхняя часть постагрогенной толщи (мощностью 5–10 см, в том числе вновь образованные горизонты АУ) характеризуется большей оструктуренностью по сравнению с нижележащей толщей сопоставимой мощности. Наибольшее различие между верхним и нижним слоя-

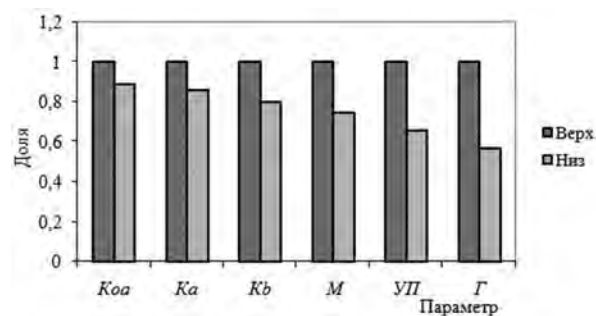


Рис. 2. Относительное изменение изучаемых параметров верхнего слоя (верх) к нижнему слою (низ) постагрогенной толщи супесчаных почв разновозрастных залежей

ми выявлено по показателю удельной поверхности и содержанию гумуса. Так, верхний слой постагрогенной толщи почти в два раза больше обогащен органическим веществом.

Таким образом, для постагрогенных почв супесчаного гранулометрического состава наблюдаются проградационные процессы, которые проявляются уже в течение первого десятилетия после перевода пашни в залежь.

Для выявления тренда трансформации постагрогенных почв по отношению к «архивным» пахотным сравнивались величины тех же параметров, которые были приведены в табл. 1, за исключением значений плотности сложения (табл. 2). В качестве дополнительного параметра были включены величины потенциальной кислотности (pH_{KCl}), а также величины кислотности, выраженные в виде молей ионов водорода (H^+).

Примечание: все данные для прогумусированной толщи постагрогенных почв приведены в виде средневзвешенных выборочных средних с учетом мощности двух слоёв гумусированной толщи, которые соответствовали мощности исходных пахотных горизонтов («архивных» точек мониторинга); средний возраст залежей соответствовал возрастному диапазону объектов, приведенных в табл. 1.

Согласно данным табл. 2, различия между выборочными средними данными по всем параметрам в ряду постагрогенных и пахотных почв оказались существенными, а также между выборочными средними обоих рядов, за исключением показателя микрооструктуренности по Даниловой (М).

При проведении двухфакторного дисперсионного анализа учитывались: фактор А — сохранение свойств постагрогенных и пахотных почв и фактор В — время нахождения в залежном состоянии (возраст залежи). Оказалось, что влияние фактора А было значимым не только при варьировании значений трёх расчетных параметров структурного состояния почв (Ka , Kb и $Koа$, соответственно), но и свойств почв: удельной поверхности (УП), содержания гумуса (Г) и потенци-

Таблица 2

Результаты дисперсионного анализа значений параметров микроструктурного состояния, удельной поверхности, содержания гумуса, потенциальной кислотности (в виде молей ионов водорода — H^+) гумусированной толщи супесчаных постагрогенных почв разновозрастных залежей и исходных агропочв

Средний возраст, лет	Параметры								кислот- ность, моль (H+)
	Ка	Kb	M	Коa	П	УП	Г, %	pHCl	
Постагрогенные почвы									
4							3,02	6,1	7.943E-07
9	21	45	19	11	10	38,9	1,93	5,4	3.981E-06
18	49	32	17	17	17	47,2	2,16	5,7	1.995E-06
19							1,52	5,8	1.585E-06
22							1,90	4,8	1.585E-05
23	10	44	10	7	8	81,0	3,09	5,9	1.259E-06
29							1,66	4,9	1.259E-05
31	33	23	15	11	13	32,4	2,09	6,0	1.000E-06
33							1,90	4,5	3.162E-05
Fфакт.	41,61	11,97	9,18	17,59	14,79	16,45	48,31	He опр.	206,99
F _{0.5}	4,07	4,07	4,07	4,07	4,07	4,07	2,51		2,51
HCP _{0.5}	8,5	9,9	4,2	3,2	3,3	17,40	0,243		2,165E-06
Исходные пахотные аналоги. В первом столбце «0» — нулевой возраст залежи, в скобках — возраст залежи									
0 (4)							1,50	5,7	1.995E-06
0 (9)	17	44	17	10	17	31,6	1,60	4,9	1.259E-05
0 (18)	49	21	17	12	16	35,4	2,26	6,6	2.512E-07
0 (19)							1,83	5,9	1.259E-06
0 (22)							1,43	6,3	5.012E-07
0 (23)	6	19	15	11	9	40,6	2,76	6,0	1.000E-06
0 (29)							1,78	4,5	3.162E-05
0 (31)	17	24	15	15	9	22,8	1,41	5,0	1.000E-05
0 (33)							1,66	5,4	3.981E-06
F _{факт.}	68,64	24,02	0,78	4,75	16,05	5,09	43,90	He опр.	220,59
F _{0.5}	4,07	4,07	4,07	4,07	4,07	4,07	2,51		2,51
HCP _{0.5}	7,3	7,7	4,3	3,2	3,5	10,86	0,204		2,046E-06
Общее варьирование									
F _{факт.}	47,33	17,28	4,27	9,60	13,40	15,70	49,33	He опр.	201,22
F _{0.5}	2,66	2,66	2,66	2,66	2,66	2,66	2,06		2,06
HCP _{0.5}	7,3	8,1	3,9	3,0	3,2	13,31	0,218		2,036E-06
Влияние фактора А — сохранение свойств постагрогенных и пахотных почв									
F _{факт.}	12,26	22,02	0,67	0,51	1,02	30,26	94,83	He опр.	6,17
F _{0.5}	4,49	4,49	4,49	4,49	4,49	4,49	4,12		4,12
HCP _{0.5}	3,6	4,1	1,9	1,5	1,6	6,66	0,073		6,787E-07
Доля варьир. факторов, %	3,7	18,2	2,3	0,8	1,1	27,5	11,3		0,2
Влияние фактора В — время нахождения в залежном состоянии (возраст залежи)									
F _{факт.}	102,27	23,38	7,06	12,48	21,18	20,43	65,70	He опр.	238,53
F _{0.5}	3,24	3,24	3,24	3,24	3,24	3,24	2,22		2,22
HCP _{0.5}	5,1	5,8	2,7	2,1	2,2	9,41	0,154		1,439E-06
Доля варьир. факторов, %	92,6	58,0	70,9	55,7	67,7	55,8	62,7		55,8
Взаимодействие факторов — АВ									
F _{факт.}	4,09	9,61	2,67	9,74	9,74	6,11	27,28	He опр.	188,28
F _{0.5}	3,24	3,24	3,24	3,24	3,24	3,24	2,22		2,22
HCP _{0.5}	2,6	2,9	1,4	1,0	1,1	4,71	0,051		4,799E-07
Доля варьир. факторов, %	3,7	23,8	26,8	43,5	31,2	16,7	26,0		44,0

альной кислотности, выраженной в молях ионов водорода (H^+). Примечательно, что влияние фактора В (возраст залежей) на варьирование рассматриваемых параметров было существенным для всех выборок в исследованных рядах (доля варьирования составляла от 55,7 до 92,6%). При этом совместное влияние факторов А и В также

было существенным для всего массива данных за исключением параметра М.

Изменение значений параметров, характеризующих структурное состояние и некоторые свойства почв, приведено на рис. 3. За единицу были выбраны величины современных залежных почв. Данные ранжированы по увеличению степени различия.

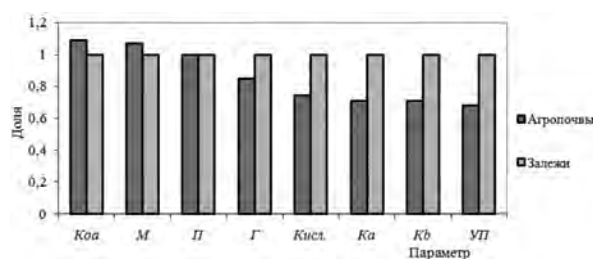


Рис. 3. Относительное изменение изучаемых характеристик пахотных горизонтов супесчаных агропочв к постагрогенным горизонтам залежей

Оказалось, что лишь величины расчетных параметров структурного состояния гумусовых горизонтов пахотных почв, такие как *Коа*, *М* и *П*, были выше или равными таковым почв залежи. Значения других показателей структурности (*Ка* и *Кб*) этой же толщи залежных почвы превосходили таковую пахотных аналогов. Кроме того, как было установлено, концентрация ионов водорода (соответствующая потенциальной кислотности) возрастала с увеличением возраста залежности, что можно объяснить прекращением известкования (см. рис. 3).

В целом для залежных почв супесчаного гранулометрического состава был выявлен тренд проградационных изменений гумусовых горизонтов, связанный с улучшением базовых свойств: увеличением содержания гумуса, некоторых показателей оструктуренности и удельной поверхности, ответственной за поглощательные и ионно-обменные свойства почв (см. рис. 3).

Рассмотрим характер и степень изменения свойств суглинистых разностей после перевода пахотных почв в залежное состояние.

В табл. 3 приведены данные для двенадцати разрезов суглинистых почв разновозрастных залежей по ряду тех же параметров, что и для супесчаных почв (табл. 1). К параметрам для суглинистых почв добавлено содержание илистой фракции (Ил) в верхнем и нижнем слоях постагрогенной толщи, поскольку можно предположить, что в толще условно однородного пахотного горизонта после перевода пашни в залежь могла произойти дифференциация содержания ила, например, вследствие лессиважа.

Выявлено, что в ряде случаев у суглинистых почв на месте бывшего пахотного горизонта через 29–33 года (что несколько позже, чем у супесчаных почв) диагностирован вновь образованный серогумусовый горизонт АУ мощностью 5–10 см. Исключение составляет почва семилетней залежи (разрез У-51–20 — темногумусовая постагрогенная почва на карбонатной морене), в верхней части которой уже успел сформироваться темногумусовый горизонт. В нижней части почв залежей на месте пахотного горизонта — постагрогенные горизонты *Рра* мощностью 5–20 см. Во всех случаях исходная пахотная толща была дифференцирована на два, реже — на три горизонта, вклю-

чая молодые залежи. У половины исследованных профилей диагностированы морфологические признаки оглеения, в основном в нижних слоях бывшей пахотной толщи (см. табл. 3).

Различия между выборочными средними данными изученных параметров в пределах гумусовой толщи суглинистых почв разновозрастных залежей оказались существенны в отношении как верхнего, так и нижнего слоев постагрогенной толщи (см. табл. 3). Исключение составляет плотность сложения (равно как и у супесчаных почв, см. табл. 1), величины которой варьируют несущественно в пределах верхней и нижней частей постагрогенной толщи разрезов. Однако общее варьирование по этому показателю выявило существенную разницу между верхними и нижними слоями.

Результаты двухфакторного анализа (см. табл. 3) выявили существенную долю варьирования по сравниваемым параметрам обеих частей гумусовой толщи (фактор А), за исключением показателя *Ка*. Заметная доля варьирования по фактору А приходится на плотность сложения. Это означает, что у суглинистых почв происходит разуплотнение в верхней части постагрогенной толщи в отличие от почв супесчаных разностей. Однако этот параметр оказался несущественным, если рассматривать возраст залежи (фактор В), то есть дифференциация по плотности сложения в постагрогенной толще проявляется сразу же после перевода пашни в залежь.

На долю фактора В приходится наибольшая доля варьирования по всем параметрам (см. табл. 3). Высокую долю варьирования по фактору В в том числе демонстрирует содержание ила, что можно интерпретировать как усиление элювиальных процессов в постагрогенной толще в ряду молодая залежь — зрелая залежь. Об этом же могут говорить признаки отбеливания и локального осветления в постагрогенных горизонтах, выявленные на морфологическом уровне исследования [19].

Взаимодействие факторов А и В оказалось существенным для всех сравниваемых параметров (за исключением плотности сложения); доля варьирования фактора АВ более или менее распределена по рассматриваемым параметрам (за исключением параметра *Ка*), в то время как доля фактора АВ для почв супесчаного ряда оказалась наибольшей для удельной поверхности и содержания гумуса (см. табл. 1).

На рис. 4 приведены результаты среднегеометрических значений величин, выраженных в относительных единицах. При этом за единицу были приняты величины для верхней части постагрогенной толщи (верх), а в долях единицы — величины тех же параметров в нижней части толщи (низ). Данные ранжированы по увеличению степени различия.

На рис. 4 сразу обращает внимание заметное обеднение илом верхнего слоя постагрогенной гу-

Таблица 3

Постагrogenные суглинистые почвы разновозрастных залежей: параметры микроструктурного состояния, физические свойства, содержание гумуса и результаты дисперсионного анализа данных

Разрез	Возраст / средний, лет	Го- ри- зонт	Глуби- на, см Ка	Параметры								
				Кб	М	Коа	П	УП, м²	ρb, г/см³	Г	Ил	
										%		
Верхняя часть постагрозенной толщи (0–5(15) см)												
Н-125–20	4–6/5	Рра1	0–10	78	32	29	21	34	59,8	1,39	2,28	5
У-51–20	6–8/7	АУра	0–10	37	70	36	23	28	93,5	1,27	5,00	10
З-37–19	7–9/8	Рра1	0–5	77	45	40	28	20	85,1	0,96	4,96	8
В-161–19	7–10/9	Рра1	0–5	64	35	29	21	17	47,4	1,10	2,46	7
И-79–19	12–15/13	Рра1	0–10	66	46	37	26	21	65,6	1,02	3,48	10
С-41–19	15–17/16	Рра,g	0–15	46	24	19	11	23	53,7	1,31	2,21	7
С-175–19	20	Рра1	0–5	68	19	21	15	15	50,5	1,27	2,92	7
С-41а-19	25–29/27	Рра1	0–10	64	32	25	18	21	60,9	1,24	3,10	5
Н-101–20	27–30/29	АУ	0–5	83	38	35	25	25	119,8	0,96	6,06	10
С-63–19	30	Рра1	0–5	17	21	17	12	14	49,9	1,26	2,70	7
К-11–19	30–34/32	Рра1	0–10	50	23	19	13	17	60,6	1,20	2,62	5
СП-213–20	32–34/33	АУ	0–10	69	36	31	22	24	59,5	1,27	3,18	5
			F _{факт.}	13,79	20,72	10,96	10,84	10,01	9,46	2,08	17,82	11,91
			F ₀₅	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22
			НСР ₀₅	15,0	9,0	7,0	5,1	5,3	20,46	0,288	0,860	1,7
Нижняя часть постагрозенной толщи (5(15)–10(40) см)												
Н-125–20	4–6/5	Рра2	20–40	79	24	23	16	19	49,4	1,45	1,77	4
У-51–20	6–8/7	ПУра	20–30	35	60	15	18	27	44,5	1,40	4,01	12
З-37–19	7–9/8	Рра3	15–25	52	16	20	10	18	59,9	1,52	2,55	13
В-161–19	7–10/9	Рра3	25–30	72	40	24	17	19	49,2	1,54	0,86	15
И-79–19	12–15/13	Рра,g3	20–30	64	35	30	21	17	52,3	1,44	2,31	9
С-41–19	15–17/16	Рра,g	15–23	46	23	18	10	19	43,4	1,50	1,35	11
С-175–19	20	Рра,g2	15–30	81	21	18	13	10	33,9	1,56	1,55	6
С-41а-19	25–29/27	Рра2	20–28	46	15	13	9	12	34,7	1,49	1,25	6
Н-101–20	27–30/29	Рра	10–20	79	20	27	16	27	76,4	1,46	1,56	14
С-63–19	30	Рра,g2	20–30	19	23	19	13	12	33,9	1,56	0,90	7
К-11–19	30–34/32	Рра,g2	20–28	48	19	15	11	15	54,4	1,44	1,75	6
СП-213–20	32–34/33	Рра	20–25	63	23	20	14	20	39,0	1,32	1,33	6
			F _{факт.}	15,81	29,90	8,62	10,02	10,96	6,41	0,34	29,26	18,78
			F ₀₅	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22
			НСР ₀₅	14,2	6,8	5,0	3,4	4,7	14,30	0,351	0,466	2,5
Общее варьирование												
			F _{факт.}	14,19	25,50	13,56	13,83	11,17	10,82	2,76	32,09	17,71
			F ₀₅	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80
			НСР ₀₅	14,3	7,8	5,9	4,2	4,9	17,22	0,313	0,675	2,1
Влияние фактора А — расположение сравниваемых слоев («верх-низ») в пределах постагрозенной толщи												
			F _{факт.}	2,03	57,59	88,33	85,23	27,40	62,86	40,42	289,00	40,69
			F ₀₅	4,04	4,04	4,04	4,04	4,04	4,04	4,04	4,04	4,04
			НСР ₀₅	4,1	2,3	1,7	1,2	1,4	4,97	0,090	0,195	0,6
Доля варьирования факторов, %			0,6	9,8	28,3	37,8	10,7	25,3	63,8	39,2	10,0	
Влияние фактора В — время нахождения в залежном состоянии (возраст залежи)												
			F _{факт.}	27,41	41,50	14,65	15,43	17,18	13,97	0,94	31,09	26,03
			F ₀₅	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
			НСР ₀₅	10,1	5,5	4,2	3,0	3,4	12,18	0,221	0,477	1,5
Доля варьирования факторов, %			92,4	77,8	51,7	53,4	73,6	61,7	16,3	46,3	70,3	
Взаимодействие факторов АВ												
			F _{факт.}	2,08	6,59	5,67	5,74	3,68	2,94	1,15	9,74	7,29
			F ₀₅	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
			НСР ₀₅	2,9	1,6	1,2	0,9	1,0	3,52	0,064	0,138	0,4
Доля варьирования факторов, %			7,0	12,4	20,0	19,8	15,8	13,0	19,9	14,5	19,7	

Таблица 4

Результаты дисперсионного анализа значений параметров микроструктурного состояния, удельной поверхности, содержания гумуса, потенциальной кислотности (в виде молей ионов водорода — H⁺) гумусированной толщи суглинистых постагрогенных почв разновозрастных залежей и исходных агропочв

Средний возраст залежи, лет	Параметры								
	Ка	Kb	М	Коа	П	УП	Г, %	pHКСI	кислот- ность, моль (H+)
Постагрогенные почвы									
8	55	22	21	14	16	58,0	3,45	5,80	1.585E-06
9	47	28	19	12	12	32,4	1,46	4,70	1.995E-05
16	46	24	19	11	21	51,6	1,83	4,90	1.259E-05
20	76	21	19	15	14	37,9	2,19	4,70	1.995E-05
27	40	22	17	12	15	44,9	2,02	4,20	6.310E-05
30	18	22	13	12	13	37,4	1,53	5,00	1.000E-05
33	67	31	26	19	22	51,1	2,42	4,90	1.259E-05
F _{факт.}	18,30	3,88	5,42	4,85	8,37	4,14	13,78	He опр.	81,03
F ₀₅	2,85	2,85	2,85	2,85	2,85	2,85	2,85		2,85
НСР ₀₅	13,4	5,8	5,1	3,8	4,1	13,86	0,554		6,76E-06
Исходные пахотные аналоги. В первом столбце «0» — нулевой возраст залежи, в скобках — возраст залежи									
0 (8)	83	34	26	19	19	66,0	3,00	6,20	6.310E-07
0 (9)	78	79	20	12	10	60,3	2,40	4,40	3.981E-05
0 (16)	53	20	15	11	14	34,4	1,97	4,80	1.585E-05
0 (20)	43	16	16	8	15	44,2	1,74	4,60	2.512E-05
0 (27)	53	20	15	11	14	34,4	1,97	4,80	1.585E-05
0 (30)	55	20	17	12	25	38,3	1,91	4,70	1.995E-05
0 (33)	74	32	25	18	21	48,4	1,91	5,40	3.981E-06
F _{факт.}	8,76	50,24	8,04	9,60	11,53	6,80	6,02	He опр.	7,48
F ₀₅	2,85	2,85	2,85	2,85	2,85	2,85	2,85		2,85
НСР ₀₅	15,7	9,4	5,0	3,9	4,5	14,59	0,538		2,75E-05
Общее варьирование									
F _{факт.}	13,72	36,72	6,18	6,79	9,41	5,15	9,24	He опр.	11,35
F ₀₅	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10		2,10
НСР ₀₅	13,9	7,5	4,8	3,7	4,1	13,57	0,520		1,91E-05
Влияние фактора А — сохранение свойств постагрогенных и пахотных почв									
F _{факт.}	25,00	27,97	0,00	0,71	0,88	0,53	0,00	He опр.	7,37
F ₀₅	4,04	4,04	4,04	4,04	4,04	4,04	4,04		4,04
НСР ₀₅	5,3	2,8	1,8	1,4	1,6	5,13	0,197		7,21E-06
Доля варьир. факторов, %	14,0	5,9	0,0	0,8	0,7	0,8	0,0		5,0
Влияние фактора В — время нахождения в залежном состоянии (возраст залежи)									
F _{факт.}	13,62	44,49	11,23	10,79	11,78	6,23	15,59	He опр.	13,75
F ₀₅	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00		2,00
НСР ₀₅	9,9	5,3	3,4	2,6	2,9	9,59	0,368		1,35E-05
Доля варьир. факторов, %	45,8	55,9	83,9	73,4	57,8	55,8	77,8		55,9
Взаимодействие факторов — АВ									
F _{факт.}	11,93	30,40	2,15	3,79	8,46	4,84	4,44	He опр.	9,61
F ₀₅	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00		2,00
НСР ₀₅	3,7	2,0	1,3	1,0	1,1	3,63	0,139		5,1E-06
Доля варьир. факторов, %	40,1	38,2	16,1	25,8	41,5	43,4	22,2		39,1

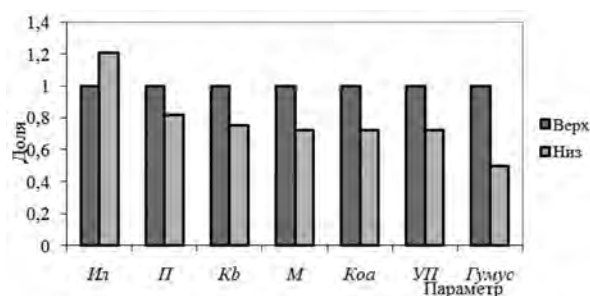


Рис. 4. Относительное изменение изучаемых параметров верхнего слоя (верх) к нижнему слою (низ) постагрогенной толщи суглинистых почв разновозрастных залежей

мусовой толщи по сравнению с ее нижележащим слоем, что явно свидетельствует о проявлении элювиирования тонкодисперсной фракции, что подтверждается и результатами рассмотренного выше дисперсионного анализа. В отношении остальных параметров наблюдается устойчивый тренд усиления проградационных процессов в верхнем слое постагрогенной толщи. В наибольшей степени этот процесс проявился в резком (в 2 раза) увеличении содержания гумуса в верхних слоях бывших пахотных горизонтов. То есть, мы имеем дело с теми же закономерностями, выявленными выше для залежных почв супесчаных разностей.

Для выявления тренда изменений постагрогенных почв относительно их первоначального состояния — нахождения под пашней (табл. 4) в почвах хронорядов сравнивались величины тех же параметров, которые были приведены в табл. 3, за исключением значений плотности сложения. В качестве дополнительного параметра были включены величины потенциальной кислотности (pH_{KCl}), а также величины кислотности, выраженные в виде молей ионов водорода (H^+).

Примечание: все данные для прогумусированной толщи постагрогенных почв приведены в виде средневзвешенных выборочных средних, с учетом мощности двух слоёв гумусированной толщи, которые соответствовали мощности исходных пахотных горизонтов («архивных» точек мониторинга); средний возраст залежей, соответствовал возрастному диапазону объектов, приведенных в табл. 3.

Различия между выборочными средними данными по всем параметрам в ряду постагрогенных и пахотных почв оказались существенными, а также между выборочными средними обоих рядов (см. табл. 4).

Установлено, что влияние фактора А (сохранение свойств постагрогенных и пахотных почв) было значимым только при варьировании значений двух расчетных параметров структурного состояния почв (Ka , Kb) и потенциальной кислотности (см. табл. 4). Влияние фактора В (возраст залежей) на варьирование рассматриваемых параметров было существенным для всех выборок в исследованных рядах (доля варьирования составляла от 45,8 до

83,9%). При этом совместное влияние фактов А и В также оказалось существенным для всего массива данных и максимально выразилось в отношении удельной поверхности.

Изменение значений параметров, характеризующих структурное состояние и некоторые другие свойства почв, приведено на рис. 5. За единицу были выбраны величины современных залежных почв.

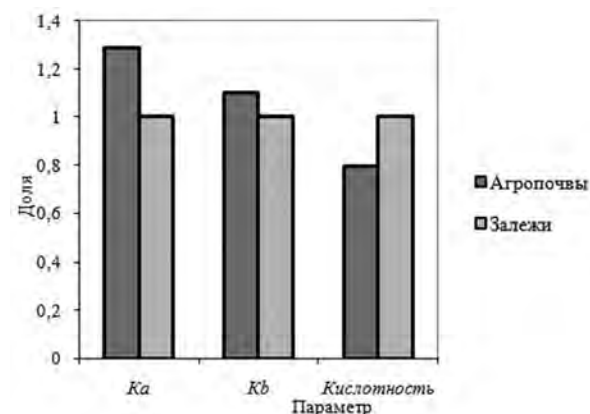


Рис. 5. Относительное изменение изучаемых характеристик пахотных горизонтов суглинистых агропочв к постагрогенным горизонтам залежей

Оказалось, что величины для двух расчетных параметров структурного состояния гумусовых горизонтов пахотных почв, таких как Ka и Kb превосходят показатели, рассчитанные для залежей, а потенциальная кислотность в почвах на залежах оказалась выше по сравнению с исходными пахотными аналогами, что, вероятно, является следствием отсутствия известкования, с одной стороны, и активизации процессов оподзоливания с другой. Таким образом, в целом можно говорить о тренде усиления деградационных процессов в почвах разновозрастных залежей.

Заключение

Для супесчаных почв, находящихся под залежами, выявлено существенное улучшение структурного состояния почв, а также увеличение площади удельной поверхности и содержания гумуса (проградационные процессы), фиксируемые в верхних слоях постагрогенной толщи по сравнению с нижними. Эта тенденция усиливалась с возрастанием срока залежей. Мониторинговые исследования в ряду пашня-залежь также показали улучшение агрофизических свойств, увеличение площади удельной поверхности и содержания гумуса в процессе постагрогенной трансформации.

Тренд изменения постагрогенных суглинистых почв, как и в случае с супесчаными разностями, с одной стороны, проявился в вертикальной дифференциации изученных свойств в пределах постагрогенной толщи. По сравнению с нижними слоями в верхних слоях постагрогенной толщи отмечено улучшение оструктуренности, увеличение

площади удельной поверхности и содержания гумуса. Полученные нами данные подтверждают ранее проведенные исследования, что зарастание агродерново-подзолистых почв в таежно-лесной зоне приводит к дифференциации пахотного слоя: на верхнюю его часть накладывается дерновый процесс почвообразования, а в нижней его части проявляется подзолистый процесс [20, 21]. С другой стороны, нами были выявлены четкие тенденции деградационных процессов по сравнению с пахотными аналогами в отношении кислотности и некоторых параметров агрегатного состояния.

Полученные данные представляются важными в отношении стратегии использования земельных ресурсов региона при переводе почв многолетних залежей в пахотное состояние, а именно — большая рефлекторность супесчаных почв на снятие

постагрогенной нагрузки в отношении улучшения их структурного состояния и базовых почвенных свойств.

В методологическом отношении среди перечня из пяти параметров агрегатного состояния почв (на основе микроагрегатного и гранулометрического анализов) лишь один параметр — степень агрегированности по Бейверу (K_b), наиболее информативно отразил степень трансформации микроструктурного состояния как для супесчаных, так и для суглинистых почв в ряду «верх» — «низ» постагрогенной толщи и в хроноряду пашня — залежь (по данным двухфакторного дисперсионного анализа). По-видимому, именно параметр K_b можно использовать в качестве универсального в исследованиях подобного рода.

Работа проведена при поддержке гранта РФФИ 19–29–05243.

Литература

1. Государственная программа эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса РФ 2021–2030. URL: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=PNPA&n=54574&dst=100020#0025214597522799753> (дата обращения: 10.11.2022).
2. Кундиус В. А., Воронкова О. Ю. Эколого-экономические предпосылки использования залежных земель Алтайского края в направлении производства органической продукции // Вестник Алтайской науки, 2015. №3,4. — С. 295–302.
3. Афонченко Н. В., Глазунов Г. П., Двойных В. В., Бойченко М. Н., Шишкова Т. А. Влияние освоения залежных земель на агрофизические свойства чернозема выщелоченного в Центрально-Черноземном регионе // Аграрная наука сельскому хозяйству: сб. статей в 3 кн. — Барнаул: Алтайский ГАУ, 2016. — С. 305–306.
4. Замотаев И. В., Белобров В. П., Курбатова А. Н., Белоброва Д. В. Агрогенная и постагрогенная трансформация почв Львовского района Курской области // Бюлл. Почвенного института им. В. В. Докучаева, 2016. Вып. 85. — С. 97–114.
5. Леднев А. В., Дмитриев А. В. Изменение агрофизических показателей агродерново-подзолистых почв на склоновых участках залежных земель при разных сроках их зарастания // Аграрная наука Евро-Северо-Востока, 2015. №5. — С. 57–62.
6. Егоров В. В., Фридланд В. М., Иванова Е. Н. и др. Классификация и диагностика почв СССР. — М.: Колос, 1977.
7. Шишов Л. Л., Тонконогов В. Д., Лебедева И. И. и др. Классификация и диагностика почв России. — Смоленск: Ойкумена, 2004.
8. Ариуншкина Е. В. Руководство по химическому анализу почв. — М.: МГУ, 1970.
9. Растворова О. Г. Физика почв (Практическое руководство). — Л.: Изд-во ЛГУ, 1983.
10. Воронин А. Д. Основы физики почв. — М.: Изд-во МГУ, 1986. — 244 с.
11. Baver L. D. Soil physics. 3d ed. — New York-London: John Wiley and Sons. Inc., 1956. — 489 p.
12. Данилова В. И. Влияние процессов набухания-усадки на разуплотнение почв: автореф. дис. ... к.с.-х.н. — М.: Почвенный ин-т, 1991. — 20 с.
13. Водяницкий Ю. Н. Оксиды железа и их роль в плодородии почв. — М.: Наука, 1989. — 160 с.
14. Сапожников П. М., Шевченко А. В. Экспресс-метод определения общей удельной поверхности почв // Почвоведение, 1989. №11. — С. 148–150.
15. Ипатов В. С., Мишин Д. М. Описание фитоценоза: метод. рекомендации. — СПб., 2008. — 71 с.
16. Боровиков В. П., Боровиков И. П. Statistica — Статистический анализ и обработка данных в среде Windows. М.: «Филинь», 1997. — 608 с.
17. Дмитриев Е. А. Математическая статистика в почвоведении. — М.: Изд-во МГУ, 1972. — 292 с.
18. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): уч. для студентов (Изд-е 5-е). — М.: Агропромиздат, 1985. — 351 с.
19. Simonova J. V., Rusakov A. V., Lebedeva M. P. et al. Morphological characteristics and features of soils in connection with post-agrogenic and recent climatic trends (a case-study from Central European Russia) // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2021. V. 862. 012072. DOI:10.1088/1755-1315/862/1/012072.
20. Леднев А. В., Дмитриев А. В. Зарастание залежных дерново-подзолистых почв как фактор современного почвообразовательного процесса // Российская сельскохозяйств. наука, 2017. №5. — С. 28–31.
21. Леднев А. В., Дмитриев А. В., Попов Д. А. Изменение агрохимических показателей залежных дерново-подзолистых почв при их освоении в пашню // Российская сельскохозяйств. наука, 2020. №5. — С. 42–45.

References

1. The state program of effective involvement in the turnover of agricultural lands and the development of the reclamation complex in the Russian Federation for 2021–2030 [web resource] URL: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=PNPA&n=54574&dst=100020#0025214597522799753> (in Russian).
2. Kundius V. A., Voronkova O. Y. Ecological and economic prerequisites for the use of Altai Territory fallow lands in the direction of organic production // Bulletin of Altai Science. 2015. No. 3, 4. pp. 295–302. (in Russian)
3. Afonchenko N. V., Glazunov G. P., Dvoynikh V. V., Boychenko M. N., and Shishkova T. A. Influence of

- development of fallow lands on the agrophysical properties of leached chernozem in the Central Chernozem region // *Agrarian science to agriculture: a collection of articles in 3 books FGBOU VO "Altai GAU"*, Barnaul, 2016. pp. 305–306. (in Russian)
4. *Zamotaev I. V., Belobrov V. P., Kurbatova A. N., and Belobrova D. V.* Agrogenic and postagrogenic transformation of soils of the Lgovsky district of the Kursk region // *Bulletin of the V.V. Dokuchaev Soil Institute*. 2016. Issue 85. pp. 97–114. (in Russian)
 5. *Lednev A. V., Dmitriev A. V.* Changes in agrophysical indicators of agrodern-podzolic soils on sloping areas of fallow lands at different periods of their overgrowth // *Agrarian Science of the Euro-North-East*. 2015. No. 5. pp. 57–62. (in Russian)
 6. *Egorov V. V., Friedland V. M., Ivanova E. N., et al.* Classification and diagnostics of soils of the USSR. M., Kolos, 1977. (in Russian)
 7. *Shishov L. L., Tonkonogov V. D., Lebedeva I. I., etc.* Classification and diagnostics of soils in Russia. Smolensk: Oikumena, 2004. (in Russian)
 8. *Arinushkina E. V.* Manual of Chemical Analysis of Soils Moscow: MSU, 1970. (in Russian)
 9. *Rastvorova O. G.* Soil Physics (Practical Guide). L.: Publishing House of the Leningrad University Press, 1983. (in Russian)
 10. *Voronin A. D.* Fundamentals of Soil Physics. Moscow: Publishing House of Moscow State University, 1986, 244 p. (in Russian)
 11. *Baver L. D.* Soil Physics, 3d ed., New York-London: John Wiley and Sons, Inc., 1956, 489 p. (in Russian)
 12. *Danilova V. I.* Influence of swelling-shrinking processes on soil decompaction. Ph. Candidate of Agricultural Sciences. Moscow: Soil Institute, 1991. 20 p. (in Russian)
 13. *Vodianitsky Yu. N.* Iron oxide and its roll in fertile soil. M., Science, VASHNIL. Soil Science Institute of V.V. Dokuchaev. 1989, 160 pp. (in Russian)
 14. *Sapozhnikov P. M., Shevchenko A. V.* Express method for determining the total specific surface area of soils // *Soil Science*, 1989, No. 11. pp. 148–150. (in Russian)
 15. *Ipatov V. S., Mirin D. M.* Description phytocenosis: methodical recommendations. SPb, 2008. 71 p. (in Russian)
 16. *Borovikov V. P., Borovikov I. P.* Statistica — Statistical analysis and data processing in the Windows environment. Moscow: Filin Information Publishing House, 1997, 608 p. (in Russian)
 17. *Dmitriev E. M.* Mathematical Statistics in Soil Sciences. M.: MSU., 1972. 292 p. (in Russian)
 18. *Dospekhov B. A.* Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results): Textbook for Students, Fifth Edition, Reprint, and Additional. M.: Agropromizdat. 1985. 351 p. (in Russian)
 19. *Simonova J. V., Rusakov A. V., Lebedeva M. P.* et al. Morphological characteristics and features of soils in connection with post-agrogenic and recent climatic trends (a case-study from Central European Russia) // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021, Vol. 862 (2021) 012072 IOP Publishing doi:10.1088/1755-1315/862/1/012072.
 20. *Lednev A. V., Dmitriev A. V.* Overgrowth of fallow sod-podzolic soils as a factor of the modern soil-forming process. *Russian Agricultural Science*. 2017. No. 5. pp. 28–31.
 21. *Lednev A. V., Dmitriev A. V., and Popov D. A.* Changes in agrochemical indicators of fallow sod-podzolic soils during their development into arable land // *Russian Agricultural Science*. 2020. №5. pp. 42–45.

Сведения об авторах:

Русаков Алексей Валентинович, д.г.н., профессор кафедры почвоведения и экологии почв Санкт-Петербургского государственного университета (СПбГУ); e-mail: a.rusakov@spbu.ru.

Попов Александр Иванович, д.с.-х.н., профессор кафедры почвоведения и экологии почв СПбГУ; e-mail: a.i.porov@spbu.ru.

Симонова Юлия Владимировна, ассистент кафедры почвоведения и экологии почв СПбГУ; e-mail: y.simonova@spbu.ru.

Рюмин Александр Георгиевич, ст. преподаватель кафедры физической географии и ландшафтного планирования СПбГУ; e-mail: a.ryumin@spbu.ru.

Мирин Денис Моисеевич, к.б.н., доцент кафедры геоботаники СПбГУ; e-mail: d.mirin@spbu.ru.

Биоресурсы суши

УДК 58.018. 58.02

Сравнительная характеристика водного режима некоторых видов рябин при интродукции в Оренбуржье

Д.Г. Федорова, к.б.н., Б.С. Укенов, к.б.н.
Оренбургский государственный университет

В статье рассматривается необходимость анализа показателей водного режима при оценке интродукционной устойчивости видов в новых климатических условиях, так как именно они оказываются наиболее существенными стрессовыми факторами, ограничивающими адаптационный процесс и интродукцию растений в степной зоне. Для исследования были выбраны 7 видов рябин. Рябина обыкновенная была выбрана в качестве контрольного вида. В ходе выполнения работ были получены данные, свидетельствующие о низкой динамике показателя общей оводненности листовых пластинок с незначительной вариацией у всех объектов исследования. При оценке интенсивности водопотерь выделяется один вид — *Sorbus x thuringiaca*, который, вероятно, имеет высокий уровень адаптационных способностей к засушливым условиям.

Ключевые слова: *Sorbus L.*, интродукция, оводненность, средняя дифференциальная скорость водопотери.

Введение

Рябина — декоративное древесно-кустарниковое растение, которое повсеместно используется в озеленении. Род *Sorbus L.* достаточно обширный и насчитывает 84 вида, а также множество гибридов и сортов [1]. Согласно литературным источникам [2–5], род характеризуется высокой экологической устойчивостью, в связи с чем его представители рекомендуются для использования в зеленом строительстве, но, весьма актуально проводить интродукционные испытания новых видов рябин, с целью расширения ассортимента.

На территории Оренбургской области в озеленении городов широкое использование имеет только один вид — рябина обыкновенная. Наибольшая коллекция рябин в Оренбуржье на сегодняшний день имеется в ботаническом саду Оренбургского государственного университета (ОГУ). Коллекция формируется с 2010 г. и насчитывает 13 видов и 6 сортов рябин. На территории ботсада растения проходят интродукционные испытания, в ходе которых проверяется их устойчивость к новым климатическим условиям.

При проведении интродукционных испытаний очень важно изучать и анализировать физиологию

растительного организма, при этом одна из основных задач — оценка влияния температурного режима на водный режим тканей исследуемого растения. Именно анализ водного режима является важным звеном в оценке интродукционной устойчивости видов в новых климатических условиях.

Одним из наиболее существенных стрессовых факторов, лимитирующих процесс адаптации и интродукции растений, является воздействие высоких температур при недостаточной увлажненности.

Оренбургская область расположена в зоне с пониженным увлажнением в период вегетации растительных организмов (апрель — октябрь). Как следствие, в летние сезоны регулярно наблюдается длительная засуха, что оказывает значительное влияние на жизнедеятельность растений. Климат характеризуется комбинацией крайне неустойчивого увлажнения и сухого климата, в связи с чем, считаем актуальным изучение устойчивости растительных организмов к этим абиотическим факторам.

Степень устойчивости к воздействию лимитирующего фактора, в данном случае к засушливым климатическим условиям, определяет и уровень адаптивной способности вида в новых условиях

произрастания. Особенности водного режима растения играют важную роль при решении возможности использования культуры в озеленении в районах неустойчивого увлажнения [6].

Известно, что листовая пластинка является основным органом транспирации, через стенки клеток эпидермиса и покровные слои (кутикулярная транспирация) или через устьица (устьичная транспирация) которой происходит испарение воды. Этим обеспечивается защита от перегрева и регуляция температурного режима.

На интенсивность транспирации влияют некоторые средовые факторы, в первую очередь это увлажненность. Снижение увлажненности атмосферного воздуха приводит к увеличению интенсивности транспирации. При повышении температуры возрастает упругость водяных паров, которая приводит к снижению влажностных характеристик окружающей среды и увеличению объема испаряемой воды.

Значительно влияет на увеличение скорости испарения воды листьями ветер, который значительно увеличивает скорость транспирации, ускоряя перенос влажного воздуха с поверхности листа, тем самым вызывая увеличение интенсивности влагообмена.

Свет еще один фактор, оказывающий влияние на транспирацию. Его воздействие способствует открыванию устьиц. Даже при рассеянном свете интенсивность транспирации на 30 — 40 % выше, чем в темноте.

Материал и методика исследования

Цель работы — сравнительная характеристика параметров водного режима представителей рода *Sorbus* L. при интродукции в ботаническом саду ОГУ.

Объектами исследования были выбраны 7 видов рябин: *Sorbus armeniaca* Hedl. — рябина армянская; *S. aucuparia* L. — рябина обыкновенная; *S. commixta* Hedl. — рябина смешанная; *S. graeca* (Spach) Lodd. ex Schauer — рябина греческая; *S. intermedia* (Ehrh.) Pers. — рябина промежуточная; *S. mougeotii* Godr. & Soy.-Will. — рябина мужо; *S. x thuringiaca* (Nyman) Schönach — рябина тюрингская.

Рябина обыкновенная выбрана в качестве контрольного вида, так как для Оренбургской области это вид местной флоры [7].

Для выполнения цели были проанализированы общая оводненность (В), и средняя дифференциальная скорость водопотери (СДСВ_{ср}) листьев.

Исследования проводились на базе ботсада ОГУ методом искусственного увядания и весового контроля [8, 9]. Листья отбирали в трехкратной повторности, взвешивания производились сразу после сбора, после 24-часового насыщения, после высушивания до постоянной массы. Образцы отбирали в три срока — июнь, июль, август. Все взвешивания производили на электронных лабораторных весах.

Согласно данным метеостанции, расположенной на территории ботсада ОГУ 2021 г. был жарким, что создало стрессовые условия для растений. Значение гидротермического коэффициента за сезон вегетации 2021 г. равен 0,3, что характерно для сухой зоны или зоны ирригации (по шкале Селянинова).

Самый теплый месяц оказался август. Также рекордно теплым оказался май с среднемесячной температурой +21,1°C (рис. 1). Во все месяцы летнего сезона отмечен дефицит атмосферного увлажнения. Годовая сумма осадков оказалась значительно ниже нормы (354 мм) и составила 282 мм.

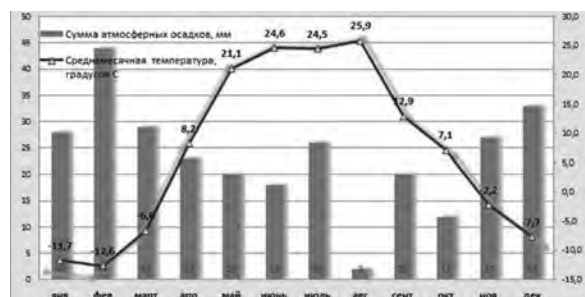


Рис. 1. Ход среднемесячной температуры и суммы осадков за 2021 год в Оренбурге

Результаты исследования

Высокий уровень оводненности листьев в условиях водного стресса свидетельствует о повышенной способности растения адаптироваться к меняющимся условиям водоснабжения, о его более высокой засухоустойчивости [10]. В нашем опыте значительной разницы по содержанию воды в листьях не выявлено.

Несмотря на стрессовые условия в год исследования, все наблюдаемые растения вовремя завершили вегетацию, что свидетельствует о нормальном протекании всех процессов жизнедеятельности. Преждевременного усыхания и опадания листьев у объектов исследования раньше положенного срока отмечено не было. Таким образом, процентное содержание воды в листовых пластинках, выявленное в период исследования является оптимальным для протекания всех жизненных процессов. Средние значения общей оводненности приведены в табл. 1.

Следует отметить тот факт, что у контрольного образца показатель содержания воды в листьях наименьший среди всех исследуемых видов, это является сиеательством адаптации вида к местному климату. То есть, вид приспособился к засушливым условиям настолько хорошо, что его организм нормально функционирует при относительно небольшом запасе воды.

Так как исследования проводились в трехкратной повторности в течение всего засушливого периода, то целесообразно было высчитать коэффициент вариации признака. При этом учитывалась следующая градация значений:

- незначительная изменчивость — при значении коэффициента вариации не более 10%;

Таблица 1

Среднее значение общей оводненности листьев

Наименование растения	Общая оводненность листовой пластинки, %	Коэффициент вариации признака, %
<i>S. aucuparia</i> (рябина обыкновенная)	49,69	9,0
<i>S. armeniaca</i> (рябина армянская)	57,79	4,27
<i>S. commixta</i> (рябина смешенная)	56,26	7,21
<i>S. x thuringiaca</i> (рябина тюрингская)	56,42	5,26
<i>S. intermedia</i> (рябина промежуточная)	57,14	7,21
<i>S. mougeotii</i> (рябина мужо)	54,72	11,10
<i>S. graeca</i> (рябина греческая)	54,99	7,58

- средняя степень изменчивости — если значение коэффициента выше 10%, но ниже 20%;
- значительная изменчивость — коэффициент вариации более 20% [11].

Только у одного вида — *S. mougeotii* — наблюдается средняя степень изменчивости оводненности листьев, у остальных видов отмечается незначительная степень вариации исследуемого параметра.

Наименьшая вариация характерна для *S. armeniaca*. Действительно у этого вида на протяжении всего периода исследования разница между количественными показателями содержания влаги в листьях была незначительной.

По одному показателю общей оводненности листовых пластинок сложно оценить водный режим растений, поэтому для более комплексной его характеристики нами проводилось определение средней дифференциальной скорости водопотери (СДСВ_{ср}) листьев (рис. 2).

Чем меньше показатель водопотери, тем выше водоудерживающая способность листьев, а, следовательно, и засухоустойчивость листьев [2].

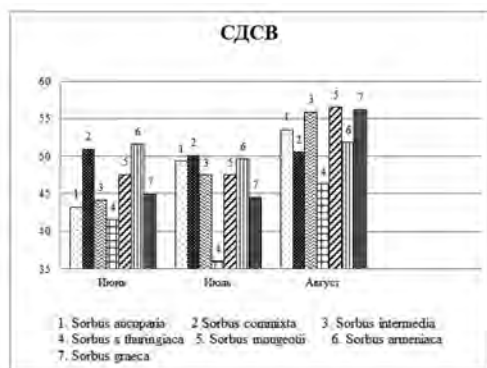


Рис. 2. Сравнительная характеристика СДСВср объектов исследования

Самое большое значение СДСВ наблюдается у исследуемых образцов в августе — ближе к окончанию вегетационного периода. Это связано с постепенным разрушением клеток листа при их старении. Означает это, что ближе к окончанию вегетационного периода у всех исследуемых образцов снижается водоудерживающая способность, что в последующем является сигналом к началу опадания листовых пластинок.

У контрольных образцов постепенно в период вегетации увеличивается СДСВ. Очень близок к контролю по изменению данного показателя вид *Sorbus intermedia*. *Sorbus commixta* и *Sorbus armeniaca* характеризуются относительной постоянностью данного показателя, это доказывают и низкие значения коэффициента вариации для этих видов: у рябины смешенной он равен 0,86 %, а у армянской — 2,49%. (табл. 2).

Таблица 2

Показатели средней дифференциальной скорости водопотери (усредненные за весь период исследования)

Наименование растения	СДСВср, мг/ч	Cv, %
<i>S. aucuparia</i>	48,81	10,59
<i>S. commixta</i>	50,63	0,86
<i>S. intermedia</i>	34,21	17,74
<i>S. x thuringiaca</i>	41,37	12,42
<i>S. mougeotii</i>	50,58	10,41
<i>S. armeniaca</i>	50,95	2,49
<i>Sorbus graeca</i>	48,58	13,7

Одинаковой реакцией на моделируемую засуху характеризуется *Sorbus mougeotii* и *Sorbus graeca*, у этих видов в первые два летних месяца, значения СДСВ не изменяются, а в последний месяц резко увеличивается.

Sorbus x thuringiaca значительно отличается показателями скорости водопотери от всех остальных видов. По мере нарастания суммы положительных температур, и соответственно увеличения засухи, она резко снижает СДСВ, и, как следствие, увеличивает водоудерживающую способность. В конце вегетации, в связи с естественным старением клеток, скорость водопотери у этого вида увеличивается, что означает снижение водоудерживающей способности. Средний показатель водопотери у этого вида за весь период исследований также самый низкий и равен 41,37%. Таким образом, можно утверждать, что этот вид характеризуется хорошей адаптационной реакцией на засушливые климатические условия.

Заключение

В результате исследования проведена сравнительная характеристика водного режима 7 видов рябин, проходящих интродукцию на территории Оренбургской области.

Полученные данные свидетельствуют об отсутствии явных отличий по параметру общей оводненности листовых пластинок у всех объектов исследования. Вариация этого признака также незначительная.

При оценке скорости водопотери можно выделить один вид — *Sorbus x thuringiaca*, который проявляет наибольшие положительные адаптационные признаки к засушливым условиям.

Литература

1. Абдуллина Р.Г. Рябина (*Sorbus L.*) в Башкирском Предуралье // Естественные науки. Журнал фундаментальных и прикладных исследований, 2009. №4 (29). — С. 37–42.
2. Ренгартен Г.А., Скоропудов В.Н. Интродукция и селекция *Sorbus* (Rosaceae) в качестве пищевого растения в странах мира // Экосистемы, 2019. №18 (48). — С. 89–96.
3. Рубан Г.А., Тимушева О.К. Перспективы интродукции сортов рябины обыкновенной // Вестник Института биологии Коми НЦ Уро РАН, 2005. №11. — С. 9–11.
4. Рупасова Ж.А. Межсезонные различия биохимического состава плодов рябины обыкновенной (*Sorbus aucuparia L.*) при интродукции в Беларусь // Плодоводство, 2022. Т. 28. №1. — С. 227–236.
5. Скроцкая О.В., Мифтахова С.А. Некоторые виды семейства Rosaceae Juss.: интродукция и перспективы культивирования на севере // Вестник ИрГСХА, 2011. №44–7. — С. 122–130.
6. Федорова Д.Г., Назарова Н.М., Кухлевская Ю.Ф. Модификация методики оценки жизнеспособности интродуцентов в соответствии с условиями сухостепной зоны Оренбургского Предуралья // Вестник Нижневартовского ГУ, 2021. №2 (54). — С. 57–62.
7. Рябинина З.Н., Князев М.С. Определитель сосудистых растений Оренбургской области. — М.: КМК, 2009. — 758 с.
8. Авдеев В.И. Сравнительный анализ засухоустойчивости видов древесных плодовых растений // Вестник Оренбургского ГПУ. Электронный научный журнал, 2005. №3. — С. 64–73.
9. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / Под ред. Е.Н. Седова и Т.П. Огольцовой. — М.: ВНИИСПК, 1999. — С. 235–246.
10. Иваненко Е.Н. и др. Засухоустойчивость сорта яблони Ренет Симиренко на слаборослых подвоях в условиях аридного климата // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование, 2017. №3 (47). — С. 97–104.
11. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). — М.: Агропромиздат, 1985. — С. 188–301.
12. Федорова Д.Г. Эколого-биологические особенности представителей родов *Aronia Pers.*, *Crataegus L.*, *Sorbus L.* при интродукции в условиях Оренбургского Предуралья (на примере г. Оренбурга): дис. ... к.б.н. — Оренбургский ГПУ, 2015. — 142 с.

References

1. Abdullina R.G. Ryabina (*Sorbus L.*) in the Bashkir Urals / R. G. Abdullina // Natural Sciences. Journal of Fundamental and Applied Research, 2009. №4 (29). — Pp. 37–42.
2. Rengarten G.A., Skoropudov V.N. Introduction and selection of *Sorbus* (Rosaceae) as a food plant in the countries of the world // Ecosystems, 2019. №18 (48). — Pp. 89–96.
3. Ruban G.A., Timusheva O.K. Prospects for the introduction of varieties of mountain ash // Bulletin of the Institute of Biology of the Komi Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 2005. №11. — Pp. 9–11.
4. Rupasova Zh. A. Inter-seasonal differences in the biochemical composition of the fruits of mountain ash (*Sorbus aucuparia L.*) during introduction to Belarus // Fruit growing., 2022. V.28. №1. — Pp. 227–236.
5. Skrotskaya O.V., Miftakhova S.A. Some species of the Rosaceae family Juss.: introduction and prospects of cultivation in the north // Bulletin of the IrGSHA, 2011. №44–7. — Pp. 122–130.
6. Fedorova D.G., Nazarova N.M., Kuhlevskaya Yu.F. Modification of the methodology for assessing the viability of introducers in accordance with the conditions of the dry-steppe zone of the Orenburg Urals // Bulletin of Nizhnevartovsk State University, 2021. №2 (54). — Pp. 57–62.
7. Ryabinina Z.N., Knyazev M.S. Determinant of vascular plants of the Orenburg region. — M.: KMK, 2009. — 758 p.
8. Avdeev V.I. Comparative analysis of drought resistance of species of woody fruit plants // Bulletin of the Orenburg State Pedagogical University. Electronic scientific j, 2005. №3. — Pp. 64–73.
9. Program and methodology of variety study of fruit, berry and nut crops / Ed. by E.N. Sedov and T.P. Ogoltsova. — M.: VNIISP Publ. House, 1999. — Pp. 235–246.
10. Ivanenko E. N. et al. Drought resistance of the apple variety Renet Simirenko on low-growing rootstocks in arid climate // Proceedings of the Nizhnevolsky agrouniversitetskiy complex: science and higher professional education, 2017. №3 (47). — Pp. 97–104.
11. Dospekhov B. A. Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results). — M.: Agropromizdat, 1985. — Pp. 188–301.
12. Fedorova D.G. Ecological and biological features of representatives of the genera *Aronia Pers.*, *Crataegus L.*, *Sorbus L.* during introduction in the conditions of the Orenburg Urals (on the example of Orenburg): dis. — Orenburg State Pedagogical University, 2015. — 142 p.

Сведения об авторах:

Федорова Дарья Геннадьевна, к.б.н., с.н.с. Ботанического сада Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Оренбургский государственный университет»; e-mail: DaryaOrlova24@rambler.ru.

Укенов Булат Сирикбаевич, к.б.н., ст. преподаватель кафедры биологии и почвоведения Оренбургского государственного университета; e-mail: 89198660945@mail.ru.

Водные биоресурсы

УДК 574.64, 546.3

Макрофиты озер на территории государственного заказника «Журавлиная родина»

*Н.В. Кузнецова, к.б.н., А.В. Здрок, В.В. Воронцов, к.б.н.**Дмитровский рыбохозяйственный технологический институт (филиал) АГТУ*

В данной работе представлены результаты оценки качества вод озер государственного заказника «Журавлиная родина» по макрофитам, с помощью сапробиологического анализа — оценка степени загрязненности вод производилась по индикаторным организмам. Также дана характеристика растительных сообществ озер, описан видовой состав макрофитов, временная динамика фитомассы.

Ключевые слова: озеро, макрофиты, виды-индикаторы, фитомасса, сапробность.

Введение

Водно-болотные угодья играют значительную роль в природе. Они собирают и хранят запасы пресной воды, регулируют поверхностный сток во время паводков, поддерживают уровень грунтовых вод, осаждают токсичные вещества, стабилизируют температуру и осадки. Но эти экосистемы очень уязвимы и легко разрушаются в результате хозяйственной деятельности. Комплекс водно-болотных угодий удалось сохранить во многом благодаря организации ООПТ.

Основной задачей заказника «Журавлиная родина» регионального значения (расположенного на территории Талдомского и Сергиево-Пасадского районов Московской области), является сохранение целостности экосистем. Для того чтобы оценить состояние экосистемы необходимо комплексное исследование каждой из ее компонентов. На территории заказника располагается группа малых озер, самые уникальные из которых: Кузнецовское, Глебовское и Сальковское.

Оценка состояния водных экосистем, располагающихся в условиях слабого антропогенного воздействия представляется весьма актуальной, поскольку ее результаты могут служить фоновыми показателями в мониторинге водных экосистем.

Макрофиты — один из важнейших компонентов водных экосистем. Характеристики сообществ макрофитов традиционно используются для оценки трофического статуса водоемов и различных видов антропогенного воздействия. Как объект наблюдения макрофиты имеют ряд преимуществ. Прежде

всего, это крупные организмы, относительно легко определяемые и количественно оцениваемые.

Материал и методика

Сбор материала по макрофитам производился в июне и октябре 2021 г. на 3-х озерах: Кузнецовское, Глебовское, Сальковское.

Для детальных исследований отбирались макрофиты из разных экологических групп с учетом конфигурации береговой линии, глубины, прозрачности воды и других факторов, влияющих на распределение растений. В ходе исследований дана характеристика растительности озер с выделением и классификацией таксономических единиц, особенности их состава, строения, экологии, распределения в пределах озер, занимаемой площади и т.д. Количественный учет растительности, взятие укосов в сообществах всех групп растений производили с помощью деревянной рамы площадью 1 м² по общепринятой методике [1]. При сборе сведений о фитомассе был использован унифицированный метод площадок (метод квадратов) [2].

При взвешивании фитомассы прибрежно-водной растительности использовали показатели Воронова (1973): вес свежей, только что срезанной массы, предварительно обсушенной фильтровальной бумагой [3]. Зеленые части растений после срезания быстро теряют воду, поэтому для определения массы свежей растительности, взвешивание осуществляли сразу же после удаления поверхностной воды [2].

Результаты и обсуждение

На исследуемых озерах было выявлено и определено 21 вид макрофитов (табл. 1), из них: 9 видов гидрофитов и 12 видов гелофитов.

Гидрофитов — 9 видов: пузырчатка обыкновенная (*Utricularia vulgaris* L.), рдест пронзеннолистный (*Potamogeton perfoliatus* L.), ряска малая (*Lemna minor* L.), элодея канадская (*Elodea canadensis* Michx.), водокрас лягушачий (*Hydrocharis morsusrae* L.), горец земноводный (*Polygonum amphibium* L.), кубышка желтая (*Nuphar lutea* L.), кувшинка белоснежная (*Nymphaea candida* J.Presl), рдест плавающий (*Potamogeton natans* L.).

Гелофитов — 12 видов: аир болотный (*Acorus calamus* L.), белокрыльник болотный (*Calla palustris* L.), вахта трехлистная (*Menyanthes trifoliata* L.), ежеголовник всплывающий (*Sparganium emersum* Rehm.), камыш озёрный (*Scirpus lacustris* L.), осока острая (*Carex acuta* L.), рогоз широколистный (*Typha latifolia* L.), сабельник болотный (*Comarum palustre* L.), телиптерис болотный (*Thelypteris palustris* Schott), тростник обыкновенный (*Phragmites australis* (Cav.)), хвощ речной (*Equisetum fluviatile* L.), частуха подорожниковая (*Alisma plantago-aquatica* L.).

Для прибрежной зоны Кузнецовского озера характерны заросли тростника обыкновенного, рогоза широколистного и осоки острой. Растения с «плавающими» листьями представлены кубышкой желтой, кувшинкой белоснежной, горцом земноводным, ряской малой. Из погруженной растительности, рдесты плавающий и рдест пронзеннолистный.

По краям сплавины Глебовского озера, в воде, произрастают небольшими куртинами белокрыль-

ник болотный, рдест плавающий, кувшинка белоснежная.

Для прибрежной зоны Сальковского озера, характерны такие виды макрофитов, как: рогоз широколистный, ряска малая, элодея канадская, вахта трехлистная, белокрыльник болотный, сабельник болотный, рдест плавающий и кувшинка белоснежная.

При изучении фитоценозов на озерах были выявлены виды, которые являются индикаторами той или иной специфики качества воды. В частности, развитие в водоёме ряски малой, кувшинки белоснежной, рдеста плавающего свидетельствует об эвтрофикации водоемов. Элодея канадская — индикатор пресноводных, слабопроточных с нейтральной и слабощелочной реакцией вод. Загрязнение органическим веществом связано с поверхностным стоком, содержащим гумусовые кислоты. Вахта трехлистная — индикатор водоемов с интенсивными процессами заболачивания территорий с поверхностным или грунтовым подтоплением. Хвощ речной индикатор мезотрофных водоемов, с колебаниями уровня воды. Развитие этого вида означает относительную чистоту вод [4].

Величину фитомассы макрофитов в исследованных озерах определяли в июне и октябре 2021 г.

В Кузнецовском озере (табл. 2) фитомасса макрофитов в июне составила 6320 г/м² — доминировали гелофиты (4281 г/м²), среди них количественно преобладал тростник обыкновенный — 840 г/м². Гидрофиты имели фитомассу 2039 г/м², среди них выделялись кувшинка белоснежная — 591 г/м², и кубышка желтая — 544 г/м². В октябре фитомасса макрофитов составила 3778 г/м², что значительно

Таблица 1

Видовой состав и встречаемость макрофитов в исследуемых озерах

Вид растения	Кузнецовское		Глебовское		Сальковское	
	июнь	октябрь	июнь	октябрь	июнь	октябрь
Пузырчатка обыкновенная	-	-	+++	++	-	-
Рдест пронзеннолистный	++	++	-	-	-	-
Ряска малая	+++	++	-	-	++	-
Элодея канадская	-	++	-	-	++++	-
Водокрас лягушачий	++	++	-	-	-	-
Горец земноводный	++	++	-	-	-	-
Кубышка желтая	+++	++	++	++	-	-
Кувшинка белоснежная	++	++	++	++	++	-
Рдест плавающий	++	-	+++	++	++	-
Аир болотный	-	-	-	-	+++	-
Белокрыльник болотный	+++	+	+++	++	++	-
Вахта трехлистная	+++	++	+++	+	+++	-
Ежеголовник всплывающий	++	-	-	-	-	-
Камыш озёрный	++++	+++	++++	+++	-	-
Осока острая	++++	+++	+++	++	+++	-
Рогоз широколистный	+++	++	++	+	-	-
Сабельник болотный	+++	++	++	+	++	-
Телиптерис болотный	-	++	++++	+++	++++	-
Тростник обыкновенный	+++	++	+++	++	+++	-
Хвощ речной	++	++	++	++	++	-
Частуха подорожниковая	++++	++	-	-	-	-

Условные обозначения: “-” — отсутствовали, “+” — встречались в единичных экземплярах, “++” — встречались редко, “+++” — встречались часто, “++++” — распространены повсеместно.

Таблица 2

Динамика фитомассы макрофитов в Кузнецовском озере

Вид растения	Июнь		Октябрь	
	масса, г /м ²	кол-во экз. /м ²	масса, г /м ²	кол-во экз. /м ²
Рдест пронзеннолистный	108	4	78	3
Ряска малая	190	-	167	-
Элодея канадская	-	-	79	5
Водокрас лягушачий	145	16	121	12
Горец земноводный	298	5	155	2
Кубышка желтая	544	4	356	3
Кувшинка белоснежная	591	5	359	3
Рдест плавающий	163	5	-	-
Белокрыльник болотный	540	5	102	1
Вахта трехлистная	410	5	355	5
Ежеголовник всплывающий	98	4	-	-
Камыш озёрный	504	12	252	6
Осока острая	304	19	98	7
Рогоз широколистный	585	4	498	3
Сабельник болотный	510	5	324	3
Телиптерис болотный	-	-	85	5
Тростник обыкновенный	840	20	463	11
Хвощ речной	368	30	242	22
Частуха подорожниковая	122	8	44	3
Всего:	6320	151	3778	94

Таблица 3

Динамика фитомассы макрофитов в Глебовском озере

Вид растения	Июнь		Октябрь	
	масса, г /м ²	кол-во экз. /м ²	масса, г /м ²	кол-во экз. /м ²
Пузырчатка обыкновенная	133	19	35	5
Кубышка желтая	405	3	378	3
Кувшинка белоснежная	475	4	408	4
Рдест плавающий	182	6	165	6
Белокрыльник болотный	618	6	288	3
Вахта трехлистная	385	5	72	1
Камыш озёрный	462	11	205	5
Осока острая	171	10	27	2
Рогоз широколистный	315	2	155	1
Сабельник болотный	301	3	98	1
Тростник обыкновенный	810	18	406	9
Хвощ речной	264	22	139	13
Всего:	4718	120	2511	62

но меньше июньских величин. При этом также доминировали гелофиты — 2463 г/м², фитомасса рогоза широколистного составила 498 г/м². Фитомасса гидрофитов осенью была равна 1315 г/м², что также ниже июньских показателей. Среди гидрофитов по-прежнему преобладали кувшинка белоснежная — 359 г/м², и кубышка желтая — 356 г/м².

В Глебовском озере (табл. 3) фитомасса макрофитов в июне составила 4718 г/м², доминировали гелофиты — 3523 г/м², преобладал тростник обыкновенный — 810 г/м². Гидрофиты имели фитомассу 1195 г/м², среди них также выделялись кувшинка белоснежная — 475 г/м², и кубышка желтая — 405 г/м². В октябре фитомасса макрофитов была почти в 2 раза ниже июньской и составила 2511 г/м². Доминировала группа гелофитов — 1525 г/м², в частности тростник обыкновенный — 406 г/м². Фитомасса гидрофитов в октябре составила 986

г/м², преобладали кувшинка белоснежная — 408 г/м², и кубышка желтая — 378 г/м².

На Сальковском озере (табл. 4) фитомасса макрофитов в июне месяц составила 3837 г/м², доминировали гелофиты — 2809 г/м², среди них также преобладал тростник обыкновенный — 790 г/м². Гидрофиты имели фитомассу — 1028 г/м², преобладала кувшинка белоснежная — 468 г/м².

Для оценки качества воды проведена оценка сапробности озер по макрофитам. В соответствии с таблицей 1 составлен список растений-индикаторов сапробности для Кузнецовского, Глебовского и Сальковского озер. Всего выявлено 9 видов макрофитов — индикаторов сапробности (табл. 5).

По индикаторным видам растений для каждого озера рассчитали значения индекса Пантле-Букка. Для Кузнецовского и Сальковского озер индексы Пантле-Букка почти равны — 1,62 для Кузнецовского озера

Таблица 4

Динамика фитомассы макрофитов в Сальковском озере

Вид растения	Июнь		Октябрь	
	масса, г /м ²	кол-во экз. /м ²	масса, г /м ²	кол-во экз. /м ²
Ряска малая	185	-	-	-
Элодея канадская	247	15	-	-
Кувшинка белоснежная	468	4	-	-
Рдест плавающий	128	4	-	-
Аир болотный	280	8	-	-
Белокрыльник болотный	204	2	-	-
Вахта трехлистная	479	6	-	-
Осока острая	115	7	-	-
Рогоз широколистный	143	1	-	-
Сабельник болотный	299	3	-	-
Телиптерис болотный	295	17	-	-
Тростник обыкновенный	790	17	-	-
Хвощ речной	204	17	-	-
Всего:	3837	101	-	-

Таблица 5

Растения-индикаторы сапробности озер

Вид растения	s	I	S	Обилие видов по Друде (h)		
				Кузнецовское	Глебовское	Сальковское
Пузырчатка обыкновенная	β	4	1,8	-	4	-
Рдест пронзеннолистный	β	4	1,75	3	-	-
Ряска малая	β	3	2,25	4	-	3
Элодея канадская	β	3	1,85	-	-	5
Водокрас лягушачий	β-о	3	1,5	3	-	-
Горец земноводный	β	3	1,75	3	-	-
Кубышка желтая	β-о	3	1,7	4	3	-
Кувшинка белоснежная	β-о	3	1,4	3	3	3
Хвощ речной	о	4	0,8	3	3	3
Индекс Пантле — Букка				1,62	1,45	1,61
Сапробность водоёма				β-мезосапробный	олигосапробный	β-мезосапробный

s — степень сапробности вида, I — индикаторное значение вида, S — сапробный индекс вида.

и 1,61 для Сальковского озера. Следовательно, Кузнецовское и Сальковское озера, несмотря на питание болотными водами, относятся к β-мезосапробной зоне, что характерно для равнинных озер средней полосы России. Для Глебовского озера индекс Пантле-Букка составил 1,45, что соответствует олигосапробной зоне.

Заключение

Видовой состав макрофитов исследованных озер заказника «Журавлиная родина» представлен 21 видом, среди них 9 видов гидрофитов и 12 видов гелофитов. На Кузнецовском озере наблюдается обилие макрофитов — 17 видов. Сообщества ма-

крофитов Глебовского озера выражены не столь обильно — 13 видов. На Сальковском озере было выявлено меньше всего макрофитов — 12 видов.

На Кузнецовском озере фитомасса в июне составила 6320 г/м², в октябре — 3778 г/м². В Глебовском озере на малом участке литорали фитомасса в июне была равна 4718 г/м², в октябре — 2511 г/м². Для Сальковского озера в июне определена фитомасса макрофитов, равная 3837 г/м². При оценке сапробности озер по макрофитам — индикаторам установлено, что Кузнецовское и Сальковское озера относятся к β-мезосапробным водоемам, а Глебовское озеро — к олигосапробным.

Литература

1. Васюков Г.А. Растительные сообщества водоемов: методические указания. — СПб.: Наука, 1992. — С. 32–45.
2. Садчиков А.П. Гидробиотика: Прибрежно-водная растительность. — М.: «Академия», 2005. — 240 с.
3. Воронов А.Г. Геоботаника. — М.: «Мысль», 1973.
4. Скворцова В.В. Практическое руководство по оценке экологического состояния малых рек: учебное пособие для сети общественного экологического мониторинга — СПб.: «Крисмас», 2006. — 176 с.

Сведения об авторах:

Кузнецова Наталья Владимировна, к.б.н., доцент кафедры «Аквакультура и экология», Дмитровский рыбохозяйственный технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Астраханский ГТУ»; e-mail: natashak.82@mail.ru.

Здрок Андрей Васильевич, ст. преподаватель кафедры «Аквакультура и экология»; e-mail: zdrok_a@mail.ru.

Воронцов Вадим Валерьевич, к.б.н., доцент кафедры «Аквакультура и экология», e-mail: voronvad@yandex.ru.

Климатические ресурсы

УДК 630*1

Влияние климатических изменений на динамику природных процессов в заповеднике «Кологривский лес»

Н.Н. Дубенок¹, академик РАН, д.с.-х.н., А.В. Лебедев^{1,2}, к.с.-х.н., С.А. Чистяков^{1,2}

¹Российский государственный аграрный университет — МСХА им. К.А. Тимирязева

²Государственный природный заповедник «Кологривский лес» им. М.Г. Синицына

В статье представлены результаты изучения влияния климатических изменений на динамику природных процессов в заповеднике «Кологривский лес». Выявлено смещение сроков наступления фенологических дат и продолжительности сезонов года в зависимости от среднегодовой температуры воздуха. Поэтому происходящие климатические изменения вносят коррективы в сложившийся на территории заповедника ход природных процессов. Смещение фенологических дат, главным образом, связано с сокращением холодного периода года. В дальнейшем необходимо продолжение экомониторинга годовых жизненных циклов биологических объектов на ООПТ, так как это позволяет учесть влияние абиотических факторов без негативных антропогенных воздействий.

Ключевые слова: изменение климата, фенологические наблюдения, Летопись природы, заповедник, Кологривский лес.

Введение

В середине XIX в. в России наблюдения за периодичностью природных явлений получили название фенологических, а научное направление, занимающееся изучением сезонной ритмики природы стало называться фенологией [1]. С того времени методы обработки данных фенологических наблюдений существенных изменений не претерпели [2–6]. В последние десятилетия особую актуальность приобрели исследования, направленные на оценку фенологического отклика биоты в результате климатических изменений [7–10], который проявляется через отклонения сроков проявления фенологических явлений от установленных норм [11]. Накопленные за два столетия результаты наблюдений в целом свидетельствуют о наличии общей тенденции к смещению средних дат начала активности и наступления весенне-летних фаз развития видов к более ранним значениям [12, 13]. Однако на локальном уровне учеными отмечается неоднозначность реакции различных компонентов экосистем на изменения глобальной климатической системы [14–16]. Поэтому изучение фенологических данных локальных объектов

способствует формированию единого представления о влиянии изменений климата на ход природных процессов.

Цель исследования — выявление зависимостей в сезонной динамике явлений природы государственного природного заповедника «Кологривский лес» им. М.Г. Синицына от происходящих климатических изменений.

Материалы и методы

Заповедник «Кологривский лес» создан в 2006 г. и расположен на территории Костромской области. В состав заповедника входят два изолированных друг от друга участка: 1) Кологривский, расположенный в границах Кологривского муниципального округа, Чухломского, Нейского и Парфеньевского муниципальных районов, и 2) Мантуровский, расположенный в границах Мантуровского муниципального района [17]. На первом из них преобладающими являются еловые и производные березовые насаждения [18]. Значительная часть участка в XX в. была пройдена сплошнолесосечными рубками, но в 70–80-е гг. был сохранен участок коренных еловых лесов, вошедших

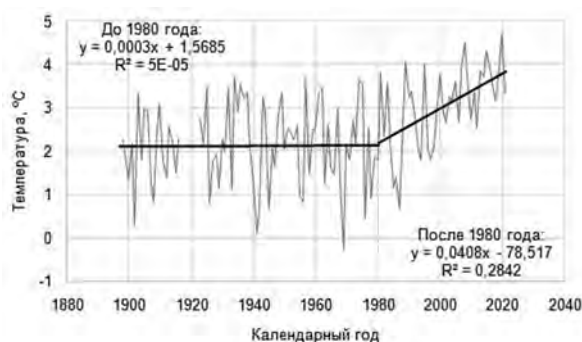


Рис. 1. Динамика среднегодовой температуры по метеостанции г. Кологрив

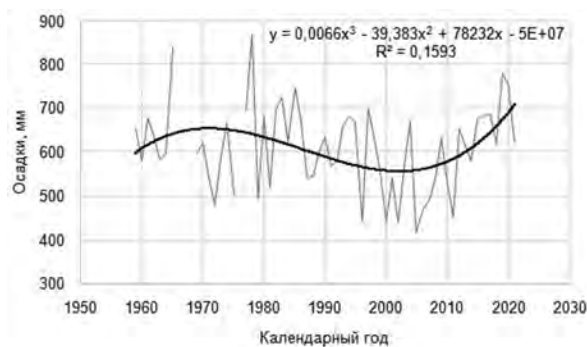


Рис. 2. Динамика годового количества осадков по метеостанции г. Кологрив

в состав памятника природы «Кологривский лес». На Мантуровском участке преобладающими являются сосновые насаждения. В 1972 г. значительная площадь была пройдена крупным лесным пожаром, поэтому на большей части покрытых лесом земель возраст насаждений не превышает 50 лет [19].

С момента создания заповедника на его территории проводятся фенологические наблюдения и фиксируются основные метеорологические параметры (среднесуточная температура, дни с заморозками, сильные дожди и грозы, снегопады и прочие), которые являются важной составляющей частью «Летописи природы», содержащей сведения, отражающие состояние всех охраняемых абиотических и биотических компонентов окружающей среды, а также изменения, происходящие с ними. В исследовании использованы, во-первых, данные заповедника о сроках наступления сезонов года (зима, весна, лето и осень), а также их характеристиках, и во-вторых, данные метеостанции г. Кологрив. Данные о погодных условиях обработаны по схеме С.М. Преображенского и Н.Н. Галахова [20], в основу которой положен ход максимальных и минимальных температур воздуха с учетом характерных фенологических явлений.

Сбор данных о погодных условиях ведётся сотрудниками научного отдела, инспекторами отдела охраны и оперативной группы заповедника. Данные фиксируются в дневниках, а затем заносятся в специальную таблицу в формате Microsoft Office Excel, а также отражаются в ежегодных выпусках «Летописи природы». При фенологических исследованиях объектами наблюдения являются наиболее типичные представители растительного и животного мира. Сотрудниками научного отдела фиксируются сроки наступления отдельных фенологических фаз, заносятся в специальную таблицу и публикуются в ежегодных выпусках «Летописи природы».

Результаты и обсуждение

Накопленные с 1889 года данные наблюдений за среднегодовой температурой по метеостанции г. Кологрив показывают, что значительное ее повышение началось с 1980 г. (рис. 1). С 1899 по 1980 гг. линейный тренд ($R^2 = 0$) динамики средне-

годовой температуры воздуха является статистически незначимым (при $p < 0,05$). После 1980 г. ежегодное повышение среднегодовой температуры составило $0,041^\circ\text{C}$ или $0,4^\circ\text{C}$ за десятилетие (линейный тренд с $R^2 = 0,284$ статистически значим при $p < 0,05$). Таким образом, с 1980 по 2020 гг. среднегодовая температура воздуха повысилась в среднем на $1,6^\circ\text{C}$ от $2,1$ до $3,7^\circ\text{C}$.

Данные наблюдений за годовым количеством осадков по метеостанции г. Кологрив представлены с 1959 г. (рис. 2). Динамика осадков передается криволинейным трендом ($R^2 = 0,159$), согласно которому в 1960 г. в среднем годовая сумма осадков составляла 600 мм, к 1970 г. увеличилась до 650 мм. На протяжении последующих трех десятилетий количество осадков закономерно снижалось, достигнув своего минимума в середине 2000-х гг. (560 мм). К 2020 г. в среднем годовая сумма осадков составила 700 мм. В целом произошедшее за последние 40 лет повышение среднегодовых температур воздуха сопровождается ростом годового количества осадков с середины 2000-х годов.

По данным наблюдений в заповеднике за природными явлениями выявлены средние продолжительность и календарные сроки сезонов года (рис. 3). Зима длится в среднем 109 дней (с 18 ноября по 5 марта), из которых 45 — мягкая зима, 39 — холодная зима и 25 дней — предвесенье. Мягкая зима (18 ноября–1 января) характеризуется температурами воздуха, в среднем составляющими около -10°C , и снегопадами. К этому периоду устанавливается типичная зимняя погода. Для этапа холодной зимы (с 2 января по 8 февраля) характерны сильные морозы, когда дневные и ночные температуры опускаются ниже -30°C . Предвесенье (9 февраля по 5 марта) символизирует начало весны. Температура воздуха начинает повышаться, частыми становятся осадки, а дни в основном пасмурные.

Средняя продолжительность весны составляет 80 дней (6 марта–23 мая), из которых 57 дней — ранняя весна, 10 — зеленая весна и 13 — предлетье. Ранняя весна (6 марта–30 апреля) характеризуется нестабильной погодой. Ночные температуры воздуха в начале марта могут доходить ниже отметок -30°C , а максимальные температуры могут

достигать $+10^{\circ}\text{C}$ (конец апреля). Активное тает снег. В конце ранней весны (пестрый период) отмечается устойчивый переход среднесуточных температур выше отметки $+5^{\circ}\text{C}$. На этапе зеленой весны (1 мая-10 мая) появляется зеленая трава, распускаются первые листья на деревьях, после чего наступает предлетье (11 мая-23 мая).

Лето в среднем продолжается 95 дней (24 мая-27 августа), в том числе 26 дней — раннее лето, 54 — полное лето и 15 — предосенье. Ранним летом (24 мая-18 июня) возможны ночные заморозки. К концу этой фазы наблюдается установление средней температуры около отметки $+20^{\circ}\text{C}$. На этапе полного лета (19 июня-12 августа) прекращаются ночные заморозки, происходит обильное цветение растений. Предосенье (13 августа-26 августа) предвещает скорое наступление осени. Начинает появляться желтая окраска листьев на деревьях, а ночные температуры опускаются ниже $+10^{\circ}\text{C}$.

Средняя продолжительность осени составляет 82 дня (27 августа-17 ноября), из которых 27 дней — золотая осень, 26 — поздняя осень и 29 — предзимье. Золотая осень (27 августа-23 сентября) наступает с понижением минимальных температур ниже $+10^{\circ}\text{C}$. Листва на деревьях полностью окрашивается в желтый и оранжевый цвета. В результате понижений ночных температур менее 0°C отмечается появление инея. На этапе поздней осени (24 сентября-18 октября) средние температуры все чаще опускаются ниже 0°C . Выпадает первый снег, который быстро тает. Результатом утренних заморозков становится практически полное облетание пожелтевшей листвы с деревьев. После устойчивого перехода температуры воздуха в сторону отрицательных отметок начинается предзимье (19 октября-17 ноября). Воздух становится холоднее, возможны снегопады, а снег перестает таять. Дан-

ный этап предвещает скорое наступление зимы. При переходе максимальных среднесуточных температур отметки -5°C наступает мягкая зима.

Гипотеза о влиянии среднегодовой температуры воздуха на сроки наступления сезонов года проверялась с применением линейного регрессионного анализа. При этом независимой переменной (x) выступала среднегодовая температура воздуха, а зависимой переменной (y) — порядковый номер даты начала сезона от 01 января соответствующего года. Все регрессионные уравнения (табл. 1) являются статистически значимыми при $p < 0,05$. Данные табл. 1 свидетельствуют, что повышение среднегодовой температуры воздуха способствует, во-первых, более позднему наступлению зимы и осени (положительный коэффициент перед независимой переменной), и во-вторых, более раннему наступлению весны и лета (отрицательный коэффициент перед независимой переменной).

На рис. 4 показана зависимость продолжительности сезонов года (в днях) от среднегодовой температуры воздуха в соответствии с регрессионными уравнениями из табл. 1. При среднегодовой температуре $2,5^{\circ}\text{C}$ продолжительность зимы составляет 134 дня, весны — 70 дней, лета — 87 дней и осени 74 дня. При повышении среднегодовой температуры до $4,5^{\circ}\text{C}$ продолжительность сезонов года изменяется следующим образом:

Таблица 1

Зависимость сроков наступления сезонов года от среднегодовой температуры воздуха

Сезон года	Уравнение	Коеф. детерминации (R^2)
Зима	$y = 8,3581x - 71,816$	0,185
Весна	$y = -10,361x + 108,92$	0,197
Лето	$y = -4,6756x + 164,45$	0,146
Осень	$y = 3,2133x + 231,65$	0,118

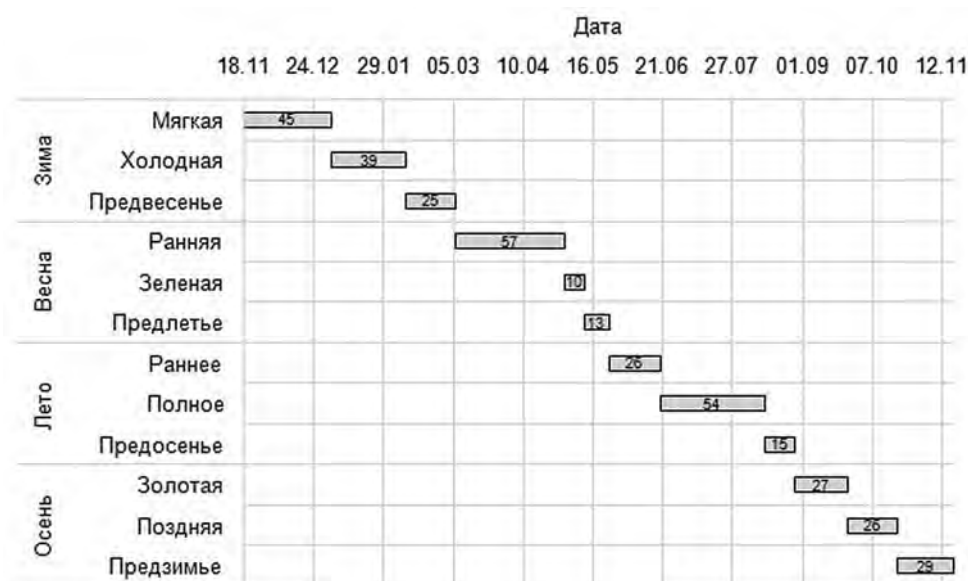


Рис. 3. Средняя продолжительность и календарные сроки сезонов года

зима — 97 дней, весна — 81 день, лето — 103 дня и осень — 85 дней. Поэтому происходящее потепление климата способствует сокращению продолжительности зимы, за счет чего увеличивается продолжительность весны, лета и осени.

Гипотеза о влиянии среднегодовой температуры воздуха на сроки наступления некоторых фенологических дат так проверялась с применением линейного регрессионного анализа: независимая переменная — среднегодовая температура воздуха (x), зависимая переменная — порядковый номер даты от начала года (y). Все регрессионные уравнения (табл. 2) являются статистически значимыми при $p < 0,05$. При этом данные табл. 2 показывают, что повышение среднегодовой температуры воздуха способствует более раннему наступлению (отрицательный числовой коэффициент перед независимой переменной) таких явлений природы, как пение соловья, цветение одуванчика, цветение черемухи, цветение купальницы и цветение сирени. При этом наблюдается более поздний срок отлета гусей осенью (положительный коэффициент перед независимой переменной).

Таблица 2

Зависимость срока наступления некоторых фенологических фаз от среднегодовой температуры воздуха

Фенологическая фаза	Уравнение	Кэф. детерминации (R^2)
Пение соловья	$y = -9,5342x + 176,17$	0,633
Цветение одуванчика	$y = -5,0902x + 157,52$	0,222
Цветение черемухи	$y = -5,433x + 157,13$	0,851
Цветение купальницы	$y = -8,8581x + 177,13$	0,575
Цветение сирени	$y = -2,736x + 164,00$	0,255
Отлет гусей	$y = 13,222x + 233,66$	0,492

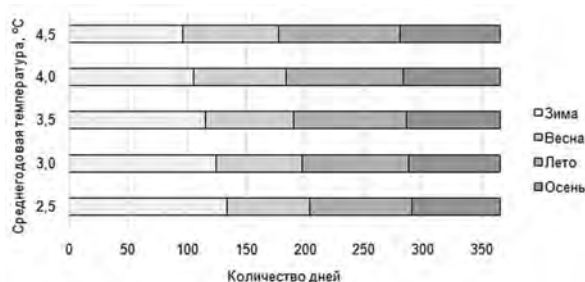


Рис. 4. Зависимость продолжительности сезонов года (в днях) от среднегодовой температуры воздуха

Смещение исследуемых фенологических явлений связано с изменением климатической системы заповедника «Кологривский лес» в последние десятилетия, вызванным изменением глобальных климатических параметров. Таким образом, сроки наступления отдельных явлений природы являются тесно связанными со среднегодовой температурой воздуха. Поэтому происходящие климатические изменения вносят коррективы в сложившийся на территории заповедника ход естественных процессов. Для более четкого выявления зависимости фенологических дат от климатических факторов необходимо дальнейшее проведение наблюдений.

Заключение

Таким образом, в статье представлены результаты изучения влияния климатических изменений на динамику природных процессов в заповеднике «Кологривский лес». Выявлено смещение сроков наступления фенологических дат и продолжительности сезонов года в зависимости от среднегодовой температуры воздуха. Смещение фенодат, главным образом, связано с сокращением холодного периода года. В дальнейшем необходимо продолжение экологического мониторинга годовых жизненных циклов на особо охраняемых природных территориях, так как это позволяет учесть влияние абиотических факторов без негативных антропогенных воздействий.

Литература

1. Федотова В. Г. Современное состояние отечественной фенологии // Общество. Среда. Развитие, 2009. № 4. — С. 166–176.
2. Шиманюк А. П. Краткое руководство по организации фенологических наблюдений // Фенологические наблюдения. — М.: Профиздат, 1948. — С. 5–39.
3. Батманов В. А. Об использовании вариационной статистики в фенологических исследованиях // Вопросы фенологического картографирования. — Л.: Гидрометеиздат, 1968. — С. 90–96.
4. Аксенова Н. А., Ремизов Г. А., Ромашова А. Т. Методические рекомендации для организации фенологической работы в школах. — М.: МФ ГО СССР, 1979. — 52 с.
5. Шульц Г. Э. Общая фенология. — Л.: Наука, 1981. — 188 с.
6. Зорина А. А., Шуйская Е. А. Причины смещения сроков сезонных явлений у животных Центрально-Лесного биосферного заповедника // Самарский научный вестник, 2020. Т. 9. № 3. — С. 67–72. DOI 10.17816/snv202093112.
7. Минин А. А. Фенология Русской равнины: материалы и обобщения. — М.: Изд-во АБФ/АБФ, 2000. — 160 с.
8. Richardson A. D., Keenana T. F., Migliavacca M., Ryu Y., Sonnentag O., Toomey M. Climate change, phenology, and phenological control of vegetation feedbacks to the climate system // Agricultural and Forest Meteorology, 2013. V. 169. — P. 156–173. DOI 10.1016/j.agrformet.2012.09.012.
9. Дубенок Н. Н., Лебедев А. В., Кузьмичев В. В. Изменение роста и продуктивности березовых древостоев в городской среде по данным долговременных наблюдений // Использование и охрана природных ресурсов в России, 2022. № 1(169). — С. 32–36.

10. Дубенок Н. Н., Лебедев А. В., Кузьмичев В. В. Изменение роста древостоев лиственницы в Москве по данным долговременных наблюдений // Российская сельскохозяйственная наука, 2022. №3. — С. 56–61. DOI 10.31857/S2500262722030115.
11. Минин А. А. Некоторые аспекты взаимосвязей наземных экосистем с изменяющимся климатом // Успехи современной биологии, 2011. Т. 131. №4. — С. 407–415.
12. Соловьев А. Н. Биота и климат. Региональная фенология. — М.: Пасва, 2005. — 288 с.
13. Гордиенко Н. С. Роль многолетних фенологических наблюдений в системе экомониторинга природных комплексов // Изв. Челябинского НЦ УрО РАН, 2004. №2. — С. 161–166.
14. Parmesan C. Influences of species, latitudes and methodologies on estimates of phenological response to global warming // Global Change Biology, 2007. V. 13 (9). — P. 1860–1872. DOI 10.1111/j.1365–2486.2007.01404.x.
15. Mann M. E., Rahmstorf S., Kornhuber K., Steinman B. A., Miller S. K., Coumou D. Influence of anthropogenic climate change on planetary wave resonance and extreme weather events // Scientific Reports, 2017. V. 7. — P. 45–242. DOI 10.1038/srep45242.
16. Лебедев А. В. Климатически оптимизированное лесное хозяйство в городских лесах как инструмент адаптации к изменениям окружающей среды // Матер. междунауч. конф. молодых ученых и специалистов, посвященной 135-летию А. Н. Костякова: сб. статей (Москва, 6–8 июня 2022 г.). — М.: РГАУ — МСХА им. К. А. Тимирязева, 2022. — С. 14–16.
17. Лебедев А. В. Изучение изменения растительного покрова заповедника «Кологривский лес» по материалам дистанционного зондирования Земли // Лесохозяйственная информация, 2020. №2. — С. 43–53. DOI 10.24419/LHI.2304–3083.2020.2.04.
18. Лебедев А. В., Гемонов А. В., Селиверстов А. М. Фенотипическая структура и разнообразие популяций ели заповедника «Кологривский лес» // Природообустройство, 2022. №1. — С. 109–116. DOI 10.26897/1997–6011–2022–1–109–116.
19. Лебедев А. В., Криницын И. Г., Гостев В. В. Таксономическая структура флоры сосудистых растений заповедника «Кологривский лес» // Природообустройство, 2022. №3. — С. 115–121. DOI 10.26897/1997–6011–2022–3–115–121.
20. Преображенский С. М., Галахов Н. Н. Фенологические наблюдения: Руководство. — М.: «Детгиз», 1948. — 158 с.

Сведения об авторах:

Дубенок Николай Николаевич, академик РАН, профессор, д.с.-х.н., завкафедрой сельскохозяйственных мелиораций, лесоводства и землеустройства, Российский государственный аграрный университет — МСХА имени К. А. Тимирязева; e-mail: ndubenok@mail.ru.

Лебедев Александр Вячеславович, к.с.-х.н., доцент кафедры сельскохозяйственных мелиораций, лесоводства и землеустройства, РГАУ — МСХА им. К. А. Тимирязева; научный сотрудник Государственного природного заповедника «Кологривский лес» им. М. Г. Синецкого; Костромская обл., г. Кологрив; e-mail: alebedev@rgau-msha.ru.

Чистяков Сергей Анатольевич, аспирант кафедры сельскохозяйственных мелиораций, лесоводства и землеустройства, РГАУ — МСХА им. К. А. Тимирязева; замдиректора по научной работе заповедника «Кологривский лес»; e-mail: bober.vet@mail.ru.

Короткие сообщения

ГОСТы на парниковые газы

Росстандарт запланировал утвердить до конца года 12 национальных стандартов по ограничению выбросов парниковых газов, а всего до 2030 г. предусмотрено утверждение более 70 стандартов по низкоуглеродному развитию.

Климатические проекты по снижению выбросов парниковых газов, адаптации к изменениям климата и выпуску углеродных единиц должны соответствовать добровольным международным и национальным стандартам. Для использования в российской системе климатических проектов национальный стандарт должен иметь описание категорий охватываемых проектов, требования к составу и содержанию проектной документации и методологии разработки и мониторинга проекта. В частности, до конца 2022 г. запланировано утверждение следующих ГОСТов: «Выбросы стационарных источников. Определение выбросов парниковых газов в энергоемких отраслях промышленности. Часть 1. Общие положения», «Оценка экологической результативности. Зеленые долговые инструменты. Часть 1. Механизм зеленых облигаций», «Системы экологического менеджмента. Руководящие указания по включению экологических норм при проектировании». Также ожидается утверждение четырех стандартов по адаптации к изменениям климата и пяти ГОСТов по парниковым газам.

Росстандарт

Штрафы за «парниковые» нарушения

Вице-премьер Виктория Абрамченко поручила Минприроды России организовать работу по внесению поправок в ФЗ «Об ограничении выбросов парниковых газов».

В рамках новой статьи об использовании средств от административных штрафов за «парниковые» правонарушения, предлагается «окрасить» средства, поступающие в федеральный бюджет от таких штрафов, и направить их на мероприятия по предотвращению/снижению негативного воздействия на окружающую среду, сохранению и восстановлению природы, выявлению и оценке объектов накопленного вреда, рациональное использование и воспроизводство ресурсов, обеспечение экобезопасности.

НИА-Природа

Рекреационные ресурсы и ООПТ

УДК 598.261.6

Тетеревиные птицы заповедника «Басеги» (Пермский край): ресурсы, динамика численности, тенденции

Н.М. Лоскутова¹, к.б.н., Д.В. Наумкин^{1,2}, к.б.н.

¹Государственный природный заповедник «Басеги», Пермский край

²Горный институт ПФИЦ УрО РАН, г. Пермь

Представлен анализ материалов, собранных в заповеднике «Басеги» (Пермский край) по биологии куриных птиц семейства Tetraonidae за всю историю его существования с 1982 г. В повидовых очерках рассматриваются результаты учетов осенней и зимней численности, сведения о гнездовании, размерах кладок и выводков, фенологические данные, биоценологические связи (характер питания и враги). Основной метод учета птиц в заповеднике — осенний, по методике ЦНИЛ МСХ СССР.

Ключевые слова: заповедник «Басеги», тетеревиные, численность, фенология, гнездование, распределение по территории, биоценологические связи.

Введение. Заповедник «Басеги» создан в 1982 г. в восточной части Пермской области, в западных предгорьях Среднего Урала. Заповедная территория площадью 19 тыс. га включала ориентированный меридионально хребет Басеги протяженностью 30 км. Несмотря на невысокие абсолютные отметки над у.м., Басеги — наиболее высокая часть низкогорного Среднего Урала. Гора Средний Басег (994 м над у.м.) — его наивысшая точка. В первые годы существования заповедник представлял собой островок первозданного горно-таежного ландшафта, окруженный промышленными вырубками, пик которых пришелся на 70-е гг. прошлого столетия. Площадь заповедника была увеличена в 1993 г. за счет вырубок, и в настоящее время составляет 38068 га; вместе с охранной зоной площадь, где проводится биомониторинг, в том числе учеты тетеревиных, достигает 60000 га.

В заповеднике хорошо выражена высотная поясность. На отметках до 600 м над у.м. господствует темновихровая тайга с березой пушистой. Это территория горно-лесного ландшафтного пояса, который достаточно неоднороден, мозаичен, с болотными угодьями и густой речной сетью. Таежный лес изобилует естественным вывалом хвойных

пород. Выше расположен подгольцовый ландшафтный пояс, который включает разреженные склоновые леса, кривоветья и горные луга. Самые высокие отметки (свыше 800 м над у.м.) приурочены к горно-тундровому поясу, в котором встречаются разные типы горных тундр, перемежающихся выходами скальных пород, осыпями, вкраплениями луговин и кривоветий.

Основной облик древесной растительности в заповеднике определяет горная елово-пихтовая тайга с примесью мелколиственных пород. Бывшие вырубки в настоящее время из разряда молодняков перешли в приспевающие вторичные леса, занимающие до 65% площади лесных насаждений. Согласно первому лесоустройству (1986 г.), лесистость заповедника составляла 86,9%. После расширения заповедной территории в 1993 г. лесопокрытая площадь составила 91%, к 2016 г. (последнее лесоустройство) процент лесистости увеличился до 96%. В настоящее время наблюдается зарастание бывших вырубок, существовавшей здесь раньше лесовозной дорожной сети, полей и пустошей, оставленных при разработке лесосек. Процесс зарастания отмечен и в горных лугах, постоянное сенокошение в которых было прекращено только спустя десятилетие

после создания заповедника. Медленно смещается и верхняя граница леса. Увеличилась площадь заболоченных лесов. Подобная динамика лесной растительности не могла не отразиться на состоянии популяций тетеревиных птиц и на их распределении по территории.

Тетеревиные птицы (Tetraonidae) являются характернейшим элементом лесной, преимущественно таежной фауны заповедника. Рябчик и глухарь населяют горно-лесной ландшафтный пояс. Тетерев и белая куропатка связаны с открытыми биотопами — оба вида используют в основном горные тундры и луга, поляны, а также зарастающие вырубки на разных стадиях сукцессии. В целом сочетание разнокачественных лесных и открытых угодий, хорошая кормовая база (ягодники в тундрах, криволиесьях и на болотах), наличие галечников в ручьях и на дорогах, по которым проходят границы заповедника, создают оптимальные условия для тетеревиных птиц ООПТ и примыкающей по периметру охранной зоны.

Материал и методики. Учеты тетеревиных птиц проводятся с первых лет существования заповедника по методике ЦНИЛ МСХ СССР [1]. Материалы мониторинга включает в себя зимние данные, собранные при проведении зимних маршрутных учетов (ЗМУ), а также данные, собранные в осенний период. Такие учеты проводили регулярно, начиная с 1982 г. (за исключением 1983, 1984 гг., и осенних учетов в 1985 г.). Общая протяженность маршрутов в зимний период составила 4584 км ($n=38$), в осенний — 5029 км ($n=36$), в среднем по 250–260 км за сезон. Показатель численности — плотность особей на 1000 га — рассчитан, исходя из средней удвоенной дальности обнаружения птицы. Наблюдения на токах, которые практикуются во многих заповедниках страны, не проводили по причине крайней труднодоступности территории в ранневесенний период. В учетных работах участвовали сотрудники заповедника В.Д. Бояршинов, Н.М. Лоскутова, Д.В. Наумкин, В.М. Курулюк, М.Я. Адиев, инспектора отдела лесной охраны.

В качестве основного критерия, характеризующего очевидное влияние абиотических факторов на осеннюю численность тетеревиных, была выбрана средняя температура июня (период вылупления и формирования выводков). В среднемноголетнем отношении ($n=36$) этот показатель, по данным метеостанции научного стационара на г. Северный Басег, составил $+13,9^{\circ}\text{C}$. Исходя из этого весь объем температурных данных июня можно было разделить на условно «теплые» (средняя температура выше $+13,9^{\circ}\text{C}$) и условно «холодные» (средняя температура ниже $+13,9^{\circ}\text{C}$). Однако в дальнейшем пришлось привлекать данные о количестве осадков, числе дней с дождями, числе дней с заморозками, учитывать даты наступления фенологического лета, и др. В итоге мы

воспользовались интегральной оценкой, применяемой в разделе Летописи «Календарь природы», условно разделив года наблюдений на группы с «теплым-сухим» июнем (средняя температура $+16^{\circ}\text{C}$) и «холодным-влажным» июнем (средняя температура $+12,8^{\circ}\text{C}$).

Сравниваемые показатели (среднемесячные температуры июня по группам и оценки осенней численности тетеревиных) не подчиняются закону нормального распределения, поэтому взаимосвязь между ними оценивали путем расчёта коэффициента ранговой корреляции Спирмена (r_s). Проверку нормальности распределений проводили с помощью описательной статистики (значений медианы, среднего арифметического, коэффициентов асимметрии и эксцесса). Для расчёта статистических характеристик использовалась программа Microsoft Office Excel 2016. Статистическая оценка проводилась для заданного критического уровня значимости 0,05.

Ранее информация о тетеревиных птицах заповедника была представлена в двух обзорах, обобщающих данные, полученные в последние десятилетия XX в. [2] и за первое десятилетие XXI в. [3]. Материалы по биологии, динамике численности тетеревиных или их отдельных видов представлены в статьях сотрудников [4–5, 6–7, 8, 9]. В настоящем сообщении впервые обобщена вся имеющаяся в Летописях природы и картотеке заповедника информация по этому семейству птиц, за исключением белой куропатки, которая встречается (и гнездится) в Басегах крайне редко и нерегулярно.

Рябчик *Tetrastes bonasia*. Наиболее обычный и многочисленный представитель семейства в заповеднике «Басеги». Населяет захламлинные приручьевые и приречные ельники. Больше остальных тетеревиных связан с тайгой, не встречается в изолированных лесных «островках», избегает полей, не отмечен в горных лугах, при вспугивании не поднимается выше полога леса [10].

За весь период исследований пики осенней численности рябчика отмечены в 1986, 1995 и 1998 гг., когда она превышала или была близка к показателю 200 особей/1000 га (рис. 1); затем все первое десятилетие XXI в. она колебалась в пределах 100 ос./1000 га (с повышенной численностью в 2003–2004 и 2009–2010 гг. [3]). Далее существенный рост осенней численности произошел в 2015–2017 гг., достигнув абсолютного максимума (345 ос./1000 га) в 2016 г., его сменил кратковременный спад в 2018 г. (78 ос./1000 га) и новое возрастание в 2019–2021 гг. (143–248 ос./1000 га). Положительной корреляции между температурными характеристиками июня и осенним обилием рябчика выявить не удалось — среднемноголетние значения последнего показателя (107 ос./1000 га) оказались выше для «холодных-влажных» сезонов (для «сухих-теплых» — 93 ос./1000 га),

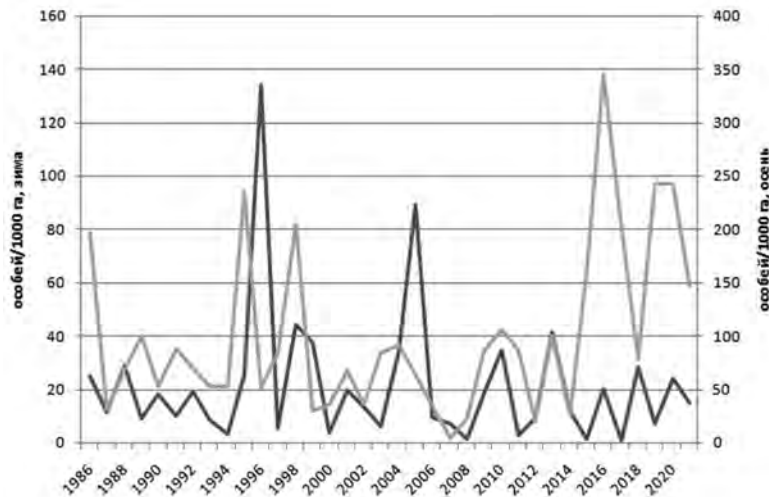


Рис. 1. Среднегодовная численность рябчика в заповеднике «Басеги» (здесь и далее темным цветом обозначены зимние учеты, светлым — осенние)

причем в 2015, 2017 и 2019 гг. (годы высоких показателей осенней численности) вплоть до второй декады июня отмечались заморозки на почве. Среднегодовная осенняя численность рябчика — 101 ос./1000 га ($n=36$).

Зимняя численность значительно более стабильна (среднегодовой показатель — 24 ос./1000 га, при $n=37$). Поскольку рябчики оседлы и территориальны, во время ЗМУ оценивалась взрослая, поддерживающая репродуктивный потенциал, часть популяции, готовящаяся к размножению весной. Резкие пики зимней численности отмечены лишь в 1996 г. (134 ос./1000 га) и в 2005 г. (89 ос./1000 га). В оба раза этому предшествовали очень высокие показатели осенней численности — видимо, существенную часть зимующего населения рябчиков составили в эти годы молодые птицы, не покинувшие территорию заповедника.

Обычно во время проведения ЗМУ фиксировали и начало весеннего тока — свиста. Он начинается еще в зимней обстановке, но уже тогда, когда пары рябчиков определили для себя гнездовую территорию и начали готовиться к репродуктивному сезону. Начало тока, по среднегодовным данным ($n=23$), приходится в заповеднике на 19 марта (с крайними датами от 20 февраля до 14 апреля). Конец этого явления четко не выражен, рябчики свистят и в мае, и в начале лета, вплоть до начала летней линьки (и попадают в это время в летние учеты птиц по голосам), но интенсивность свиста в это время, по сравнению с весной, существенно снижается.

За всю историю орнитологических наблюдений в заповеднике было найдено 17 гнезд рябчика. Число яиц в гнезде в среднем — 6,8(7), от 3 до 9. Начало яйцекладки приходится в среднем на 15 мая, вылупление — на 9 июня. Длительность инкубации, таким образом, составляет 25 дней, что соответствует литературным данным [10–11]. Вы-

водки из поршков отмечаются с 25 июня, в дальнейшем не распавшиеся выводки летних птенцов, сопровождаемые самкой, отмечаются до конца августа. Среднее число птенцов в выводке (при $n=45$) составляет 5,5 (6).

После окончания линьки самцы снова начинают свистеть на утренних зорях, в заповеднике осенний свист в среднем начинается с 18 августа ($n=20$, разброс — от 1 августа по 11 ноября) и прекращается с началом глубокой зимы. В это же время (22 октября–24 ноября в разные годы) отмечены и первые ночевки птиц под снегом.

За все время наблюдений в заповеднике отмечено 52 случая гибели рябчиков. Из них 29 (55,7%) — по неустановленным причинам. В остальных случаях гибель была более-менее понятной. ПERNАТЫЕ хищники чаще становились ее причиной, чем наземные четвероногие. Чаще всего это были ястреба *Accipiter nisus*, *A. gentilis* (8 подтвержденных случаев), дважды — ястребиная сова *Surnia ulula* и один раз — полевой лунь *Circus cyaneus* [6]. Пять раз рябчиков добывали мелкие куны *Mustelidae*, дважды — рысь *Lynx lynx*, и один раз — волк *Canis lupus*. Кроме того, дважды найдены взрослые рябчики, замерзшие в лунках, и неоднократно — погибшие от неблагоприятных погодных условий пуховички. По данным В.Д. Бояршинова, гибель рябчиков в первый год жизни составляет 63% (данные 1982–1987 гг.).

Питание рябчика изучал В.Д. Бояршинов по 40 экз., добытым в окрестностях заповедника (1993–1995 гг.). В зимнем питании преобладали сережки березы пушистой *Betula pubescens* и ольхи серой *Alnus incana*, почки осины *Populus tremula*, ягоды рябины *Sorbus aucuparia*, *S. sibirica*, из хвойных — только хвоя пихты *Abies sibirica*. В летнем питании присутствовали разнообразные ягоды (7 видов: *Rubus idaeus*, *R. saxatilis*, *Rosa acicularis*, *Ribes spicatum*, *Padus avium*, *Vaccinium myrtillus*, *Lonicera altaica*) и листья цветковых растений (8–

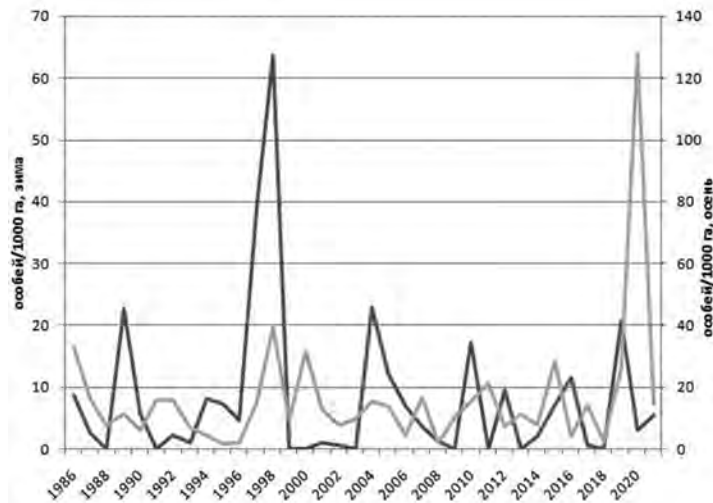


Рис. 2. Среднегодовная численность тетерева в заповеднике «Басеги»

10 видов: *Rubus idaeus*, *Vaccinium myrtillus*, *Oxalis acetosella*, *Maianthemum bifolium*, *Stellaria* sp., *Hieracium* sp., *Crepis sibirica*, *Equisetum silvaticum*; злаки до вида не опр.).

Тетерев *Lyrurus tetrix*. Из всех тетеревиных заповедника наименее связан с тайгой (за исключением белой куропатки). Это вытекает из истории его возникновения в Евразии — тетерев, в отличие от рябчика и глухаря, по происхождению — лесостепной (лесопольный) вид, являющийся, по видимому, автохтоном лесостепного биотопа [12]. Из всех тетеревиных заповедника он также является наименее территориальным, вследствие чего наблюдаются значительные перераспределения птиц, фиксируемые в наблюдениях как всплески или падения численности.

В настоящее время в Басегах тетерев — наименее многочисленный вид семейства. Среднегодовная осенняя численность — 18 ос./1000 га ($n=36$), зимняя — 9 ос./1000 га ($n=38$). В динамике численности наблюдается отрицательный тренд. Это неудивительно в связи с современной динамикой растительного покрова заповедника, описанной выше. Очевидно, наиболее благоприятная обстановка складывалась для тетерева в первые годы существования заповедника, когда он был окружен обширными вырубками, на которых впоследствии возобновлялась в первую очередь береза. Сейчас основными местообитаниями тетерева в заповеднике являются луга и горные тундры, общая площадь которых (как и верховых болот) здесь не высока.

Анализ влияния абиотических факторов в выводковый период на осеннюю численность тетерева выявил слабые положительные корреляционные связи (r_s — менее 0,10) как для годов с «теплым-сухим», так и для годов с «холодным-влажным» июнем. Среднегодовная осенняя численность в «теплые» сезоны оказалась выше, чем в «холодные» (22 ос./1000 га и 14 ос./1000

га соответственно). Выяснилось, что для тетерева особенно критичным (по сравнению с другими куриными) оказался не столько температурный фактор, сколько количество осадков — его высокая осенняя численность отмечена в годы с холодным, но аномально сухим июнем (например, 2020 г. — 128 ос./1000 га — максимальный показатель за все время наблюдений, рис. 2).

Весенний ток начинается в среднем с 13 марта, его разгар приходится на начало мая (3.05), а к началу июня (2.06) ток обычно затухает. В разные годы начало этого явления может смещаться вплоть до 14 февраля, а конец — до 13 июня. По современным меркам, многолетнее токовище на восточных лугах Северного Басега является «очень хорошим» [11] — на нем собирается до 12 токовищ (отмеченных одновременно), хотя для Басег в последние годы характерны и обычные сегодня для тетерева европейской части России негативные популяционные тенденции — ток одиночных самцов на луговинах у верхней границы леса.

За все время наблюдений в заповеднике было найдено 9 гнезд тетерева. Среднее число яиц — 7,5 (8). Начало насиживания — в среднем 19 мая (при $n=5$), вылупление — в среднем 12 июня (при $n=7$). По литературным данным, насиживание продолжается до 25 дней [11], что полностью совпадает с нашими наблюдениями. Встречи выводков нелетных пуховичков отмечаются уже с 7 июня, но обычно позже, в среднем ($n=12$) с 29 июня. Выводки летных птенцов отмечаются с 7 июля. Птенцы держатся вместе вплоть до конца сентября, их средний размер — 4,7 (5) птенцов ($n=24$). В течение октября выводки распадаются, молодые птицы обычно покидают заповедную территорию.

Осенью взрослые самцы вновь начинают собираться на утренние токовища. В заповеднике этот процесс отмечен с 18 августа до первой декады октября (разгар тока — 14 сентября, $n=14$). Обыч-

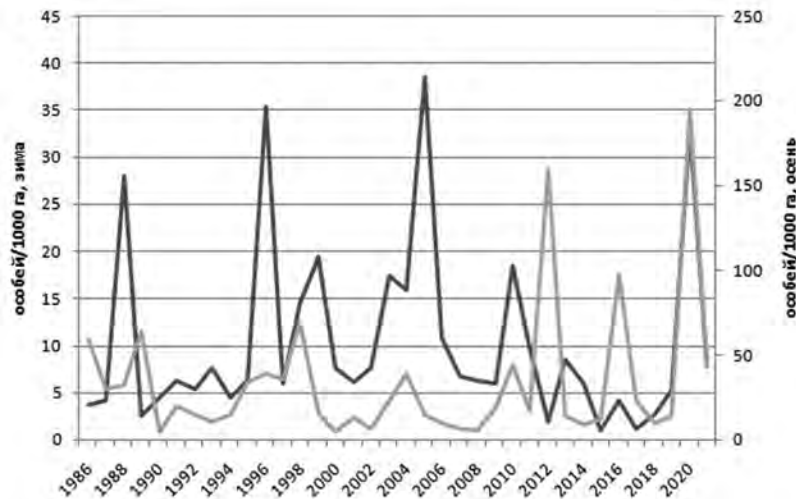


Рис. 3. Динамика многолетней численности глухаря в заповеднике «Басеги»

ная продолжительность осеннего тока — 22 дня. В конце октября (24–26.10) отмечены первые ночевки тетеревов под снегом, при его глубине всего лишь около 20 см.

Питание тетерева в окрестностях заповедника изучено по 19 экз. птиц. В зимнем питании абсолютно преобладают сережки и почки березы пушистой, в меньшей степени — ягоды рябины. Летнее питание включает ягоды (6 видов, в т.ч. вороний глаз *Paris quadrifolia*) и зеленые части цветковых растений, преимущественно тех же, что отмечены для рябчика (данные В.Д. Бояршинова, 1993–1995 гг.).

Из 8 случаев гибели тетеревов 5 (62,5%) найдены замерзшими в лунках, и лишь два погибли в результате охоты кунных.

Глухарь *Tetrao urogallus*. Самый крупный вид семейства. В заповеднике находит для себя оптимальные условия, подразумевающие наличие мозаичности разновозрастных древостоев и открытых пространств, галечников (отсутствует необходимость миграций для поисков гастролитов). Соотношение площадей первичных спелых и перестойных лесов и верховых болот с производными лесами соответствует биологическому оптимуму вида [13].

Динамика численности глухаря в заповеднике имеет восходящий тренд [9]. Во многом он обусловлен высокой численностью птиц осенью 2012, 2016 и 2020 гг. (рис. 3). В первом десятилетии текущего века максимальные показатели численности отмечены только в 2004 г., за десятилетие 1990-х гг. — в 1998 г. Выявлены слабые положительные корреляционные связи осенней численности с погодными явлениями и температурными характеристиками июня (r_s — менее 0,12). Осеннее обилие птиц в сезоны с «теплым-сухим» июнем вдвое выше, чем в сезоны с «холодным-влажным» июнем (44 и 22 ос./1000 га). Очевидно, что низкие температуры и затяжные осадки в период вы-

лупления и образования выводков критичны для этого вида. По данным В.Д. Бояршинова, 77% птенцов не доживают до года. Среднемноголетний показатель осенней плотности населения глухаря ($n=36$) в заповеднике — 35 ос./1000 га. Зимняя численность (половозрелой части популяции) составляет в среднем 11 ос./1000 га ($n=38$).

Для заповедника характерно отсутствие крупных коллективных токов. Больших скоплений токовиков не наблюдали, кроме случая в 2017 г. на сопредельной территории (бывшие вырубки) — 12 самцов у дороги. Чаще самцы токуют поодиночке. Начало тока традиционно определяется «черчением». В ясную тихую погоду птицы бродят по снегу с распушенными крыльями, оставляя цепочки следов (иногда по несколько сот метров), в окрестностях будущего тока. В Летописях природы зарегистрированы 20 дат начала этого явления, самая ранняя — 17 февраля, поздняя — 28 марта. Средняя дата — 14 марта (при $n=20$). Разгар тока приходится на апрель, с 01.04 до 17.05, в среднем — на 21 апреля (при $n=20$).

Кладка яиц начинается в среднем с 19 мая. Всего зарегистрировано 11 соответствующих дат (самая ранняя — 10 мая, самая поздняя — 25 мая). За все время в заповеднике найдено 30 гнезд глухаря. Средний размер кладки — 6,1 (6) яиц. Этот показатель изменялся от 7,2 в последнем десятилетии XX в. [2] до 5,4 за первое десятилетие текущего столетия [3–8]. Это меньше, чем, например, на Северном Урале — в Печоро-Илычском заповеднике [14–15]. Вылупление птенцов в найденных гнездах достоверно отслежено всего 9 раз, в период с 22 мая по 18 июня, в среднем — с 12 июня. Выводки с маленькими нелетными или подпархивающими птенцами (поршками) отмечены в среднем с 28 июня (при $n=16$). Первые выводки «на крыле» (старше 10–14 дней) встречаются в среднем с 5 июля (при $n=18$). Подросшие птенцы еще долго держатся вместе, самые поздние на-

блюдения таких выводков были с 8 сентября по 10 ноября. Средний размер выводка (при $n=55$) составил 4,7 (5) птенцов.

Питание глухаря специально изучал В.Д. Бояршинов в 1993–1995 гг. по 17 экз., добытым в окрестностях заповедника. По сравнению с другими тетеревиными, в летнем питании глухаря обнаружено меньшее разнообразие ягодных кормов. Переход на зимние корма происходит с начала выпадения снега — в конце октября. Большинство птиц питается зимой в основном не хвоей (*Abies sibirica*, *Picea obovata*, *Pinus sibirica*), а аналогично тетеревам — сережками и почками березы. Первые ночевки в снегу отмечены при выпадении 30–40 см снега — в начале ноября.

За все время исследований в заповеднике была зафиксирована гибель 26 экз. глухарей. Их добывали четвероногие и пернатые хищники, определить которых в ряде случаев было невозможно. Из идентифицированных хищников наиболее часто глухаря добывала лисица *Vulpes vulpes* (4 экз.) и куница *Martes martes* (3 экз.), из птиц — ястреб-тетеревятник (4 экз.) и филин *Bubo bubo* (2 экз.). Остальные случаи — единичные (росомаха

Gulo gulo, разорившая гнездо, горностай *Mustela erminea*, ласка *M. nivalis*, зимняк *Buteo lagopus* и сапсан *Falco peregrinus*).

Закключение. В силу своей многочисленности, а следовательно, и биомассы, тетеревиные птицы являются важным компонентом природных сообществ, трофической структуры биоценозов, а также объектом промысла на соседних с заповедником территориях. Самый многочисленный вид в настоящее время — рябчик. У него, как и у глухаря, в многолетней динамике численности прослеживается восходящий тренд. Тетерев был более многочисленным в период проведения интенсивных вырубок на окружающих заповедник территориях. Осеннее обилие тетерева и глухаря слабо, но положительно связано с температурным фоном и количеством осадков в выводковый период (июнь), для рябчика подобных закономерностей выявить не удалось. Заповедник остается важным репродуктивным центром для воспроизводства тетеревиных в Пермском крае.

Благодарности. Авторы признательны к.г.-м.н. А.С. Казанцевой (ГИ ПФИЦ УрО РАН) за помощь в математической обработке данных.

Литература

1. Кузякин В.А. Методические указания по осеннему маршрутному учету численности боровой и полевой дичи. — М.: ЦНИЛ, 1980. — 19 с.
2. Лоскутова Н.М. и др. Птицы // Позвоночные животные заповедника «Басеги». — М., 1998. Вып. 73. — 40 с.
3. Курулюк В.М., Наумкин Д.В. Динамика численности и некоторые особенности биологии тетеревиных птиц (Tetraonidae) в заповеднике «Басеги» // Вестник Пермского университета. Сер. Биология, 2014. Вып. 3. — С. 27–32.
4. Бояршинов В.Д., Адиев М.Я. Численность тетеревиных птиц и ее динамика в заповеднике «Басеги» // Природные ресурсы Западно-Уральского Нечерноземья, их рациональное использование и охрана. — Пермь, 1995. — С. 42–46.
5. Бояршинов В.Д., Делидова Н.В. Размножение и численность тетеревиных птиц в заповеднике «Басеги» // Гнездовая жизнь птиц. — Пермь, 1989. — С. 62–65.
6. Курулюк В.М. Гибель тетеревиных в заповеднике «Басеги» // Проблемы заповедного дела: 25 лет Висимскому заповеднику. — Екатеринбург, 1996. — С. 167.
7. Курулюк В.М. Динамика численности тетеревиных в заповеднике «Басеги» за 1982–1996 гг. // Экологические основы стабильного развития Прикамья. — Пермь, 2000. — С. 172–173.
8. Курулюк В.М., Наумкин Д.В. Динамика численности тетеревиных птиц (Tetraonidae) в заповеднике «Басеги» (Пермский край) в 2001–2011 годах // Человек и природа — взаимодействие на особо охраняемых природных территориях. — Горно-Алтайск, 2014. — С. 121–126.
9. Лоскутова Н.М., Наумкин Д.В. Глухарь *Tetrao urogallus* в заповеднике «Басеги» // Вклад особо охраняемых природных территорий в экологическую устойчивость регионов: Современное состояние и перспективы. — Кострома, 2018. — С. 216–220.
10. Рябцев В.К. Птицы Урала, Приуралья и Западной Сибири: Справочник-определитель. — Екатеринбург: Изд-во УрГУ, 2008. — 634 с.
11. Потапов Р.Л. Тетеревиные птицы. — Л.: Изд-во ЛГУ, 1990. — 240 с.
12. Луговой А.Е. О самостоятельности лесостепного комплекса птиц // Бюл. МОИП. Отд. биол., 1994. Т. 99. Вып. 2. — С. 10–19.
13. Kurhinen J. et al. Impact of forestry in taiga ecosystems on Forest Grouse species in eastern Fennoscandia // Recent problems of nature use, game biology, and fur farming. — Kirov, 2007. — P. 513–515.
14. Бешкарев А.Б. Массовые данные о размере кладок глухаря // Экология, 1990. № 2. — С. 79.
15. Бешкарев А.Б. Динамика численности тетеревиных птиц // Закономерности полувековой динамики биоты девственной тайги северного Предуралья. — Сыктывкар, 2000. — С. 59–70.

Сведения об авторах:

Лоскутова Надежда Михайловна, к.б.н., н.с. Государственного природного заповедника «Басеги» (ФГБУ ГПЗ «Басеги»); e-mail: zbasegi@mail.ru.

Наумкин Дмитрий Владимирович, к.б.н., н.с. Кунгурской лаборатории-стационара Горного института Уральского отделения РАН (ФГБУН ПФИЦ «ГИ УрО РАН»).

Охрана окружающей среды

УДК 502/504:004.9

Цифровизация экологии в условиях непредсказуемости и рисков

*М.А. Никитенкова, д.э.н.,**Институт мировых трансформаций, Институт США и Канады РАН*

Статья посвящена исследованию особенностей цифровизации экологии в условиях неопределенности и вопросам, связанным с рисками и мерам их регулирования на государственном уровне. В исследовании представлены оценки макроэкономических эффектов процессов цифровизации экологии, рассматриваются варианты социально-экономического развития, при которых предполагается рост экономики темпами, превышающими 4 % в год за период 2017–2030 гг. Автор оценил направляемые ресурсы на цифровизацию экологии, необходимые для обеспечения экономического роста с учетом рисков. Рассмотрены варианты подходов кооперации бизнес-компаний с государством с использованием технологий нового технологического уклада в экологии, анализируются целевые стратегии поддержания экономических процессов в условиях геоэкономического сдвига через инструменты цифровизации. В частности, раскрывается стратегическая важность развития цифровой инфраструктуры в Арктической зоне, его научно-практическая значимость.

Ключевые слова: цифровизация, экология, изменение климата, цифровые технологии.

Введение

Глобальное распространение новых цифровых технологий, завершившее трансформацию информационной экономики в цифровую, отражено в программах национальных проектов: иницированы государственные программы развития и стимулирования цифровых технологий и (или) цифровизации национальных экономик (2010-е гг.) [1]; введен термин Industry 4.0 (2011) [2]; с 2013 г. разрабатываются и внедряются основные информационно-коммуникационные технологии (ИКТ): облачные вычисления, искусственный интеллект, блокчейн, робототехника, большие данные, Интернет вещей, цифровые (электронные) валюты.

Положительный эффект цифровизации заключается в росте производительности труда и бизнес-процессов, большей эффективности продвижения товаров и услуг, повышении качества жизни, увеличении прозрачности экономических операций и их мониторинга. В то же время, цифровизация оказывает отрицательное влияние на такие процессы, как увеличение экономического разрыва между развитыми и развивающимися странами, рост безработицы и повышение рисков защиты данных.

Согласно стратегии опережающего развития России в условиях глобального кризиса, период «эмбрионального» становления нового технологического уклада пройден и требует дальнейших мер модернизации и развития [3].

Научно-технический потенциал позволяет сконцентрировать ресурсы на комплексе нано-, био-, информационно-коммуникационных и социальных технологий, которые составляют ядро нового технологического уклада [4].

В цифровизации процессов выделяется 4 инструментальные стадии, в зависимости от распределения ролей основных акторов:

- цифровая приватизация (основные акторы: крупные цифровые компании и консорциумы);
- цифровой скачок (основной актор: государство);
- самоцифровизация (основные акторы: государство, госкомпании и компании с государственным участием);
- цифровое реинвестирование (основные акторы: государство, учреждения социальной сферы, крупные компании) [5].

Текущий тренд цифровизации экологии — валидация и верификация данных, открытый доступ к данным.

В рамках этого тренда выделяются стратегически важные цифровые технологии в цифровизации экологии и их влияние на процессы отрасли:

- искусственный интеллект (ИИ) — анализ данных мониторинга, прогнозирование опасностей, автоматизация принятия решений, идентификация представителей флоры и фауны;
- дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ) и беспилотные летательные аппараты — обследование, охрана окружающей среды и природных ресурсов;
- технология интернет вещей (IoT) — качественно более эффективный сбор и передача данных (Росгидромет);
- большие данные (BigData) — накопление, хранение, анализ и обработка данных ФГИС;
- цифровой двойник (Digital Twin) — создание базы данных нового поколения природных экосистем, авангардная технология моделирования и прогнозирования будущего.

Вопросы цифровизации экологии России не являются инновационными. В мировом сообществе данная тема обсуждается давно. Некоторые задачи находят свои решения. Однако стоит отметить, что для необходимого технологического развития России ежегодный экономический рост должен составлять 3–3,5%.

В Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации целевым сценарием предусмотрен рост доли внутренних затрат на исследования и разработки в валовом внутреннем продукте (ВВП) в 2 раза до 2030 года [6]. К сожалению, потери в 2020–2022 гг. от пандемии COVID-19 составили 3,4–3,8% ВВП [7] усложняют выполнение поставленных задач.

Ускоренное развитие цифровых технологий потребует дополнительных инвестиций и квалифицированных кадров, а также значительного повышения инновационной активности компаний. Также предусмотрен рост внутренних затрат на развитие цифровой экономики не менее чем в три раза до 2024 г. [8]. Повышение финансирования науки должно сопровождаться трехкратным увеличением численности исследователей, занятых в сфере цифровых технологий [9].

Так, на государственные программы по экологии в 2023–2025 гг. направят более 620 млрд рублей. Среди примеров таких программ можно назвать Дни экологии в российских школах в рамках Российской экологической недели (с октября 2022 г.), «Генеральную уборку» в прибрежной зоне Северного Ледовитого океана (с 2017 г.), движение «Фестивальная экологика» и фестиваль «Доброфест».

Основываясь на данных Всемирной метеорологической организации, глобальное потепление в России наиболее вероятно: тает морской арктический лёд и сокращается многолетняя мерзлота. В этих условиях цифровизация реального секто-

ра российской экономики постепенно становится ключевым элементом стратегии ее модернизации. Это важно еще и потому, что технологии цифровизации значительно меняют корпоративный ландшафт мировой экономики и принципы конкуренции.

В последние десятилетия в глобальную политическую повестку входят вопросы развития Северного полярного региона. При этом к числу приоритетных направлений сотрудничества приарктических государств относится развитие коммуникаций в Арктическом регионе, налаживание сетевого взаимодействия, создание современной информационно-телекоммуникационной инфраструктуры, проведение гибридных оптоволоконных сетей и информационных магистралей — важнейших глобальных коммуникаций. Кроме того, прослеживается повышенный интерес к Арктике со стороны других международных акторов, которые видят возможность получать экономические выгоды благодаря развитию спутниковой связи в Арктике и обеспечению Интернет-покрытия в регионе.

В Арктическом регионе коммуникационная связь обеспечивается через спутник для тех районов, которые еще не подключены к глобальной кабельной сети. Эти вопросы особенно актуальны для арктических территорий США, России, Канады, где передача данных стоит намного дороже, и пропускная способность значительно ограничена по сравнению с оптоволоконным кабелем.

В рамках соглашений по международному сотрудничеству, с учётом тенденции к таянию полярного льда, а также согласно планам реализации совместных проектов приарктических государств, вскоре будет реализовано подключение к глобальной высокоскоростной сети для жителей Арктики, что расширит возможности развития образования, здравоохранения и хозяйственных систем. Однако реализация подобных проектов осложняется погодными условиями и высокой инвестиционной ёмкостью: смета расходов колеблется от \$650 млн до практически \$1,9 млрд [10].

В силу изменения климата и таяния морского льда Арктика становится все более привлекательным и открытым для реализации информационно-коммуникационных проектов регионом, что обеспечивает развитие приарктических регионов. Таким образом, развитие цифровой инфраструктуры в Арктической зоне является актуальной научно-практической задачей.

Заключение

Цифровизация в экологии и экономике в целом будет сопровождаться значительными структурными сдвигами, связанными с заменой одних затрат предприятий другими. Цифровые технологии направлены, прежде всего, на рост эффективности производства, а значит, и на рост доходов.

В то время как точный учет спроса позволит снизить логистические расходы компаний, вызовет повышение затрат на интеграцию цифровых технологий. И, в конечном счете, можно ожидать достаточно сильного перераспределения доходов в пользу транснациональных корпораций, обладающих технологическим лидерством в области цифровизации, роботизации, биотехнологий и т.д.

А также нельзя снимать со счетов риски, связанные с цифровизацией, влияющих на сферу занятости — риски распространения роботизации влияют на снижение количества рабочих мест в реальном секторе экономики. По некоторым оценкам, цифровизация экономических процессов ведет к сокращению каждых 8 из 10 рабочих мест в сфере услуг, что способствует нарастанию социальной напряженности.

Рост внутренних затрат на развитие цифровой экономики, предусмотренный в рамках государственной стратегии развития цифровой экономики, требует увеличения затрат на исследования

и разработки цифровых технологий, а также затрат на технологические инновации. Повышение финансирования науки должно сопровождаться кратным увеличением численности исследователей, занятых в сфере исследований и разработок цифровых технологий.

Вопросы, связанные с рисками цифровизации экологии, экономическими процессами в сфере занятости и получением повышенной прибыли цифровыми компаниями, должны быть отрегулированы на государственном уровне через повышение корпоративных налогов и меры социальной поддержки населения. Следующий риск цифровизации — это проблема высокого объёма капиталовложений, вопрос об источниках такого инвестирования. Регулирование этой категории рисков ставит перед государством задачу внесения соответствующих решений в стратегию цифровизации, с учетом имеющихся возможностей и рисков, чтобы сделать процессы цифровизации фактором роста различных секторов экономики.

Литература

1. Программа «Цифровая экономика Российской Федерации». Утв. распоряжением Правительства РФ от 28.07.2017 №1632-р. URL: <http://static.government.ru/media/files/9gFM4FHj4PsB79I5v7yLVuPgu4bvR7M0.pdf> (дата обращения: 11.10.2022).
2. Schwab K. The Global Competitiveness Report 2017–2018. — World Economic Forum Insight Report, 2017. URL: <http://www3.weforum.org/docs/GCR2017–2018/05FullReport/TheGlobalCompetitivenessReport2017%E2%80%932018.pdf> (дата обращения: 11.10.2022).
3. Глазьев С.Ю. Стратегия опережающего развития России в условиях глобального кризиса. — М.: Экономика, 2010.
4. Глазьев С.Ю., Дементьев В.Е., Елкин С.В. Нанотехнологии как ключевой фактор нового технологического уклада / Под ред. Глазьева С.Ю. и Харитонов В.В. — М.: Тривант, 2009.
5. Никитенкова М.А. Угрозы социальной напряженности в условиях «нарастающей» цифровизации: возможные пути решения // Финансовая экономика, 2021. №12. — С.76–81. ISSN 2075–7786. DOI 10.255997/FIE.2021.95.12.001.
6. Указ Президента РФ от 01.12.2016. №642 «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации». URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/41449> (дата обращения: 11.10.2022).
7. Россия и мир: 2022. Экономика и внешняя политика. Ежегодный прогноз / Рук. проекта А.А. Дынкин, В.Г. Барановский. — М.: ИМЭМО РАН, 2021.
8. Указ Президента РФ от 07.05.2018 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года». URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/43027> (дата обращения: 11.10.2022).
9. Институт статистических исследований и экономики знаний НИУ ВШЭ, 2018.
10. Birkeland R. Enabling the Internet of Arctic Things With Freely-Drifting Small-Satellite Swarms // IEEE access: practical innovations, open solutions, 2018. V. 6. — Pp. 71435–71443.

Сведения об авторе:

Никитенкова Мария Александровна, д.э.н., замдиректора Института мировых трансформаций, с.н.с. Института США и Канады РАН, Москва; e-mail: maria.nikitenkova@mail.ru.

Критерии типизации различных экологических ситуаций на муниципальном уровне

О.Б. Наполов¹, к. т. н., А.П. Кулаков²

¹ГосНИИ промышленной экологии Росприроднадзора

²Институт геоэкологии им. Е. М. Сергеева РАН

В настоящей работе рассмотрены основные типы экологической ситуации на муниципальном уровне. Разработаны критерии типизации различных экологических ситуаций и выполнена типизация различных экологических ситуаций на муниципальном уровне. В число основных типов экологических ситуаций вошли: условно благоприятная, удовлетворительная, напряженная, кризисная, критическая, катастрофическая ситуации. Каждому из этих типов присвоены определенный уровень динамики и характер распространения техногенных воздействий на территории с учетом ПДК загрязняющих веществ и природоохранных мероприятий, применительно к данной экологической ситуации. Сформулирована система критериальной оценки экологических ситуаций на муниципальном уровне с учетом характера распространения загрязняющих веществ, уровнем локализации загрязнений, масштабом загрязнений, динамикой распространения загрязнения природных сред. Для более безопасных экологических ситуаций (условно благоприятная, удовлетворительная) практически отсутствуют рекомендации по выполнению природоохранных мероприятий.

Ключевые слова: экологическая ситуация, критерии изменения экологических ситуаций, типизация экологических ситуаций, муниципальный уровень.

Введение

Актуальность настоящего исследования связана с необходимостью разработки упорядоченной системы критериев типизации различных экологических ситуаций на муниципальном уровне [1–7]. Существующая система картографической привязки различных объектов не всегда объективна. Например, при изображении крупных региональных объектов (речных систем, озёр, водохранилищ, горных систем) часто закрывают и не показывают уникальные локальные природные объекты, имеющие культурно-историческое и духовно-нравственное значение для территории. Кроме того, на муниципальном уровне также важна историко-культурная информация об уникальных памятниках природы, редких природных и культурно-исторических объектах, которые отсутствуют на региональном уровне. Всё это вносит определённый дисбаланс в зрительное восприятие картографической информации, и в конечном итоге отражается на объективности картографического изображения. Таким образом, в результате отсутствия объективной и качественной информации на муниципальном уровне, снижается социальная активность населения по поддержанию устойчивого развития и рационального природопользования и нарушается эколого-экономический баланс на территории [6–12].

Цель настоящего исследования состоит в упорядочении имеющихся в настоящее время критериев типизации различных экологических ситуаций на муниципальном уровне.

Объект, предмет и методы исследования

Объектом исследования является анализ экологической ситуации на муниципальном уровне. Предметом исследования является типизация различных экологических ситуаций на муниципальном уровне. Методами исследования являются: анализ

различной информационно-статистической и аналитической информации в государственных докладах по охране окружающей среды [13, 14], результатов проведения экологического мониторинга и экологических оценок на территорию муниципальных образований, дистанционного зондирования местности, полевых исследований, экспертных оценок и др.

Результаты и обсуждение

С экологической точки зрения на федеральном, региональном и муниципальном уровнях в настоящее время различают несколько типов изменения окружающей среды [5, 8].

Окружающей средой является совокупность компонентов природной среды, природных и природно-антропогенных объектов, а также антропогенных объектов, в то время как под природной средой понимается совокупность компонентов природной среды, природных и природно-антропогенных объектов [15].

В данной работе предложены основные показатели, характеризующие различные типы экологических ситуаций на муниципальном уровне. Среди них: величина (ареалы воздействия) техногенных факторов на окружающую среду; количество источников техногенного воздействия на окружающую среду; количество природных сред, которые были затронуты техногенным воздействием; значения превышений ПДК по основным природным средам; количество природных сред, по которым имеются превышения ПДК по загрязняющим веществам; величина экономических ресурсов, требуемых для исправления экологических ситуаций; социально-демографическая ситуация на изучаемой территории.

Основными критериями типизации различных экологических ситуаций на муниципальном уровне являются:

Типизация различных экологических ситуаций на муниципальном уровне

Характеристика эко- ситуаций	Критерии изменения различных экологических ситуаций					
	динамика техногенных воздействий	характер рас- пространения техногенных ЗВ	динамика изме- нения окружа- ющей среды в результате техногенных воздействий	характер превышения на окружаю- щую среду	превышение ПДК до- пустимых техногенных воздействий по природ- ным средам	характер требуемых природоох- ранных мер
Условно бла- гоприятная	Отсутствует	Отсутствует	Не изменяется	Без превы- шений	Без превы- шения	Не требуется
Удовлетвори- тельная	Временная	Точечный	Очень редко	Допустимый	По одной природной среде	Единичный характер
Напряжённая	Постоянная	Локальный	Редко	Слабо превы- шает	По 1–2 природным средам	Эпизодический
Кризисная	Учащающая- ся	Ареальный	Время от вре- мени	Средне превы- шает	По 2–3 природным средам	Постоянный
Критическая	Нарастающая	Повсеместный	Регулярно	Сильно превы- шает	По 3–4 природным средам	Не прерывный
Катастрофи- ческая (зона экобедствия)	Бесконтроль- ная	Глобальный	Постоянно	Чрезвычайно превышен	По всем природным средам	Требуется вмешательство федеральных природоохран- ных органов

- динамика техногенных воздействий (отсутствует, временная, постоянная, учащающаяся, нарастающая, бесконтрольная);
- характер распространения техногенных загрязняющих веществ (отсутствует, точечный, локальный, ареальный, повсеместный, глобальный);
- динамика изменения окружающей среды в результате техногенных воздействий (не изменяется, очень редко, редко, время от времени, регулярно, постоянно);
- характер превышения допустимых техногенных воздействий на окружающую среду (без превышений, допустимый, слабо превышает, средне превышает, сильно превышает, чрезвычайно превышен);
- превышение ПДК допустимых техногенных воздействий по природным средам (без превышения, по 1 природной среде, по 1–2 природным средам, по 2–3 природным средам, по 3–4 природным средам, по всем природным средам);
- характер требуемых природоохранных мер (не требуется, единичный характер, эпизодический, постоянный, непрерывный, требуется вмешательство федеральных органов).

Согласно критериям оценки экологической обстановки территорий с учётом приведённых выше показателей и критериев на муниципальном уровне выделяются следующие типы различных экологических ситуаций: условно благоприятная,

удовлетворительная, напряжённая, кризисная, критическая, катастрофическая (зона экологического бедствия). Разработанная типизация различных экологических ситуаций на муниципальном уровне схематично представлена в табл.

Описанные в таблице различные типы экологических ситуаций характеризуются следующими характеристиками:

- условно благоприятная ситуация характеризуется практически полным отсутствием экологических проблем и не требует разработки специальных природоохранных мероприятий;
- удовлетворительная ситуация характеризуется наличием очень незначительных экологических проблем, связанных с превышением допустимых концентраций загрязняющих веществ в очень ограниченном пространственном масштабе с узконаправленными природоохранными мероприятиями;
- напряжённая ситуация характеризуется нарастанием экологических проблем на локальных участках территории и средними значениями превышений загрязняющих веществ на отдельных участках и разработкой специальных природоохранных мероприятий на средний период времени;
- кризисная ситуация характеризуется постоянно нарастающим потоком экологических про-

- блем с превышением загрязняющих веществ по большинству природных сред и разработкой неотложных природоохранных мероприятий на длительный срок;
- критическая ситуация характеризуется повсеместно интенсивно нарастающим потоком экологических проблем по всем природным средам и необходимостью разработки жёстких экологических мероприятий на постоянной и непрерывной основе;
- катастрофическая ситуация характеризуется наличием необратимых экологических проблем с угрозой жизни населению и окружающей среде (зона экологического бедствия) и требует незамедлительного вмешательства федеральных природоохранных органов.

Заключение

В результате выполненной работы выявлены основные типы экологических ситуаций на муниципальном уровне.

- Установлены критерии изменения различных экологических ситуаций на муниципальном уровне:
- динамика техногенных воздействий;
 - характер распространения техногенных загрязняющих веществ;
 - динамика изменения окружающей среды в результате техногенных воздействий;

- характер превышения допустимых техногенных воздействий на окружающую среду;
- превышение ПДК допустимых техногенных воздействий по природным средам;
- характер требуемых природоохранных мер.

Определены различные характеристики различных экологических ситуаций, в т. ч.:

- условно благоприятная;
- удовлетворительная;
- напряжённая;
- кризисная;
- критическая;
- катастрофическая (зона экологического бедствия).

Выполненные в работе исследования показывают глубину и важность решения задач, связанных с объективной оценкой экологической информации на различных иерархических уровнях. Исторически-культурные и нравственно-духовные объекты локального уровня должны дополнять существующий багаж различных крупномасштабных картографических материалов. Напротив, на локальных мелкомасштабных картографических материалах необходимо показывать крупномасштабные объекты — как дополнение к существующей локальной информации, но не в ущерб ей. В дальнейшем исследования будут направлены на разработку критериев для типизации экологических ситуаций на региональном и федеральном уровнях.

Литература

1. Адигамова З. С., Гаев А. Я., Гацков В. Г., Алфёров И. Н. О зонировании территории по степени уязвимости к загрязнению // Вестник ОГУ, 2004. №5. — С. 109–113.
2. Бутова Т. В., Дунаева А. И., Удачин Н. О. Обеспечение экологической безопасности на муниципальном уровне // Международный академический вестник, 2015. №1 (7). — С. 31–32.
3. Глинский В. В., Серга Л. К., Хван М. С. Оценка экологической безопасности муниципальных образований региона: система показателей, методика расчёта, применение // Идея и идеалы, 2015. Т. 2. №4 (26). — С. 13–32.
4. Аббасова Е. В., Никонова Н. Е. Проблемы правового режима зон экологического бедствия // Вестник совета молодых ученых и специалистов Челябинской области, 2018. Т. 1. №1 (20). — С. 64–67.
5. Критерии оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия (утв. Минприроды России 30.11.1992). URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_90799/ (дата обращения: 13.09.2022 г.).
6. Наполов О. Б. Разработка серии экологических карт природоохранного значения для управленческих задач на муниципальном уровне // Использование и охрана природных ресурсов в России, 2021. №3 (167). — С. 89–92.
7. Наполов О. Б. Разработка тематической карты особо охраняемых природных территорий на муниципальном уровне // Использование и охрана природных ресурсов в России, 2022. №1 (169). — С. 59–61.
8. Садов А. В., Наполов О. Б. Основные принципы типизации экологических ситуаций // Теоретическая и прикладная экология, 2008. №2. — С. 29–37.
9. Brown J., Neil M. A site-based approach to delivering rangeland ecosystem services // The Rangeland J., 2011. №33. — P. 99–108.
10. Carpenter S. R., Mooney H. A., Agard J., Capistrano D., De Fries R. S., Diaz S., Dietz T., Duraipapp A. K., Oteng-Yeboah A., Miguel H., Perrings C., Scholes R. J., Whyte A., Reid W. V. Science for managing ecosystem services: beyond the Millennium Ecosystem Assessment // Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2009. V. 106. №5. — P. 1305–1312.
11. Hurst M., Dittmar H., Bond R., Kasser T. The relationship between materialistic values and environmental attitudes and behaviors: A meta-analysis // J. of Environmental Psychology, 2013. V. 36. — P. 257–269.
12. Rowe J. S., Sheard J. W. Ecological land classification: A survey approach // Environ. Manage, 1981. V. 5. — P. 451–464.
13. Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики. URL: http://www.gks.ru/free_doc/new_site/business/nauka/innov-nxls (дата обращения: 17.09.2022 г.).
14. Российский статистический ежегодник. — М.: Росстат, 2021. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/12994> (дата обращения: 15.09.2022 г.).
15. Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 №7-ФЗ (с изм. на 30.12.2020 г.). URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/ (дата обращения: 20.09.2022 г.).

Reference

1. Adigamova Z.S., Gaev A.Ya., Gatskov V.G., Alferov I.N. Territory typification according to vulnerability to pollution // House of the Orenburg State University, 2004. — № 5. — P. 158–160.
2. Butova T.V., Dunaeva A.I., Udachin N.O. Ensuring environmental safety at the municipal level // International Academic Bulletin. 2015. — No. 1 (7). — P. 31–32.
3. Glinsky V.V., Serga L.K., Khvan M.S. Assessment of environmental safety of municipalities in the region: a system of indicators, calculation methods, application // Idea and ideals, 2015. — V. 2. — No. 4 (26). — P. 13–32.
4. Abbasova E.V., Nikonova N.E. Problems of the legal regime of environmental disaster zones // Bulletin of the Council of Young Scientists and Specialists of the Chelyabinsk Region, 2018. — Vol. 1. — No. 1 (20). — P. 64–67.
5. Methodology «Criteria for assessing the ecological situation of territories to identify zones of environmental emergency and environmental disaster zones» (approved by the Ministry of Natural Resources of the Russian Federation on 30.11.1992). URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_90799/ (date of accessed: 13.09.2022).
6. Napolov O.B. Development of a series of ecological maps of environmental significance for management tasks at the municipal level // Use and protection of natural resources in Russia, 2021. — No. 3 (167). — P. 89–92.
7. Napolov O.B. Development of a thematic map of specially protected natural areas at the municipal level // Use and protection of natural resources in Russia, 2022. — No. 1 (169). — P. 59–61.
8. Sadov A.V., Napolov O.B. Basic principles of typification of ecological situations // Theoretical and applied ecology, 2008. — No. 2. — P. 29–37.
9. Brown J., Neil M. A site-based approach to delivering rangeland ecosystem services // The Rangeland Journal, 2011. — №33. — P. 99–108.
10. Carpenter S.R., Mooney H.A., Agard J., Capistrano D., De Fries R.S., Diaz S., Dietz T., Duraipah A.K., Oteng-Yeboah A., Miguel H., Perrings C., Scholes R.J., Whyte A., Reid W.V. Science for managing ecosystem services: beyond the Millennium Ecosystem Assessment // Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2009. — Vol. 106. — No. 5. — P. 1305–1312.
11. Hurst M., Dittmar H., Bond R., Kasser T. The relationship between materialistic values and environmental attitudes and behaviors: A meta-analysis // Journal of Environmental Psychology, 2013. — Vol. 36. — P. 257–269.
12. Rowe J.S., Sheard J.W. Ecological land classification: A survey approach // Environ. Manage, 1981. — Vol. 5. — P. 451–464.
13. Official website of the Federal State Statistics Service. URL: http://www.gks.ru/free_doc/new_site/business/nauka/innov-nxls (date of accessed: 17.09.2022).
14. Russian statistical yearbook. 2021: URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/12994> (date of accessed: 15.09.2022 г.).
15. Federal Law «On Environmental Protection» dated 10.01.2002 No. 7 — FZ (as amended on 30.12.2020). URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/ (date of accessed: 20.09.2022).

Сведения об авторах:

Наполов Олег Борисович, к.т.н., начальник отдела нормирования окружающей среды ФГБУ «ГосНИИ промышленной экологии» (ГосНИИЭНП) Росприроднадзора; e-mail: onapolov@promeco-inst.ru.

Кулаков Артем Павлович, младший научный сотрудник лаборатории геоэкологии Института геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН (ИГЭ РАН); e-mail: bomberos@inbox.ru.

Короткие сообщения

«Окрашенные» экоплатежи

Постановлением Правительства России №1370 утвержден перечень мероприятий, на которые регионы смогут направлять «окрашенные» экологические платежи — средства для природоохранных проектов.

«Рассчитываем, что внедрение практики экологически «окрашенных» платежей поможет субъектам более ответственно решать природоохранные задачи и быстрее ликвидировать вредные для людей объекты», — отметил на совещании с вице-премьерами 8 августа Председатель Правительства России Михаил Мишустин. Поступившие в бюджет региона экоплатежи, в т.ч. штрафы за экологические нарушения, платежи по искам, добровольное возмещение, в первую очередь будут направляться на ликвидацию объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду: крупные свалки, брошенные предприятия, бесхозные полигоны и т.д. Главное условие — информация о такой площадке должна быть включена в государственный реестр объектов накопленного вреда окружающей среде. На основе утвержденного Правительством перечня каждый регион подготовит свой план мероприятий, на которые предполагает направлять средства, полученные от экологических платежей. Затем эти планы будут согласовываться с Минприроды России. Из 85 регионов страны, объекты негативного воздействия на окружающую среду есть в 72 территориях. Для тех территорий, где таких объектов нет, Минприроды России будет подготовлен перечень дополнительных мероприятий по охране и защите лесов, ООПТ, водных объектов, растительного и животного мира, на проекты по снижению загрязнения воздуха, экологический мониторинг, рекультивацию земель и пр.

«Окрашивание» средств экоплатежей в федеральном бюджете началось с 1 января, а уже с 1 сентября экоплатежи стали «окрашенными» и регионы могут потратить средства только на экотовестку.

НИА-Природа

Картография

УДК 528.946

Проектирование гидрологической карты Калужской области для целей обучения физической географии

*М.В. Захарова, к.г.н.,**Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского*

В данной статье раскрывается технология проектирования гидрологической карты Калужской области. Картографическими источниками для ее создания послужили карты поверхностных вод, размещенные в атласах Калужской области ранних лет издания. Разработка такой карты объясняется необходимостью обновления гидрологических данных и устранения недостатков имеющихся карт. В результате разработанная карта может быть использована для целей обучения физической географии Калужской области.

Ключевые слова: атлас, картографический материал, гидрологическая карта, проектирование, слой карты.

Введение

Одной из важнейших форм представления современной картографической продукции являются тематические карты, которые позволяют визуализировать атрибутивную информацию и использовать модернизированные таким образом карты в различных целях, в том числе для целей обучения.

Из исторических источников известно, что впервые территория калужской земли была детально показана в картографических материалах 20-х гг. XIII в., на которых были изображены границы уездов и станов, гидрографическая сеть и населенные пункты. В XIX в. большой вклад в картографирование территории Калужской губернии внесли военные топографы, детально изобразив долины водотоков, овраги, балки, холмы. Следующим значительным этапом в картографировании Калужской области стал XX в., когда в 30-х гг. были созданы крупномасштабные топографические карты [1, с. 4–5].

Следует отметить, что картографические материалы, содержащие в том числе среди других тематических карт, карты поверхностных вод Калужской области, составлены во второй половине XX-начале XXI вв. и представлены в нескольких атласах.

В составлении карт Атласа Калужской области (1971) основное участие принимали сотрудни-

ки Лаборатории комплексных территориальных исследований Московского педагогического государственного университета им. В.И. Ленина под руководством К.В. Пашканга [2, с. 12; 3, с. 8–9].

Гидрологическая карта Атласа Калужской области (1992) во многом повторяет картографические материалы предыдущего, поскольку в его разработке вновь участвовали сотрудники Лаборатории комплексных территориальных исследований МГПИ им. В.И. Ленина под руководством К.В. Пашканга совместно с ПКО «Картография» [4, с. 11; 5, с. 13–17].

В 2005 г. был издан Атлас Калужской области, содержащий ряд карт поверхностных вод и описаний к ним, подготовленных учеными Калужского ГПУ им. К.Э. Циолковского, НИИ г. Обнинска, специалистами Калужского областного ИПК работников образования, Минпромнауки области, Минсельхоза области под редакцией Н.Ф. Бочкаревой [6, с. 22–25].

Описывая тематическое содержание и картографическое представление данных карт, можно добавить, что в атласах [2, 3] гидрологическая карта размещена на четверти листа А4, масштаб составляет 1 : 2 500 000, использована компоновка с разрывом рамки, легенда расположена на врезке, для картографирования применены способ значков и локализованных диаграмм. Основное

содержание данных карт сосредоточено на демонстрации гидрографической сети, водомерных постах и сведениях о средних годовых расходах воды. В атласе [4] гидрологическая карта размещена на половине листа А4, масштаб составляет 1 : 1 750 000, использована компоновка с разрывом рамки, легенда расположена на врезке, для картографирования применены способ изолиний с послойным окрашиванием, способ значков и локализованных диаграмм. На карте, кроме гидрографической сети, демонстрируются водоразделы бассейнов рек, показаны слои стока в виде шкалы с постоянным интервалом и средняя месячная температура воды в реках.

Безусловным достоинством представленных карт, кроме основного содержания, являются дополнительные материалы в виде локализованных диаграмм достаточно крупного масштаба, яркая окраска и удачная гамма красок, позволяющие различать мелкие значки и надписи на картах. Но представленные в атласах карты не лишены и недостатков, наиболее значимыми среди которых можно назвать устаревшие данные о гидрологических объектах и характеристиках, отсутствие картографической проекции и сетки параллелей и меридианов для определения географических координат, что особенно важно при использовании карт в обучении физической географии Калужской области.

В связи с этим, возникла необходимость спроектировать обновленную гидрологическую карту Калужской области, которая была бы лишена перечисленных недостатков и содержала более подробную информацию о гидрологическом режиме поверхностных вод области.

Содержательная часть

В условиях массового производства картографической продукции в качестве исходного материала рекомендуется использовать картографический материал, максимально приближенный по полноте и детальности элементов содержания к создаваемой карте. Такой методический подход определяется минимальными затратами времени и средств на производство карты.

В связи с этим, для составления гидрологической карты в качестве основного картографического источника использована контурная карта Калужской области, удовлетворяющая требованиям точности и удобства для картосоставительских целей. Масштаб данной карты 1 : 1 000 000. Карта выполнена в нормальной конической равнопромежуточной проекции.

В качестве дополнительных источников использованы карты, размещенные в перечисленных выше атласах Калужской области [4, с. 11; 6, с. 22–25].

Вспомогательные источники [7, с. 20; 8] выбраны для обновления информации о действующей в области гидрологической сети наблюдений,

кроме этого, для построения картодиаграмм использованы данные гидрологических наблюдений на водомерных постах гидрологической сети Калужского ЦГМС — филиала ФГБУ «Центральное УГМС» Росгидромета.

Предполагается, что проектируемая карта предназначена, в первую очередь, для обучения физической географии Калужской области студентов Калужского государственного университета им. К.Э. Циолковского, обучающихся по направлению подготовки 44.03.05 «Педагогическое образование» (с двумя профилями подготовки), профиль «География и иностранный язык», а следовательно, данная карта должна содержать следующий перечень общегеографических элементов:

- населенные пункты (областные и районные центры, города);
- гидрография (реки).

Тематическое содержание карты предложено следующим:

- гидрологические посты;
- распределение речного стока по месяцам (в процентах от годового);
- линия водораздела бассейнов Каспийского и Черного морей;
- линии водораздела между бассейнами рек.

Для компоновки проектируемой карты применяется тип компоновки карты с размещением территории за рамкой. Название карты, масштаб, легенда, картодиаграмма расположены внутри рамки. Размер карты с полями составляет 33,0×48,3 см. Размеры по внешней рамке — 32,01×40,46 см, размеры по внутренней рамке — 31,04×39,26 см. Картографическая сетка выполнена через 1°. Заголовок размером 10,77×55,76 см расположен в верхнем левом углу, легенда размером 89,42×16,54 см — в нижнем правом, имеет продолжение в нижней части карты в виде врезки размерами 22,10×4,45 см.

Макет компоновки для карты выполнен как для лицевой стороны («лицо»), так и для оборотной («оборот»). На макете (рис. 1) показаны: картографическая сетка, линии административных границ, изображение крупных рек Калужской области, крупные населенные пункты, внешняя и внутренняя рамки карты, место легенды карты, место для масштаба карты.

При разработке тематической карты использована следующая технология составления карты.

Для переноса изображения с источников на оригинал использован графический редактор CorelDraw. Исходный слой (подложка) представляет собой слой с рамкой, картографической сеткой, административными границами области и ее районными центрами, гидрографической сетью.

Первый слой создан с помощью инструментов «Стандартные фигуры» и «Текст», данный слой содержит условные обозначения гидрологических постов, названия населенных пунктов, в которых

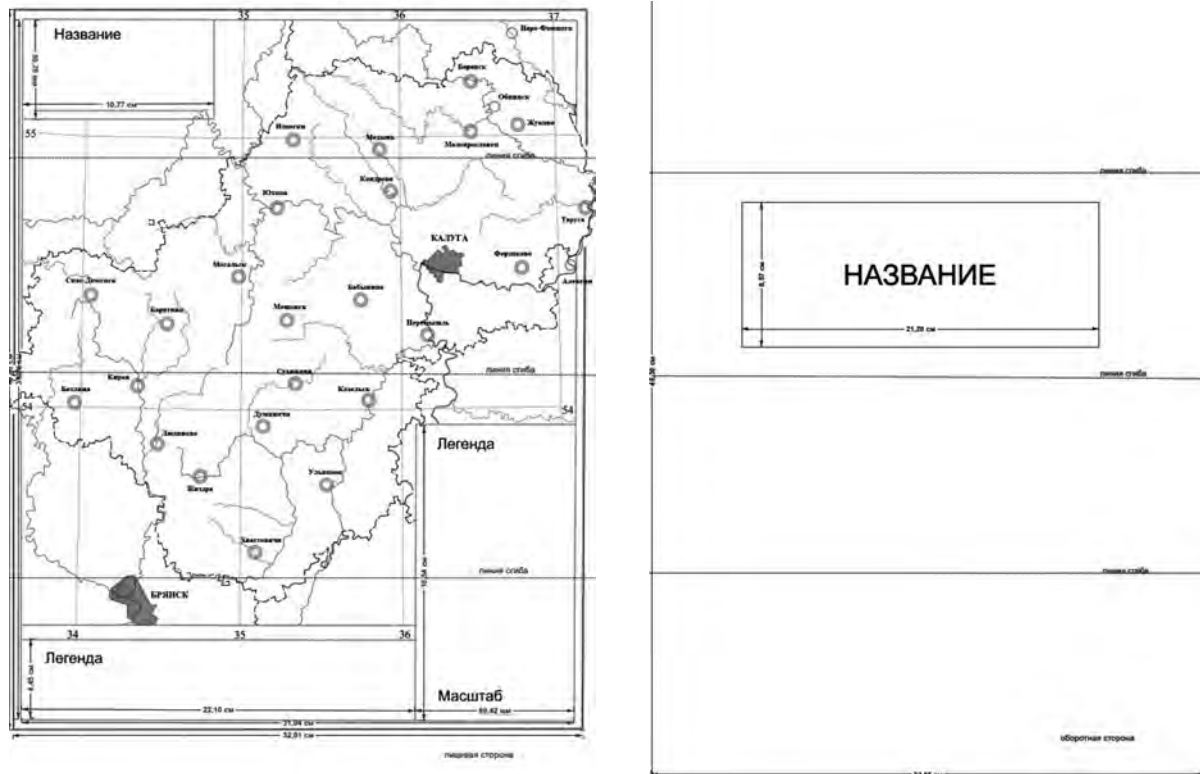


Рис. 1. Макет компоновки (лицевая и оборотная сторона)

расположены гидрологические посты и названия рек. Названия рек выполнены шрифтом Times New Roman, размер 18 п, начертание курсив, цвет голубой, названия населенных пунктов, в которых расположены гидрологические посты — шрифтом Arial, размер 12 п, начертание обычное, цвет черный. Обозначение гидрологических постов выполнено способом значков в виде треугольника, масштаб 57,1%, цвет красный.

Второй слой создан способом линейного картографического изображения с помощью инструмента «В-сплайн», содержит линию водораздела бассейнов Каспийского и Черного морей, проведенную по наивысшим точкам местности как это принято в гидрологии.

Третий слой создан способом линейного картографического изображения с помощью инструмента «В-сплайн», содержит информацию о линиях водораздела между бассейнами рек, проведенных по наивысшим точкам рельефа местности.

На четвертом слое, который выполнен с помощью инструментов графического редактора CorelDraw «Инструмент создания форм» и «Заливка», способом качественного фона выделены соответствующие бассейны рек. Условные обозначения нанесенных бассейнов рек показаны цифрами шрифтом Arial, размер 12, цвет черный.

Пятый слой содержит информацию о распределении речного стока по месяцам (в процентах от годового) в пунктах наблюдений, представленного в виде столбчатых картодиаграмм.

Легенда карты представлена на шестом слое, который создан с помощью инструментария графического редактора CorelDraw, и расположена в соответствии с макетом компоновки в правом нижнем углу и внизу карты в виде врезки.

На рис. 2 представлен скриншот оригинала разработанной карты в сопровождении рамки, на которой указано полное название карты и ее масштаб, представлены все элементы общегеографического и тематического содержания.

Заключение

Тематика проектируемой карты связана с освещением вопросов гидрологического режима главных рек Калужской области. Данная карта может быть использована студентами для научно-теоретических, познавательных и практических целей.

Карта предназначена для:

- общего ознакомления с географическим расположением основных речных бассейнов и гидрологических постов Калужской области;
- получения новых знаний о гидрологическом режиме рек на основе анализа содержания карты;
- использования в качестве исходного материала при составлении других карт, например, для проектирования карт слоя стока, ионного стока, мутности вод и др.

Разработанная карта в настольном варианте используется в учебном процессе для организации индивидуальной работы при изучении дисциплины «Физическая география Калужской области».

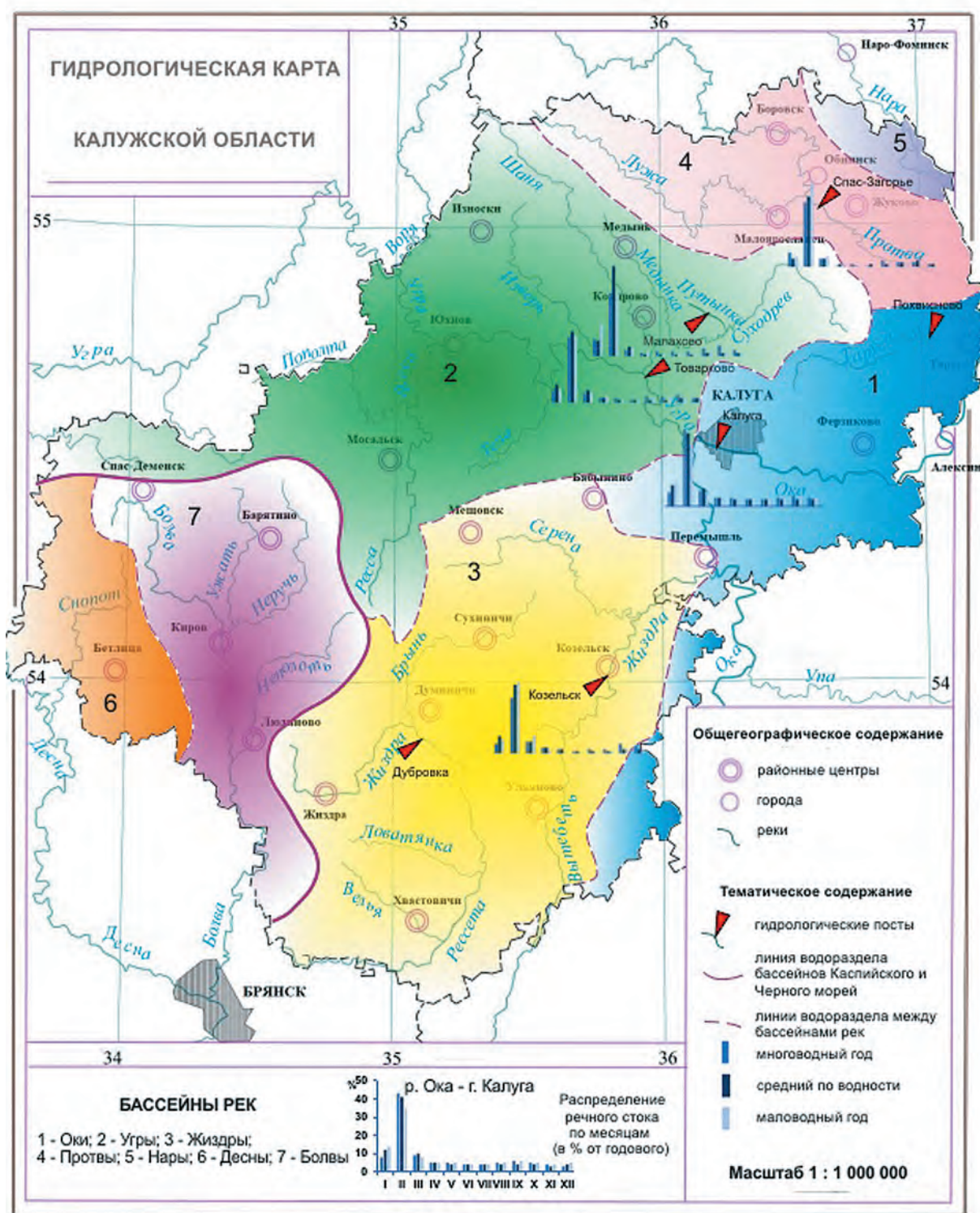


Рис. 2. Гидрологическая карта Калужской области

Литература

1. Алейников О.И., Везеничева А.А., Константинова Т.В., Меленчук В.И., Петровская Т.К., Степичева У.В. Физико-географическая характеристика Калужской области // Исследования биологического разнообразия Калужской области. Серия «Кадастровые и мониторинговые исследования биологического разнообразия в Калужской области», 2019. Вып. 4. — С. 4–29.
2. Атлас Калужской области / К.В. Пашканг. — М.: ГУГК, 1971. — 38 с.
3. География Калужской области: Учебное пособие для учащихся [7–8 кл.] средней школы Калужской области / К.В. Пашканг и др. — Тула: Приокское кн. изд-во, 1989. — 118 с.
4. Калужская область: Атлас / К.В. Пашканг, С.Г. Любушкина, Н.В. Зудин, Н.А. Лапкина и др. — М.: «Картография», 1992. — 36 с.

5. Бочкарева Н.Ф., Бочкарев В.Е. Рабочая тетрадь по физической географии Калужской области. — Калуга: Изд-во Н.Ф. Бочкаревой, 2002. — 32 с.
6. Атлас Калужской области / В.П. Есипов, Е.Я. Жмакин, Б.Г. Шерстюков, О.Н. Булыгина и др. — Калуга: Изд-во Н.Ф. Бочкаревой, 2005. — 48 с.
7. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 10. Верхне-Волжский район. Кн. 1. — М.: Гидрометеиздат, 1973. — 476 с.
8. Действующие гидрологические посты сети Росгидромета. URL: http://esimo.ru/dataview/viewresource?resourceId=RU_RIHMI-WDC_2665.

References

1. Aleynikov O. I., Vezenicheva A. A., Konstantinova T. V., Melenchuk V. I., Petrovskaya T. K., Stepicheva U. V. Physics-geographical characteristics of the Kaluga region // Studies of biological diversity of the Kaluga region, 2019. Issue 4. Series «Cadastral and monitoring studies of biological diversity in the Kaluga region». — P. 4–29.
2. Atlas of the Kaluga region [Maps] / K.V. Pashkang. — M.: GUGK, 1971. — 38 p.
3. Geography of the Kaluga region: A textbook for students of [grades 7–8] secondary school of the Kaluga region / K.V. Pashkang et al. — Tula: Prioksky Book Publ. House, 1989. — 118 p.
4. Kaluga Region: Atlas / K.V. Pashkang, S.G. Lyubushkina, N.V. Zudin, N.A. Lapkina, etc. — M.: «Cartography», 1992. — 36 p.
5. Bochkareva N.F., Bochkarev V.E. Workbook on the physical geography of the Kaluga region. — Kaluga: N. Bochkareva Publ. House, 2002. — 32 p.
6. Atlas of the Kaluga region / V.P. Esipov, E.Ya. Zhmakin, B.G. Sherstyukov, O.N. Bulygina, etc. — Kaluga: Publ. House N.F. Bochkareva, 2005. — 48 p.
7. Surface water resources of the USSR. Vol. 10. Verkhnevolzhsky district. Book 1. — M.: Hydrometeoizdat, 1973. — 476 p.
8. Current hydrological posts of Rosgidromet network. URL: http://esimo.ru/dataview/viewresource?resourceId=RU_RIHMI-WDC_2665.

Сведения об авторе:

Захарова Марина Владимировна, к.г.н., завкафедрой географии, кадастров и техносферной безопасности, доц., Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского; e-mail: ZaharovaMV@tksu.ru.

ПРАВИЛА К ОФОРМЛЕНИЮ МАТЕРИАЛОВ

Материалы, направляемые в редакцию, должны удовлетворять следующим основным требованиям:

1. Общий объем статьи должен составлять не более 1,0 печатного листа (включая текст, таблицы, графики и рисунки). Один печатный лист текста равен 40 тыс. знаков (с учетом пробелов).

К рукописи статьи в обязательном порядке должны быть приложены аннотация (до 10 строк) и ключевые слова на русском языке, а также название статьи, краткая аннотация и ключевые слова на английском языке (57 строк).

2. Рукопись представляется в электронном виде (электронная почта nia_priroda@mail.ru), 12 кегель через полтора интервала, выполненном в текстовом редакторе Microsoft Word, шрифт Times New Roman. Римские цифры набираются в английском регистре.

Размеры полей: сверху, снизу и справа — 20 мм, слева — 30 мм.

Графики и рисунки должны быть представлены как в самом тексте статьи, так и дополнительно отдельными файлами.

3. Сокращения слов, имен, названий и т.д. в тексте статьи, как правило, не должны присутствовать. Допускаются лишь общепринятые сокращения названий мер, физических, химических и математических величин и терминов и т.д.

В статье в обязательном порядке делаются ссылки на таблицы и рисунки, включенные в основной текст. Нумерация сквозная, т.е. приводится в порядке очередности для таблиц и для рисунков отдельно.

Подзаголовки в статье могут быть выделены полужирным шрифтом или курсивом и выровнены по центру. Также допускается аналогичное выделение особо важных слов (символов) в самом тексте. Для всего текста используются кавычки одного типа.

Ссылки на литературные источники, использованные в статье, делаются в квадратных скобках с указанием номера этого источника в перечне литературы в конце статьи в порядке упоминания. Названия рассматриваемых первоисточников должны быть оформлены в соответствии с ГОСТом 7.184 «Библиографическое описание документа».

4. В приложении к статье указываются сведения об авторах: фамилия, имя и отчество полностью, должность, ученая степень и ученое звание, полное и сокращенное наименование организации, в которой работает автор, на русском и английском языках; телефон, факс, адрес электронной почты, а также представляется список литературы на английском языке (references).

В начале статьи перед заголовком должен быть проставлен индекс УДК.

5. Таблицы в статье не должны быть громоздкими. Каждая таблица должна иметь название. Сокращения слов в таблицах не допускается, за исключением единиц измерения. Численные значения величин в таблицах (как и во всем тексте) должны приводиться в единицах измерения СИ.

Иллюстративные материалы в цветном или ч/б вариантах (рисунки, графики, диаграммы, карты, блок-схемы и т.д.) вставляются в текст статьи как объект.

Фотографии и рисунки принимаются размером не менее 9 x 12 см с разрешением 300 dpi в формате tiff, jpg. При необходимости файлы могут быть архивированы (WinZIP, WinRAR), самораспаковывающийся архив.



АГРОРЕСУРСЫ И ПРОДОВОЛЬСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ



Продовольственная безопасность

УДК 504.53:631.8

Почвенные ресурсы и минеральные удобрения как фактор реализации Стратегии развития агропромышленного комплекса России на период до 2030 года

*Д.М. Хомяков, к.б.н., д.т.н., проф., Д.А. Азиков
Факультет почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова*

Почвы, их характеристики и плодородие должны быть в числе обязательных критериев эффективности осуществления сельскохозяйственной деятельности. Основой устойчивого земледелия является адаптивно-ландшафтная система с контурно-мелиоративной организацией территории и постоянное применение необходимого для воспроизводства плодородия объема агрохимических средств. Рассматривается современная ситуация с использованием почв земель сельскохозяйственного назначения, перспективы ее корректировки, а также ряд возможных сценариев реализации Стратегии развития агропромышленного комплекса России на период до 2030 года.

Ключевые слова: сельское хозяйство, почва, плодородие, почвенные ресурсы, продовольственная безопасность, устойчивое развитие, стратегия.

Введение

Президентом России был дан «Перечень поручений по итогам совещания о развитии агропромышленного, рыбохозяйственного комплексов и смежных отраслей промышленности» от 26.04.2022 №Пр-738. Среди них — внесение в принятую 12.04.2020 Стратегию развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов РФ на период до 2030 года (далее — Стратегия) ряда изменений, а именно, установление, начиная с 2023 г., среднегодовых темпов роста объемов производства продукции АПК на уровне не менее 3%. Предусмотреть в ней возможность развития производства как экстенсивными за счет вовлечения земель сельскохозяйственного назначения в оборот, так и интенсивными способами — путем внесения дополнительных объемов минеральных удобрений, более широкого применения средств механизации и внедрения современных информационных технологий.

Целями реализации Стратегии является обеспечение устойчивого развития АПК РФ, импортозамещение критически важных видов его продукции, усиление продовольственной безопасности

страны, развитие новых направлений экспорта, эффективное управление землями сельскохозяйственного назначения, вовлечение их в оборот, обеспечение плодородия почв, а также цифровая трансформация с учетом текущих внешнеполитических и экономических рисков.

Сельское хозяйство страны является одной из базовых отраслей экономики, составляющей важнейшую часть производственной и социальной инфраструктуры государства, имеющая мультипликативный эффект в смежных отраслях. Его развитие происходит в первую очередь на сельских территориях, важность которых растет в условиях усиления процессов глобализации, увеличения значения природных и территориальных ресурсов.

Возникает необходимость внедрения новой модели устойчивого экономического роста отрасли, основанной на внутренних факторах и конкурентоспособности, в темпах выше среднемировых. По прогнозам, в следующем десятилетии мировое сельхозпроизводство будет расти на 1,1% ежегодно при росте потребления продовольствия населением планеты на 1,4%. Не менее 80% увеличения урожайности и роста валовых сборов

сельскохозяйственных культур в мире обеспечит дальнейший прогресс в селекции растений и переход к более наукоемким инновационным производственным системам. Вклад введения в оборот новых площадей пахотных почв оценивается не выше 15%, а традиционная уже апробированная интенсификация агротехнологий (агрохимикаты, средства защиты растений и т.д.) может дать лишь 5% от общего роста [1].

На деятельность агропроизводителей оказывают большое влияние природно-климатические и социально-экономические факторы, а так же чрезвычайные ситуации. Используя только внутренние ресурсы, хозяйствующие субъекты не в состоянии их контролировать и преодолевать. Поэтому многосторонняя система господдержки и помощи является основой устойчивого развития АПК на любом уровне — локальном, региональном, национальном и международном.

Методология проведения работы заключается в сборе, обобщении, анализе и оценке аналитических и теоретических исследований, а также нормативных правовых актов и методических документов, регулирующих вопросы обращения агрохимических средств для повышения урожаев и плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения.

Результаты исследований

Новая редакция Стратегия развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов РФ на период до 2030 года была утверждена распоряжением Правительства РФ от 08.09.2022 №2567-р и вступила в силу. Некоторые целевые показатели, которые должны быть достигнуты в процессе ее реализации, приведены в *табл. 1*. Они имеют два значения — по «базовому» и «целевому» вариантам, однако в тексте нет пояснения данных терминов и указаний, в каком случае и как выбирается приоритет в выборе численного значения индикатора. Можно предположить, что он будет зависеть от уровня поддержки АПК и объемов финансирования мероприятий имеющихся госпрограмм.

Стратегией на долгосрочную перспективу в качестве основных приоритетов господдержки эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения определены: землеустройство, в том числе создание и (или) расширение информационной системы о землях сельскохозяйственного назначения; развитие мелиоративного комплекса.

В Стратегии есть обращение к целям и задачам Госпрограммы эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса, утвержденной Постановлением Правительства РФ от 14.05.2021 №731 (ред. от 16.03.2022, далее — Госпрограмма): получение достоверных и актуаль-

ных сведений о количественных характеристиках и границах земель сельскохозяйственного назначения в отношении 100% таких участков, включая количественные и качественные характеристики сельскохозяйственных угодий, вовлекаемых в оборот. В свою очередь, к концу 2030 года предполагается введение в оборот таких земель площадью не менее 5,1 или 13,2 млн га в зависимости от объема выделения средств из федерального бюджета (см. *табл. 1*).

Задачей №3 Госпрограммы является проведение мероприятий, предусматривающих: защиту и сохранение сельхозугодий от ветровой эрозии и опустынивания за счет проведения агролесомелиоративных и фитомелиоративных мероприятий, 624 тыс. га; создание защитных лесных насаждений, полезащитных лесных полос, противоэрозионных овражно-балочных насаждений, пастбищно-защитных фитомелиоративных насаждений.

Так же, согласно документам, химическая мелиорация кислых почв предполагает известкование, а именно внесение в них известковых удобрений — кальцита, доломита, известняка, отходов сахарного производства, гашеной извести. Его планируется провести на пашне площадью до 2,3 млн га.

Развитие АПК в современных условиях сопряжено с устойчивым управлением отраслью. В числе основных пунктов в Стратегии выделяются: совершенствование господдержки АПК и восстановление плодородия почв. Среди рисков и угроз, которые могут существенно снизить производственный потенциал, выделено снижение плодородия почв земель сельхозназначения.

На примере производства зерна (зерновые и зернобобовые культуры) рассмотрим и оценим, что следует из контрольных цифры перечня поручений Президента РФ от 26.04.2022 №Пр-738. В *табл. 2* представлены расчеты по двум сценариям ежегодного роста в 3%, начиная с 2023 г. к 2025 и 2030 гг., по сравнению с уровнем предыдущей пятилетки (2016—2020 гг.). В самой Стратегии в качестве установленного базового уровня показателей и параметров определен 2020 год.

Для земледелия и растениеводства, которые во многом зависят от нерыночных факторов, подвержены природным рискам, корректно использовать и говорить о значениях скользящих средних за 5 лет. Это позволит адекватно учитывать влияния агроклиматических и агрометеорологических параметров на величину урожаев.

Примером может служить текущий год. Исключительно благоприятным балансом и режимом тепла и влаги весенне-летнего периода в основных зернопроизводящих регионах страны был обусловлен рекордный валовый сбор зерна, предварительно оценивающийся до 145,0 млн т в весе после доработки. Однако в 2018 г. он составил всего 113,3 млн т; в 2019 — 121,2; в 2020 — 133,5; а в

Таблица 1

**Некоторые целевые показатели Стратегии развития агропромышленного
и рыбохозяйственного комплексов РФ на период до 2030 года**
(утв. распоряжением Правительства РФ от 08.09.2022 № 2567-р, извлечение из Приложения)

Наименование показателя	Ед. измерения	Вариант	2020 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.	2025 г.	2030 г.
Индекс производства продукции АПК (в сопоставимых ценах) к уровню 2020 г.	%	Целевой	100	-	105,5	108,6	111,9	129,7
		Базовый	-	102	103,2	104,6	106,2	116,1
Экспорт продукции АПК (в сопоставимых ценах)	млрд долл.	Целевой	30,5	-	28,8	30	32	47,1
		Базовый	-	28	28,3	29,5	31,5	41
Внесено минеральных на 1 га посева сельскохозяйственных культур в сельхозорганизациях	кг/га д.в.	Целевой	68,6	-	82,2	86,3	90,6	115,6
		Базовый	-	75,3	76,1	76,9	77,7	81,7
Объем достоверных и актуальных сведений о количественных характеристиках и границах земель сельхозназначения, включая количественные и качественные характеристики сельхозугодий, вовлекаемых в оборот	%	Целевой	-	4,7	35,06	66,62	100 ¹	-
		Базовый	-	4,7	18,78	35,44	50,97	100 <2>
Площадь вовлеченных в оборот земель сельскохозяйственного назначения	тыс. га	Целевой	-	367,6	2979,1	4269,7	5447,5	13234,8 ¹
		Базовый	-	367,6	564,8	813,9	2231,3	5077,3 ³
Доля сельского населения в общей численности населения РФ	%	Целевой	25,3	-	25	25	25	25
		Базовый	-	25	25	25	24,5	23,6

¹При условии выделения дополнительного объема финансирования из федерального бюджета в объеме 37,54 млрд руб. до 2030 г. (включительно) на реализацию мероприятий по подготовке проектов межевания и выполнению кадастровых работ, мероприятий по установлению границ земель сельхозназначения и мероприятий по оценке плодородия неиспользуемой пашни, в т.ч. 21,83 млрд руб. на реализацию мероприятий в 2023–2025 гг.

²При условии выделения дополнительного объема финансирования в объеме 2,5 млрд руб. на 2026–2029 гг. на реализацию мероприятий по установлению границ земель сельхозназначения.

³При условии сохранения текущего объема финансирования до 2030 г. (включительно).

2021 г. — 121,3 млн т, соответственно (см. табл. 2). Учитывая сложные погодные условия осенью 2022 г., вероятное сокращение площади посевов озимых, мы прогнозируем его величину в следующем 2023 г. не более 115,0–120,0 млн т.

Растущее отклонения гидротермических параметров от средних значений и изменение тренда (контрастность климата) в итоге приведут к сокращению среднегодового производства зерна в основных, на сегодняшний день, районах. Аридизация и напряжённость термического режима вегетационного периода приведет к отсутствию роста и снижению климатически обусловленной урожайности зерновых культур.

Следовательно, для стабилизации производства в основных зернопроизводящих регионах европейской части страны станут необходимы системные адаптационные мероприятия [2–6 и др.]. На сегодняшний день они не предусмотрены в имеющихся документах стратегического планирования (распоряжение Правительства РФ от 29.10.2021 №3052-р «Об утверждении стратегии социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года»; Постановление Правительства РФ от 21.09.2021 №1587 «Об ут-

верждении критериев проектов устойчивого (в том числе зеленого) развития в Российской Федерации и требований к системе верификации проектов устойчивого (в том числе зеленого) развития в Российской Федерации» и иных).

Выбранные нами для изучения сценарии состояния зернового комплекса страны согласно обсуждаемой Стратегии (см. табл. 2) определяют границы коридора возможных решений, поскольку включают увеличение урожаев при сохранении площади посева (сценарий 1) и сохранение текущего уровня продуктивности с необходимым расширением площадей (сценарий 2). В последнем случае следует увеличить посевные площади под зерновыми на первом этапе на 7,6 млн га, а на втором — на 16,0 млн га. Эти значения превышают показатели возможного введения в оборот, ранее выбывших площадей, предусмотренных как в целевом, так и в базовом сценарии Стратегии (см. табл. 1). Кроме того отведение их исключительно под зерновые, в свою очередь, нарушает основу устойчивого ресурсосберегающего «регенеративного» земледелия — зональный севооборот. При сохранении текущей площади посевов следует обеспечить в ближайшие 3–8 лет повышение средних урожаев на 16–24%.

Таблица 2

Фактическое производство зерна (зерновые и зернобобовые, вес после доработки в хозяйствах всех категорий) в России с 1971 г. и перспективы до 2030 г., вынос элементов минерального питания с ним и соответствующим количеством побочной продукции (расчеты автора по статданным [3, 7–10])

Период, годы	Ср. посевная площадь, млн га / год	Ср. урожай зерна, ц / га в год	Ср. валовый сбор зерна, млн т в год	Ср. вынос N, P ₂ O ₅ , K ₂ O, млн т / год (сумма, д.в.)	Ср. вынос Ca и Mg, млн т / год (сумма)
1971–1975	75,0	12,9	96,7	6,3	1,7
1976–1980	76,8	13,8	106,0	6,9	1,9
1981–1985	70,9	13,0	92,0	6,0	1,7
1986–1990	65,6	15,9	104,3	6,8	1,9
1991–1995	59,1	14,8	87,9	5,7	1,6
1996–2000	50,0	13,0	65,1	4,2	1,2
2001–2005	44,8	17,6	79,0	5,1	1,4
2006–2010	45,0	18,9	85,2	5,5	1,5
2011–2015	45,3	20,6	93,5	6,1	1,7
2016–2020 (база)	47,1	26,5	124,8	8,1	2,3
2021	47,0	25,8	121,3	7,8	2,2
2022 (оценка)	47,5	30,5	145,0	9,3	2,6
2025, (к базе), сценарий 1	47,1	30,8 (+4,3)	144,6 (+19,8)	9,4 (+1,3)	2,6 (+0,4)
2025, (к базе), сценарий 2	54,6 (+7,6)	26,5	144,6 (+19,8)	9,4 (+1,3)	2,6 (+0,4)
2030, (к базе), сценарий 1	47,1	35,7 (+9,2)	167,3 (+42,5)	10,9 (+2,8)	3,0 (+0,7)
2030, (к базе), сценарий 2	63,0 (+16,0)	26,5	167,3 (+42,5)	10,9 (2,8)	3,0 (+0,7)

Примечание: урожаи рассчитаны как отношение валового сбора зерновых и зернобобовых культур в весе после доработки к площади посевов.

В России с 1990 г. площадь земель сельскохозяйственного назначения уменьшилась с 638 млн га до 383 млн га, а площадь пашни — со 132 млн га до 116 млн га. За 30 лет переведены в лесной фонд 231 млн га земель сельскохозяйственного назначения. При этом площадь посевов на 2021 год составила 80,4 млн га, а паров — до 12,0 млн га, а в 1990 году — 118 и 14 млн га, соответственно [7–10] (табл. 3). Завышенная сейчас приблизительно в 2 раза доля паров свидетельствует о нарушениях севооборотов. На пахотных почвах идут деградационные процессы, есть попытки собственников скрыть нецелевое использование земель сельскохозяйственного назначения, а 24 млн га «статистической» пашни остается вне проводимого опросным путем с мест учета.

Инвентаризация земель сельскохозяйственного назначения не проводилась в стране более 20 лет, с 1997 г. не осуществляется качественная оценка продуктивных земель, были фактически свернуты почвенные и геоботанические обследования и изыскания, осуществляемые за счет федерального бюджета. При постоянном повышении интенсивности использования почв, требуются все возрастающие материальные и финансовые вложения в сохранение и расширенное воспроизводство их плодородия. Между тем, перестала проводиться комплексная внутрихозяйственная оценка почв,

включающая местоположение в ландшафте и технологические свойства земельных участков, анализ степени проявления процессов деградации почв (водной эрозии, дефляции, засолению, асидизации и др.), культуртехническому состоянию полей.

Статьей 67 Земельного кодекса РФ выявление неиспользуемых земельных участков, в том числе земельных участков из земель сельскохозяйственного назначения, отнесено к вопросам государственного мониторинга земель. В рамках мониторинга использования земель осуществляется наблюдение за использованием земель и земельных участков в соответствии с их целевым назначением.

Федеральным законом от 30.12.2021 № 475-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» уже предусмотрены комплексные изменения для установления правовых основ ведения государственного реестра земель сельскохозяйственного назначения и государственного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения.

Порядок ведения госреестра, состава содержащейся в нем информации, а также порядка ее предоставления (в том числе внесения изменений в сведения) устанавливается Правительством РФ. Он выступает необходимым источником данных для проведения мероприятий по земельному над-

Площади посевов, паров, их сумма, производство и применение минеральных удобрений в России, в пересчете на 100% питательных веществ (д.в.) (расчеты автора по статданным [3, 7–10])

Период, годы	Средняя площадь, млн га в год			Минеральные удобрения, в ср. в год		
	чистых паров	посевов	в сумме	производство, млн т д.в.	применение	
					млн т д.в.	кг д.в. / га посевов
1971–1975	9,7	122,5	132,2	8,0	6,0	49,0
1976–1980	8,4	124,2	132,6	11,3	8,7	70,0
1981–1985	12,0	119,5	131,5	14,4	10,9	91,2
1986–1990	14,2	118,0	132,2	17,6	13,0	110,2
1991–1995	15,1	109,9	125,0	9,0	5,3	48,2
1996–2000	18,0	92,2	110,2	10,4	1,4	15,2
2001–2005	16,2	79,7	95,9	14,6	1,4	17,6
2006–2010	14,0	76,0	90,0	16,5	1,8	23,7
2011–2015	13,0	77,5	90,5	19,0	1,9	24,5
2016–2020	11,8	79,7	91,5	23,0	2,6	32,2
2021	11,6	80,4	92,0	26,3	3,3	41,0
2022 (оценка)	11,4	82,0	93,4	23,7	3,0	36,6

Примечание: расчетные показатели округлены до десятых. На Мартовском (1965 г.) Пленуме ЦК КПСС модернизацию агропроизводства планировалось осуществлять с помощью химизации, мелиорации и комплексной механизации. До этого времени под посевы вносили менее 10 кг д.в./га минеральных удобрений. До 2000 г. объем поставок минеральных удобрений для сельского хозяйства страны соответствовал (в среднем) объему их применения; с 2001 г. приведены данные Росстата по объему их ежегодного внесения под посевы в сельхозорганизациях.

зору, а также государственным информационным ресурсом, содержащим подтвержденные в ходе проведения государственного земельного надзора сведения о фактическом использовании земельного участка из земель сельхозназначения.

Информация, полученная при осуществлении госмониторинга, подлежит внесению в государственный реестр земель сельскохозяйственного назначения. Его ведение осуществляется Минсельхозом России посредством Системы государственного информационного обеспечения в сфере сельского хозяйства, созданной и функционирующей в соответствии со ст. 17 Федерального закона от 29.12.2006 №264-ФЗ «О развитии сельского хозяйства».

Единая федеральная информационная система о землях сельхозназначения и землях, используемых или предоставленных для ведения сельского хозяйства в составе земель иных категорий (ЕФИС ЗСН), была уже введена в эксплуатацию приказом Минсельхоза России от 02.04.2018 №130 в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 06.07.2015 №676 «О требованиях к порядку создания, развития, ввода в эксплуатацию, эксплуатации и вывода из эксплуатации государственных информационных систем и дальнейшего хранения содержащейся в их базах данных информации».

Обсуждаемый выше Федеральный закон вступил в силу с 01.03.2022. Необходимые подзаконные акты надо подготовить и принять, а планируемую систему еще только предстоит создать

и наполнить информацией в порядке межведомственного взаимодействия. Считается, что в итоге с течением времени будет создан инструмент, позволяющий осуществлять управление землями, в том числе обеспечивающий оперативное получение актуальных и достоверных сведений о них, а также пригодности земельных участков в составе таких земель для сельхозпроизводства.

Земля — понятие территориально-обобщенное. В состав одного участка — объекта, имеющего свою топографию и пространственные характеристики (или одного земельного угодья), как правило, включены почвы с различными свойствами и режимами. Поэтому на основании данных о земле, а не о почвах, невозможно проектировать и создавать рациональные природоохранные системы землепользования и мелиорации, а также адаптивно-ландшафтные системы земледелия в сельском хозяйстве. Эффективны и безопасны они будут только в случае учета строения почвенного покрова территорий и его неоднородности.

Существуют проблемы и устойчивого управления использованием почвенных ресурсов. Деградация почв сельскохозяйственных земель в России ограничивают возможности роста валовых сборов и урожайности сельскохозяйственных культур [11–18 и др.].

С 1992 г. новые социально-экономические и погодно-климатические условия в совокупности с проведенной земельной реформой, легализовавшей рынок и частную собственность на зе-

мельные участки, позволили определить наиболее приемлемые территории для ведения эффективного и рентабельного земледелия с учетом свойств и характеристик пахотных почв. В первые пять лет 2000-х гг. появились признаки стабилизации ситуации. Из оборота постепенно выводились изначально мало плодородные почвы, расположенные в Нечерноземной зоне страны с низким биоклиматическим потенциалом (см. табл. 2). Они имеют повышенную кислотность, нуждаются в проведении весьма капиталоемких мероприятий — коренном улучшении и комплексной мелиорации. В основных зернопроизводящих южных черноземных регионах России площади были сохранены, а резервы пашни в настоящее время практически отсутствуют. Вместе с тем нужно учитывать, что в связи с глобальными изменениями климата, ростом аридизации, значение обеспеченных влагой участков российского Нечерноземья в агропроизводстве существенно возрастет [11, 12, 17, 18 и др.].

Следовательно, при разработке последующей реализации «оптимального» сценария среднесрочного развития АПК, прежде всего, нужны четкие ориентиры сколько, каких, какого качества, и где расположенных почвенных ресурсов (пахотных почв) нужно стране для решения поставленных задач по обеспечению продовольственной безопасности и расширения экспорта сельхозпродукции. Так же нужны удобрения и мелиоранты, поскольку элементы минерального питания растений являются необходимой и обязательной частью производственного процесса, вследствие которого формируется биологический урожай и товарная продукция возделываемых сельхозкультур.

При получении 1 тонны зерна в зависимости от почвенно-климатических условий, культуры и сорта вынос из почвы основных элементов минерального питания растений меняется [19, 20]. Мы условно приняли, что при сборе 100 млн т зерна, с ним и соответствующим количеством побочной продукции (соломы) из почвы в среднем извлекается (в д.в.) 3,0 млн т азота, 1,2 млн т фосфора и 2,3 млн т калия. В сумме — 6,5 млн т д.в.; плюс до 1 млн т кальция и 0,8 млн т магния (см. табл. 3).

Можно ли говорить о воспроизводстве и сохранении плодородия используемых в земледелии почв в настоящее время?

Кислые почвы, требующие первоочередного известкования, занимают по стране 35%, а в ЦФО их 61% [3, 9, 10]. Агрохимические обследования свидетельствуют, что процессы подкисления нарастают, повышается доля и площади кислых пахотных почв, ежегодно увеличивается потребность в известковании. На 1 га в среднем необходимо вносить 6–9 т известковых материалов с периодичностью 5–7 лет. Их применение за прошедший 20-летний период составляло не более 2,3 млн т физической массы в год, или 25 кг/га пашни, находящейся в обороте. Объемы известкования

уменьшились по сравнению с 1985–1990 годами. Тогда это было 31,0 млн т в год или 235 кг/га, соответственно.

По данным Минсельхоза России за 2017–2021 гг. известковано 1,6 млн га. До 2025 г. планируется произвести работы на 2,7 млн га кислых почв. В рамках Постановления Правительства РФ от 14.05.2021 № 731 «О Государственной программе эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса Российской Федерации» предусмотрена господдержка этих мероприятий с компенсацией до 50% затрат агропроизводителей.

Научно обоснованная потребность в минеральных удобрениях составляет порядка 100 кг д.в. на 1 га посевной площади (согласно Информационно-аналитическим материалам к совещанию на тему: «О реализации законодательства в сфере воспроизводства плодородия земель сельскохозяйственного назначения и безопасного обращения с пестицидами и агрохимикатами», проводимому 28.01.2022 г. Комитетом Совета Федерации по аграрно-продовольственной политике и природопользованию. Письмо 24.01.2022 № АР-24–15/968).

Среди индикаторов Стратегии, отражающих эффективность цели «Увеличение произведенной добавленной стоимости», присутствует внесение минеральных удобрений в пересчете на 100% питательных веществ (д.в.) на 1 га посева в сельскохозяйственных организациях. В 2024 г. — 86,3 кг/га (целевой вариант), 76,9 кг/га (базовый вариант); в 2030 г. — 115,6 кг/га (целевой вариант), 81,7 кг/га (базовый вариант).

Следует напомнить, что в распоряжении Правительства РФ от 17.11.2008 № 1662-р «О Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года» (т.н. «Стратегия-2020») среди основных целей государственной аграрной политики были заявлены повышение эффективности использования земельных ресурсов и их воспроизводства на основе улучшения почвенного плодородия и развития мелиорации. Внесение минеральных удобрений в действующих веществах (д.в.) на 1 га посевов сельскохозяйственных культур должно возрасти с 33 кг в 2007 г. до 50 кг в 2011 г. и до 130–150 кг в 2020 г. (раздел 8).

Результаты проведенного нами анализа реальной ситуации по данным [3, 7–10] представлены в табл. 3. Ведомство учитывает лишь удобренные площади, их доля в 2007 г. составляла 39% от общей площади посевов. С 2000 по 2021 гг. этот показатель постепенно увеличивался с 27 до 68% (в 1986–1990 гг. составлял в среднем 70%). Поэтому приводимые, полученные по некорректной методике данные всегда существенно завышены. Мы использовали корректный подход, учитывая

общую площадь посевов и объемы вносимых минеральных удобрений. Несмотря на сокращение площадей посева, уровень внесения минеральных удобрений со 110 кг д.в./га снизился в три раза. Эта цель государственной аграрной политики так и не была выполнена.

План мероприятий («дорожная карта») по развитию производства минеральных удобрений на период до 2025 г., утвержден распоряжением Правительства РФ от 29.03.2018 №532-р. В нем указано, что «производство минеральных удобрений — ключевая подотрасль химической промышленности, занимающая одно из лидирующих мест в неуглеводородном несырьевом экспорте. Основная часть производимых в минеральных удобрениях поставляется на экспорт ввиду ограниченных объемов потребления на внутреннем рынке (71% — экспортные поставки, 29% — внутренний рынок, в т.ч. как сырье для производства сложных удобрений). Даже в условиях 2-кратного роста с 2016 к 2025 г. (на 7% в год) объемов внесения в почву минеральных удобрений российскими агропроизводителями их совокупная потребность не превысит 4–5 млн т д.в. и обеспечит не более 40% загрузки существующих мощностей. Подобная оценка объемов потребления и емкости внутреннего рынка дается в рамках «оптимистичного» сценария развития промышленности минеральных удобрений.

Доля реального использования агрохимикатов в земледелии страны от объемов их внутреннего производства на протяжении многих десятков лет колебалась в районе 9–13% (см. табл. 3).

Средний объем применения минеральных удобрений (д.в.) в год за пятилетний период, рассчитан нами. За 2001–2005 гг. — 1,4 млн т; 2006–2010 — 1,8 млн т; 2011–2015 — 1,9 млн т; 2016–2020 — 2,6 млн т, а в 2021 — 3,3 млн или 41,0 кг д.в./га посева. (В 1986–1990 гг. вносилось по 110,2 кг д.в./га посевов, в 1991–1995 — 48,2 кг д.в./га, затем до 2020 г. от 15,2 до 32,2 кг д.в., соответственно). В соотношении вносимых N, P₂O₅, K₂O (д.в.) преобладает азот — 1,0:0,4:0,27, что далеко от оптимального и научно обоснованного, учитывая агрохимические параметры пахотных почв России: 1,0:0,6:0,4.

С 1991 года по 2021 год суммарный некомпенсируемый вынос с урожаями основных элементов минерального питания растений (отрицательный баланс) азота, фосфора и калия в пересчете на действующее вещество (д.в.) составил 150 млн тонн. С учетом нормативов показателя окупаемости 1 кг д.в. минеральных удобрений прибавкой урожая сельскохозяйственных культур [19, 20 и др.] этого количества хватит, чтобы получить 1,1–1,2 млрд тонн зерна с учетом побочной продукции. На пашнях расходовались и расходуются сейчас накопленные ранее ресурсы плодородия почв, они определяют и лимитируют текущую

и возможную будущую продуктивность и устойчивость земледелия.

Выводы

Плодородие — свойство почв. Для сельского хозяйства должна производиться классификация и группировка почв, а не земель. Нужны принципиально новые методологические основы и наборы методик исследования, основанные на получении, накоплении, проверке и алгоритмах использования массивов цифровых геопространственных данных о состоянии почвенного покрова. Подведомственная Минсельхозу России, Государственная агрохимическая служба могла бы стать почвенно-агрохимической.

Неоднородность почвенного покрова, климата, агрометеорологических характеристик обуславливают основную цель землеустройства для осуществления агропроизводства — определение комплекса мероприятий по изучению состояния почв, планированию и организации рационального их использования и охраны. Контурно-мелиоративная организация территории и внутрихозяйственное землеустройство позволяет эффективно и бережно осваивать имеющиеся природные ресурсы (почву, влагу и др.).

Экспорт продукции АПК субсидирует и поддерживает государство. Его можно рассматривать как вывоз за границу основы плодородия почв — миллионов тонн макро- и микроэлементов минерального питания растений, включая стратегический и дефицитный во всем мире фосфор.

До настоящего времени экспорт продовольственных товаров и сельскохозяйственного сырья, достижение показателей продовольственной безопасности происходят за счет не восполняемых расходов резервов плодородия почв: «природно-ресурсного кредита», объем которого ежегодно только растет. С середины 90-х гг. XX в. в пахотных почвах РФ наблюдается отрицательный баланс гумуса и основных элементов минерального питания сельскохозяйственных культур. На 75–81 млн га посевов и 12–15 млн га парующих полей ежегодно применялось всего 1,4–3,3 млн действующих веществ (д.в.) минеральных удобрений (NPK). В кризисных условиях, при снижении господдержки, у агропроизводителей возникает необходимость сократить издержки, и в первую очередь, — ограничиваются закупки агрохимических средств.

Пока отсутствуют государственные документы, которые бы четко и однозначно определили, сколько, каких и где расположенных пахотных почв и сельскохозяйственных земель нужно России. Без них планируемое повторное возвращение в сельскохозяйственный оборот до 13,2 млн га ранее использовавшихся земель, увеличение площади посевов зерновых, в создавшихся условиях продолжит тенденцию эксплуатации плодородия отечественных почв за счет будущих поколений граждан страны. Сложившееся правовое регулирование

не дает понятного представления о месте почв, почвенного покрова и почвенных ресурсов в организации землепользования, реализации земельной политики, ведении агропроизводства и формировании устойчивой национальной продовольственной системы, невозможной без обязательного обеспечения воспроизводства плодородия почв (желательно расширенного).

Это следует учитывать при оценке потребности в удобрениях и мелиорантах в рамках эффективных почвосберегающих агротехнологий и обеспечения расширенного воспроизводства их пло-

дородия при реализации целей и задач Стратегии. В документе указано, что развитие мелиоративно-водохозяйственного комплекса направлено, в том числе, на сохранение благоприятной окружающей среды и природно-ресурсного потенциала, особенно в части воспроизводства и повышения плодородия почв.

Исследование выполнено в рамках Программы развития Междисциплинарной научно-образовательной школы МГУ им. М.В. Ломоносова «Будущее планеты и глобальные изменения окружающей среды».

Литература

1. OECD-FAO Agricultural Outlook 2022–2031. — Paris: OECD Publ., 2022. — 363 p. DOI: <https://doi.org/10.1787/f1b0b29c-en>.
2. Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме. — СПб.: Наукоемкие технологии, 2022. — 124 с.
3. Доклад председателя Комитета Госдумы по аграрным вопросам, акад. РАН В.И. Кашина на заседании Рабочей группой Госсовета РФ по направлению «Сельское хозяйство» на тему «Поддержка технической и технологической модернизации АПК» 12.08.2022. URL: <http://www.komitet2-20.km.duma.gov.ru/Novosti-Komiteta/item/28486641/>.
4. Светлов Н.М. Влияние растущей контрастности климата на сельское хозяйство // Аграрная политика: проблемы и решения, 2022. №2. — С. 8–17.
5. Павлова В.Н. Продуктивность зерновых культур в России при изменении агроклиматических ресурсов в 20–21 веках: дисс.... д.г.н. — М.: ВНИИХСМ, 2022. — 271 с. URL: https://meteoinfo.ru/images/misc/sovet/pavlova/disser_pavlova.pdf.
6. Сунтиц С.О. Модельные оценки структурных сдвигов в экономике сельского хозяйства при реализации различных климатических сценариев. // Научные труды ВЭО общества России, 2022. №4. С. 384–398.
7. Российский статистический ежегодник. 2021: Ст. сборник. — М.: Росстат, 2021. — 692 с.
8. Сельское хозяйство в России. 2021: Ст. сборник. — М.: Росстат, 2021. — 100 с.
9. Доклад председателя Комитета Госдумы по аграрным вопросам, акад. РАН В.И. Кашина на парламентских слушаниях на тему «О законодательном обеспечении развития сельскохозяйственной науки и подготовки кадрового потенциала агропромышленного комплекса Российской Федерации» 19.01.2022. URL: <http://www.komitet2-20.km.duma.gov.ru/Novosti-Komiteta/item/28285340/>.
10. Доклад о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения Российской Федерации в 2020 году. — М.: Росинформагротех, 2022. — 384 с.
11. Мельниченко В.А. Сельское хозяйство России: новый ракурс // Стандарты и качество, 2022. №7 (1021). — С. 20–23.
12. Жуков Н. Аграрное пространство Нечерноземья: макроэкономическое управление — от абсолютизации лана до гипертрофии рынка и частной собственности // Экономист, 2022. №4. С. 75–94.
13. Климентова Э.А., Дубовицкий А.А. Факторы, препятствующие формированию рационального землепользования в сельском хозяйстве // Economics of Agriculture of Russia, 2022. №1. — С. 17–23.
14. Алакоз В.В. О квазисобственности граждан на земельные доли, утрате институтов, обеспечивающих рациональное использование и охрану сельскохозяйственных земель, неэффективности регулирования земельных отношений и управления сельскохозяйственными землями и деградация сельскохозяйственных угодий // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель, 2022. Т. 17. №7. — С. 442–450.
15. Алакоз В.В. Факторы влияния на использование имеющегося потенциала сельскохозяйственных земель, пространственное развитие сельскохозяйственного землепользования, его расширение или сжатие // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель, 2022. №1. — С. 5–15.
16. Полушин Г.А., Алакоз В.В. Регулирование распределения и использования земель сельскохозяйственного назначения // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель, 2022. №8. — С. 501–509.
17. Полушин Г.А., Алакоз В.В. Стратегия пространственного развития сельскохозяйственного землепользования в Нечерноземной экономической зоне России // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель, 2022. №3. — С. 165–179.
18. Полушин Г.А., Горин А.Д. Об особенностях организации оборота земельных участков сельскохозяйственного назначения в Нечерноземье // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве, 2022. №1. — С. 115–120.
19. Рекомендации по интегрированному применению минеральных удобрений в системах земледелия с учетом региональных особенностей производства сельскохозяйственной продукции в Российской Федерации. — М.: ВНИИА, 2019. — 174 с.
20. Методика разработки нормативов окупаемости минеральных удобрений прибавкой урожая сельскохозяйственных культур. — М.: ВНИИА, 2009. — 48 с.

Сведения об авторах:

Хомяков Дмитрий Михайлович, к.б.н., д.т.н., проф., профессор кафедры общего земледелия и агроэкологии факультета почвоведения МГУ, замдиректора Аграрного центра МГУ; e-mail: khom@soil.msu.ru
 Азиков Дмитрий Андреевич, магистр почвоведения, аспирант факультета почвоведения МГУ; e-mail: azi-inna@yandex.ru.

Почвы

УДК 631.48

Почвенно-экологическое районирование Окского бассейна

*Т.А. Трифонова¹, д.б.н., Е.П. Быкова¹ к.б.н., Н.В. Орешникова¹, к.б.н., Н.В. Мищенко², д.б.н.,
Н.П. Матекина¹, П.С. ШUTOV²*

¹Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

²Владимирский государственный университет им. А.Г. и Н.Г. Столетовых

Проведено почвенно-экологическое районирование Окского бассейна на основе принципов генетического почвоведения, дополненных современными представлениями о почвенном покрове как компоненте биосферы и экологической роли почвы в жизни человека. Выделено 6 почвенно-экологических округов и 14 районов с учетом природных условий и региональных особенностей, влияющих на формирование почвенного покрова, а также размещения сельскохозяйственного производства. Выявлены районы с положительной динамикой лесных земель. Установлено, что для Горьковского древнеаллювиально-низменно-равнинного района второго округа характерна максимальная отрицательная динамика лесов (убыль составляет 7,5%). В других исследованных районах наблюдается незначительная положительная динамика лесов (1,6%-4,1%). Отрицательная динамика пахотных земель прослеживается в большинстве рассмотренных районов, максимально — 3,1%. Новым подходом в проведении почвенно-экологического районирования для речных бассейнов является расчет эрозионного потенциала территории, который отражает проявление рельефообразующих процессов, учитывает расстояние по вертикали между высшими и низшими точками рельефа данного региона и его горизонтальную расчлененность.

Ключевые слова: почвенно-экологическое районирование, бассейновый округ, район, структура землепользования, эрозионный потенциал.

Введение

Актуальными задачами ведения хозяйства в настоящее время являются сохранение природных механизмов саморегулирования экосистем, создание устойчивых агроландшафтов. Почва, один из главных компонентов ландшафта, подвергается все большей опасности деградации, и, в частности, все возрастающей опасности эрозии. Следовательно, для реализации природоохранных задач необходимо изучение современного экологического состояния ландшафтов, и прежде всего его основы — почвенного покрова.

Вопрос оценки экологической роли почвы в жизни наземных биогеоценозов и биосферы Земли в целом встал перед учеными-почвоведом уже в конце прошлого века. Г.В. Добровольский и Е.Д. Никитин отмечали, что многообразие и разноплановость экологических функций почв требуют целенаправленного изучения каждой почвенной функции с учетом ее реальной простран-

ственно-временной изменчивости [1]. Почвенно-экологическое районирование (ПЭР) наиболее полно отвечает решению данной задачи, являясь завершающим этапом почвенных исследований больших территорий. ПЭР — это способ деления территории по характеру взаимодействия экологических факторов, влияющих на функционирование почв в окружающей среде, на формирование режимов почвенных процессов, возможность сельскохозяйственного использования почв и, следовательно, на состав почвенного покрова. Не случайно вопросам почвенно-экологического районирования уделялось большое внимание в последние десятилетия [2–7]. Особенно это актуально для бассейнов крупных рек.

В настоящее время понятие «речной бассейн» отождествляется с такой формой территориальной организации как «экосистема» — неотъемлемая часть природных географических ландшафтов. Однако, термин «экосистема» не имеет точной

пространственной привязки и организации. Речные бассейны, напротив, четко формируются в определенных границах под влиянием речного стока. Склоновые и русловые потоки выстраивают системы с высоким уровнем пространственной организации, на которых легко проследить динамические изменения природных компонентов в границах бассейна [8–13].

Цель данной работы — проведение ПЭР Окского бассейна на основе связи почвенного покрова с экологическими условиями его формирования на уровне округов с последующей характеристикой каждого из них.

Объекты и методы

Площадь бассейна реки Оки составляет 245 000 км². Главными реками Окского бассейна является река Ока, длина которой 1500 км, с её левыми притоками — Клязьмой, Москвой, Угрой, и правыми притоками — Упой, Цной, Мокшей (рис. 1).

При работе над картой ПЭР Окского бассейна мы опирались на карты почвенно-экологического районирования Российской Федерации масштаба 1:2 500 000 под редакцией Г.В. Добровольского и И.С. Урусевской (2013) [4], а также почвенно-экологического районирования Российской Федерации 1: 8 000 000 (2020) под редакцией И.С. Урусевской [7]. Карта — схема ПЭР Окского бассейна разрабатывалась на основе обработки космических снимков с разрешением 500 и 30 метров, что позволило показать региональные особенности почвенного покрова в тесной связи с экологическими факторами. Основным методологическим подходом при составлении карты ПЭР послужил принцип почвенно-географического районирования [7].

Почвенно-экологическое районирование бассейна реки Оки базировалось прежде всего на генетической почвенной картографии с использованием собственных полевых исследований ключевых участков 2013–2020 годов и литературных материалов по геологии, геоморфологии, составу четвертичных отложений, климату, растительности. В основе выделения почвенно-экологических округов лежат литолого-геоморфологические и историко-геологические условия, то есть округа связаны с формами рельефа, имеющими тектоническую природу, чем и объясняется единство истории развития почвенного покрова округа. Характерные черты состава почвенного покрова округов зависят от особенностей почвообразующих пород, глубины грунтовых вод, специфики рельефа, то есть почвенно-экологические округа — это прежде всего результат влияния геологической истории на генезис и географию почвенного покрова бассейна.

Внутри почвенно-экологического округов на карте ПЭР бассейна реки Оки нами выделяются почвенно-экологические районы. Почвенно-экологический район — это часть почвенно-экологиче-

ского округа с определенным составом почвенного покрова, обусловленным экзогенными процессами, влияющими на морфоскульптуру территории, а также спецификой литологии почвообразующих пород, типом использования почв, возможностью единообразного ведения сельского хозяйства, и, следовательно, структурой землепользования.

Для характеристики почвенно-экологических районов бассейна реки Оки был рассчитан показатель — эрозионный потенциал, величина которого показывает, насколько опасен в эрозионном отношении рельеф для функционирования почвенного покрова территории. Помимо этого, для каждого почвенно-экологического района была рассчитана структура земельных угодий, отражающая их современное состояние на изучаемой территории. Полученные данные могут быть использованы для разработки экологически сбалансированного природопользования, размещения сельского и лесного хозяйства, мелиорации и охраны почв, прогнозирования размещения земельных ресурсов с учётом регионального разнообразия почвенного покрова.

При разработке картосхемы ПЭР бассейна реки Оки использовался геоинформационный анализ данных о почвенно-растительном покрове, визуализация результатов исследования и создание базы данных почвенно-растительных характеристик. Расчет состава почвенного покрова на основе «Национального Атласа почв России» и собственных исследований реализован в геоинформационной среде ArcGis 10.8. Предварительная оценка структуры землепользования велась по глобальным данным Modis. Использовались дистанционные данные в формате HDF Land Cove за 4 даты 2001, 2005, 2009, 2017 годы (пространственное разрешение 500 м), дающие информацию о классификации земельных угодий по Международной геосферно-биосферной программе (IGBP). Для более детального анализа и расчета площадей применялась система «Trend.Earth» (модуль «Наземный покров», European Space Agency 2015, пространственное разрешение данных 30 м), реализованная в Quantum GIS 2.18. за период 2001–2015 гг.

Эрозионный потенциал территории определялся суммированием морфометрических показателей — коэффициент рельефа (R), который в свою очередь рассчитывается как отношение разницы высот в бассейне (вертикальное расчленение) к средней длине бассейна; горизонтальное расчленение (густота расчленения территории) (D) рассчитывается как отношение суммы длин водотоков к площади водосбора; уклон речных русел (I) рассчитывается как отношение изменения разницы высот истока над устьем к длине реки:

$$R = H_p / K,$$

где R — коэффициент рельефа; H_p — глубина вертикального расчленения; K — средняя длина бассейна.

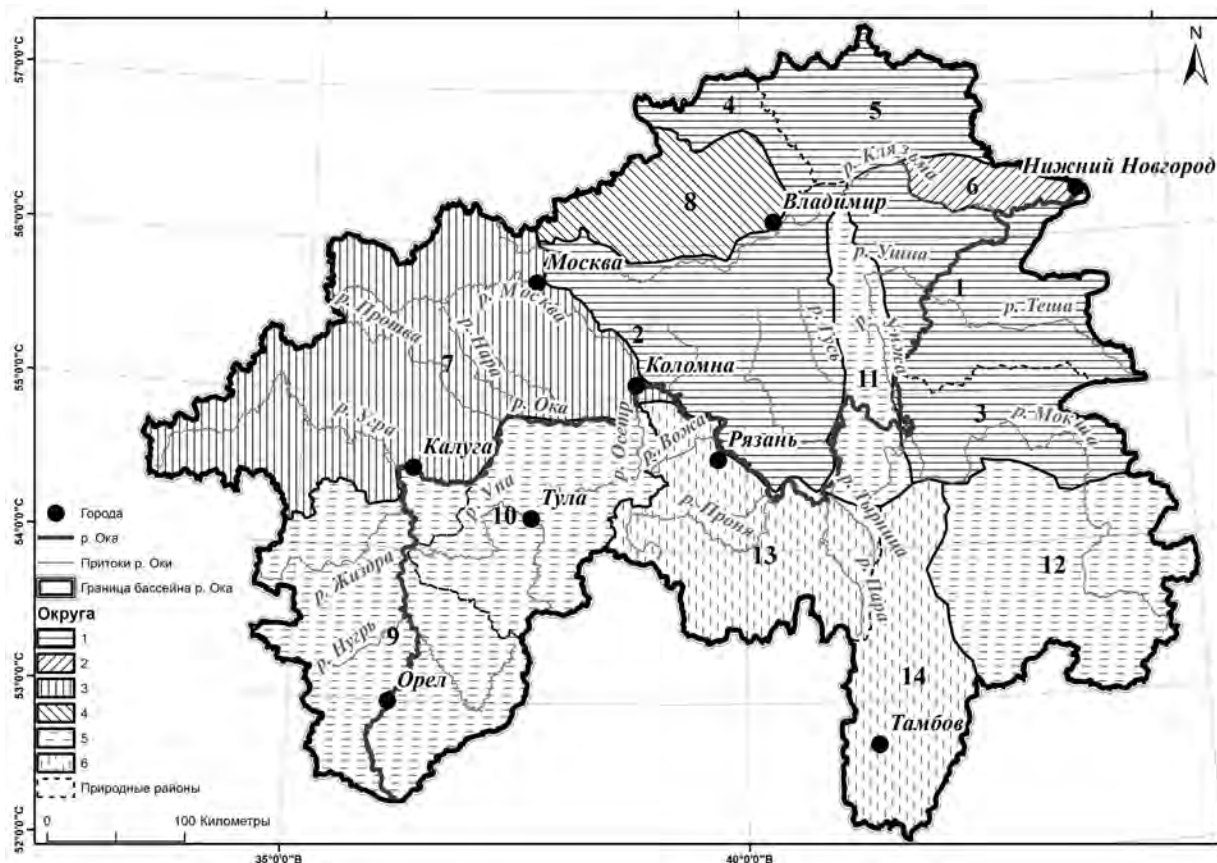


Рис. 1. Схема почвенно-экологического районирования бассейна р. Ока

Примечание: Легенда к округам представлена в табл. 1

Для расчета D — густота эрозионного расчленения (горизонтальное расчленение), км/км² были извлечены следующие показатели: S — сумма длин водотоков в бассейне, км (измерялась по векторному слою речной сети).

$$D = S / F,$$

где D — горизонтальное расчленение, км/км²; S — сумма длин водотоков; F — площадь водосбора.

$$I = H / L,$$

где I — уклон реки, м/км; H — падение реки, м; L — длина реки, км.

Суммарный эрозионный потенциал (ЭП), определяется по формуле:

$$ЭП = R + D + I [14-16].$$

Результаты и обсуждение

В результате на территории Окского бассейна было выделено 6 почвенно-экологических округов и 14 почвенно-экологических районов (рис. 1, табл. 1).

В табл. 2 приведен состав почвенного покрова бассейна реки Оки в границах выделенных нами почвенно-экологических районов. Анализируя данные таблицы, отметим, что они отражают экотонный характер данной территории. Пространственная смена геогенных условий (рельефа, почвообразующих пород) и антропогенные изменения (сведение широколиственных лесов) спо-

собствуют формированию серых лесных почв, которые тянутся в границах Окского бассейна прерывистой полосой, не образуя цельного ареала. Специфика переходного характера почвенного покрова от южной тайги к лесостепи проявляется в кислотности почв близкой к нейтральной (рН от 6,2 до 6,7) [36,37].

При разработке почвенно-экологического районирования мы опирались не только на природную организацию вещественно-энергетических потоков бассейна реки Оки, но и на взаимосвязь природных и хозяйственных процессов. Это особенно важно для выявления закономерностей проявления эрозии. Мониторинг эрозионных процессов, влияющих на рельеф, является необходимым условием для длительного планирования экологически сбалансированного использования почв и сохранения их плодородия. Для характеристики степени эрозионной опасности почвенно-экологических районов бассейна, степени их расчлененности был выбран показатель — эрозионный потенциал, характеризующий степень эрозионной опасности рельефа бассейна реки Оки, который в границах бассейна (табл. 3) изменяется в широком диапазоне значений 0,37 до 8,51 при средних значениях 3,14 баллов. Минимальные значения соответствуют низменному рельефу Мокшинско-Окского, Клязьминского низменного равнинно-зандрового и Тамбовского равнинного

Таблица 1

Почвенно-экологическое районирование Окского бассейна

Климат	Рельеф	Растительность	Почвообразующие породы	Почвенная зона	Состав почвенного покрова	С/х использование
I Низменный равнинно-зандровый округ						
1. Муромский район [17, 18]						
Сумма акт. t =1600–2200 КУ 1,33–1,0	Зандровая равнина с отметками 120–130 м, макс. 160–180 м. Плоские равнины и пологие склоны с отдельными моренными холмами и грядами, овражно-балочная сеть.	Облесенность 56,8 %. Сосняки – зеленомошники, хвойно-широколиственные леса (еловые леса с примесью дуба и клена остролистного).	Коренные породы перекрыты толщей флювиогляциальных, древнеаллювиальных песков и супесей, моренными валунными суглинками, иногда лессовидными.	Зона дерново-подзолистых почв южной тайги, зона серых лесных почв лиственных лесов.	Дерново-подзолистые почвы разной степени оглеенности, по южной границе района небольшие ареалы светло-серые лесные почвы.	Сельскохозяйственная освоенность территории от 10% до 60 %. Зерновые, кормовые культуры.
2. Мещерский район [17, 18]						
Сумма акт. t =1600–2200 КУ 1,33–1,0	Аллювиально-зандровая равнина с чередованием заболоченных понижений и песчаных гряд в северо-западной части. На севере переход от возвышенного равнины Владимирского Ополя (отм. 150 – 170 м) к пониженной центральной Мещере (100 – 110 м в долине реки Клязьмы).	Леса до 69,2 % территории. Сложные боры и елово-мелколиственные леса с примесью широколиственных пород.	Моренные отложения, перекрытые на разной глубине флювиогляциальными песками и супесями.	Зона дерново-подзолистых почв южной тайги, зона серых лесных почв лиственных лесов.	Доминируют дерново-подзолистые песчано-супесчаные почвы, менее распространены дерново-подзолисто-глеевые и торфяные. Светло-серые лесные глинистые и тяжелосуглинистые почвы — на покровных суглинках приурочены к северной части на границе Владимирского ополья.	Распаханность территории преобладает на севере района. Зерновые культуры (рожь, овёс, ячмень), картофель и овощи.
3. Мокшинско-Окский район [18]						
Сумма акт. t =2200–2800 КУ 1,33–1,0	Водно-ледниковая песчаная равнина с многочисленными карстовыми воронками и западинами, в сочетании с водно-ледниковыми, ледниковыми и озерно-аллювиальными аккумуляциями.	Леса 48,5 % от сухих лиственный сосновых боров до черноольховых топей. Правобережье р. Мокша — березовые леса с сосной и елью.	На большей части — флювиогляциальные пески, в пределах Мокшинской Луки — суглинки.	Зона серых лесных почв лиственных лесов.	Дерново-подзолистые почвы на сложенных песками дренажных участках междуречий; дерново-подзолистые глеевые почвы на менее дренированных участках с близким залеганием грунтовых вод. В районе правобережья р. Мокши — светло-серые и серые лесные почвы. По южной границе района небольшими пятнами — черноземы оподзоленные.	Крупные очаги хозяйственной освоения в районах с лесостепным природным комплексом. Зерновые (рожь, овёс, пшеница, ячмень) и пропашные (подсолнечник) культуры.

Климат	Рельеф	Растительность	Почвообразующие породы	Почвенная зона	Состав почвенного покрова	С / х использование
4. Клязьминский район [18, 19]						
Сумма акт. t = 1600–2200 КУ 1,33–1,0	Всхолмленная задровая равнина, на востоке с переходом к Балахнинской низменности [20] с преобладанием эолового рельефа. Отметки 70–100 м. Наименьшая высота — урез реки Оки — около 65 м.	Сосновые и вторичные елово-мелколиственные, осиново-берёзовые леса, местами участки дубрав (63,3%). По понижениям — осиново-берёзовое мелколесье, заросли ивняка и ольхи.	Нижнепермские осадочные отложения, перекрытые флювиогляциальными песками. На небольшой глубине гипсы и ангидриды кунгурского и татарского ярусов пермской системы. В восточной части района — мало-мощные задры на приподнятом цоколе коренных карстующихся пород [17].	Зона дерново-подзолистых почв южной тайги, зона серых лесных почв лиственных лесов.	Преобладают дерново-подзолистые почвы. Незначительные вкрапления серых лесных почв. В понижениях с застоем воды торфяные болотные почвы. В понижениях — пойменные и аллювиальные почвы.	Мясомолочное животноводство. Распаханность незначительная. Культуры: лён, картофель, овощи, кормовые.
5. Ивановский район [21, 22]						
Сумма акт. t = 1600–2200 КУ 1,33–1,0	Пологоволнистая, равнина, приподнятая над у. м. на 130–150 метров в центральной части, к югу снижается до 70 м, пересеченная долинами рек Луки, Тезы, Уводи, Нерли и её притоками. Рельеф района ледниково-аккумулятивный, эрозионные процессы в послеледниковый период.	В естественных лесах — береза, липа, ольха, осина, небольшие дубовые рощи (65,7%).	Четвертичные отложения: лёссовидные суглинки, супеси и пески. В поймах рек — древний и современный аллювий.	Зона дерново-подзолистых почв южной тайги, зона серых лесных почв лиственных лесов.	Дерново-подзолистые почвы различной степени оподзоленности и смывистости. По долинам рек — аллювиально-луговые заболоченные почвы.	Сельскохозяйственная освоенность до 30% — около 70 % — пашня. Животноводство. Кормовые, пропашные культуры. Пшеница, рожь, овёс, ячмень, горох.
II Террасированный древнеаллювиальный округ						
6. Горьковский район [20]						
Сумма акт. t = 1600–2200 КУ 1,33–1,0	Левобережная часть Нижне-Клязьменской низменности — древнеаллювиальная и флювиогляциальная низменная террасированная сильно заболоченная равнина, с отметками 80–110 м. Низменная поверхность местами осложнена древне-дюнным бугристым рельефом.	Сосновые боры, преимущественно зеленомошные и лишайниковые (63,4%).	Мелко- и среднезернистые древнеаллювиальные и флювиогляциальные пески различной мощности.	Зона дерново-подзолистых почв южной тайги, зона серых лесных почв лиственных лесов.	Дерново-подзолистые и иллювиально-железистые и иллювиально-гумусовые почвы, торфяно-глебовые и торфяные почвы болот с торфяным горизонтом (до 3–7 м). В поймах рек — аллювиальные дерновые небольшие по площади торфяные почвы. Серые лесные почвы 0,4% от почвенного покрова района.	Слабая сельскохозяйственная освоенность. Мясомолочное животноводство.

Климат	Рельеф	Растительность	Почвообразующие породы	Почвенная зона	Состав почвенного покрова	С/х использование
III Покровно-моренно-равнинный возвышенный округ						
7. Смоленско-Московский район [23, 24, 25, 26, 27]						
Сумма акт. t = 1600–2200 КУ > 1,33	Водораздел правых притоков верховьев Волги. Мокшоречко-Окская равнина с отметками междуречий 150–200 м, центральные части — более 200 м.	Облесенность до 57,9 %. Большая часть территории — смешанный лес. К югу от р. Оки — широколиственный.	Покровные суглинки.	Зона дерново-подзолистых почв южной тайги.	Дерново-подзолистые почвы разной степени оподзоленности, оглеенности и смытости. Незначительное количество подзолисто-глеевых и подзолистых иллювиально-железистых, пойменных и торфяных болотных почв. Встречаются серые лесные почвы.	Высокая сельскохозяйственная освоенность. Зерновые и кормовые культуры.
IV Покровно-моренно-равнинный округ с близким залеганием карбонатных пород						
8. Юрьев-Польский район [17, 28]						
Сумма акт. t = 1600–2200 КУ 1,33–1,0	Обширные плато, изрезаны густой овражно-балочной сетью. Северо-западный отрог Клиньско-Дмитровской гряды. Отметками — 200–235 м, на юго-востоке — 140–160 м.	Хвойно-широколиственные леса (сосна, лиственница, ель, дуб, ясень).	Лессовидные и покровные суглинки мощностью 2–2,5 м.	Зона дерново-подзолистых почв южной тайги.	Серые лесные почвы со вторым гумусовым горизонтом; светлосерые и серые лесные; дерново-подзолистые почвы. Пойменные и торфяно-болотные почвы занимают небольшую площадь района.	60 % территории района распахана. Мясное и молочно-скотоводство, коневодство. Выращивают зерновые культуры, кукурузу на силос.
V Эрозионно-платово-равнинный возвышенный округ						
9. Курско-Орловский район [29, 30]						
Сумма акт. t = 1600–2200 КУ > 1,33	Эрозионно-возвышенная (200–275 м), пологоволнистая равнина, пересеченная овражно-балочной сетью и речными долинами. Водораздельное плато с присестевыми и приводораздельными пологими и покатыми склонами.	Лесная зона представлена смешанными лесами (51,5%). Лесостепная — агрокультурными ландшафтами.	Лессовидные и частично покровные суглинки, пески и супеси.	Зона серых лесных почв листовенных лесов и серых лесных почв лесостепи.	Переходная зона от дерново-подзолистых почв в западной части к чернозёмным почвам в юго-восточной части. В западной части района преобладают светло-серые, серые и тёмно-серые лесные почвы с участками дерново-подзолистых почв. В центральной — чернозёмы оподзоленные и тёмно-серые лесные почвы. На юго-востоке — оподзоленные и выщелоченные чернозёмы.	Высокая сельскохозяйственная освоенность. Возделываются зерновые, технические и кормовые культуры.

Климат	Рельеф	Растительность	Почвообразующие породы	Почвенная зона	Состав почвенного покрова	С/х использование
10. Тульский район [31]						
Сумма акт. t = 1600—2200 КУ 1,33—1,0	Равнинно-холмистый рельеф с мелкими карстовыми формами. Значительная часть выше 200 м над ур. моря. Овражно-балочная сеть и многочисленные речные долины. Со стороны Оки по-степенное повышение (макс. 293 м над ур. моря).	Переходная зона от лесной растительности к степной. Смешанные сосново- и елово-широколиственные леса с участием ели, сосны, липы, дуба, клена остролиственного в пределах древней долины Оки (26,4%).	Лессы, лессовидные суглинки и глины, озерно-аллювиальные отложения.	Зона серых лесных почв лиственных лесов.	Дерново-подзолистые почвы распространены на северо-западе и западе, серые лесные почвы — на севере, северо-востоке, юго-западе; черноземы — на юге, юго-востоке, пойменные и болотные почвы — в долинах рек. Встречаются болотные и пойменные почвы.	Сельскохозяйственная освоенность района более 70 %. Мясопродуктивное животноводство, полное и садоводство. Зерновые, картофель, плодовые и ягодные культуры.
11. Окско-Цнинский район [18]						
Сумма акт. t = 1600—2200 КУ 1,33—1,0	Обширные «плоскостепные» с отметками 150—180 м, чередуются с широкими террасированными долинами, вытянутыми почти в меридиональном направлении.	Преимущественно смешанные леса, встречаются широколиственные, на легких породах — сосновые леса (63,3%).	Четвертичные отложения различного генезиса: ледниковые, водно-ледниковые, озерно-аллювиальные, подстилаемые различными по составу осадочными породами.	Зона серых лесных почв лиственных лесов.	Крупные массивы серых лесных почв, чередующиеся с дерново-подзолистыми почвами на древнеаллювиальных отложениях.	Выращивают зерновые и кормовые культуры при обязательном применении органических и минеральных удобрений.
12. Керинско-Чембарский район [32]						
Сумма акт. t = 1200—1600 КУ 1,0—0,77	Возвышенность; рельеф осложнен тектоническими валами, вытянутыми с севера на юго-восток (199 м. над ур. моря). Более 20 поднятий с отметками 260—287 м. Междуречья рек Вад, Буртас, Ворона — крутосклонные холмы, гряды, разделенные седловинами и балками.	В северной части района широколиственные (дубравы) и мелколиственные (березовые и березово-осиновые) леса (29,8%).	Переотложенные массы мелководного моренного материала, перемешанные с продуктами разрушения местных третичных пород. Лессовидные суглинки. В долинах рек — древнеаллювиальные отложения.	Зона оподзоленных, выщелоченных и типичных черноземов и серых лесных почв лесостепи.	Почвенный покров характеризуется сочетаниями выщелоченных и оподзоленных черноземов с участием различных подтипов серых лесных почв.	Маслинные и зерновые культуры, сахарная свекла, продукция овощеводства и картофеля. Животноводство специализируется на производстве продукции птицеводства, свиноводства и молочно-мясного скотоводства.

Климат	Рельеф	Растительность	Почвообразующие породы	Почвенная зона	Состав почвенного покрова	С/х использование
VI Окско-Донской равнинный округ						
13. Правобережный район [33, 34]						
Сумма акт. t =2200–2800 КУ 1,33–1,0	Преимущественно равнинный. Междуречья р. Прони и р. Пары пологовалистые с отметками 140–145 м, в южной части — рельеф почти плоский с отметками до 190 м.	В северной части — широколиственно-сосновые леса (сосна, ясень, дуб, липа). Возвышенные участки с сосной, в понижениях — еловые леса. Общая площадь лесов — 12,5%. В центральной и южной частях района преобладают агроценозы.	Лесовидные и покровные суглинки и глины. По долинным зандрам рек — водноледниковые пески и супеси, аллювиальные пески, органические отложения (торф, сапропель).	Зона серых лесных почв лесостепи и оподзоленных, и типичных черноземов.	В северной и восточной частях района — дерново-подзолистые почвы, в центральной части — серые лесные (светло-серые, серые и темно-серые) почвы. Черноземы (оподзоленные, выщелоченные и типичные) распространены в южной части района. Встречаются лугово-черноземные почвы.	Высокоразвитое сельское хозяйство. Озимые и яровые зерновые, технические (подсолнечник, сахарная свекла и др.).
14. Тамбовский район [35]						
Сумма акт. t =2200–2800 КУ 1,0–0,77	Пластовая низменная равнина с плейстоценовой поверхностью выравнивания (150 м над ур. моря). Речные долины, их водоразделы, а также балки и овраги.	Облесенность 22,6% территории. Широколиственные леса: дуб, липа. На песках — сосновые боры с можжевельником, сфагново-пушицевые болота. В степной зоне доминируют злаковые: коостер, мятлик, овсяница.	Лесовидные суглинки, подстилаемые днепровской морской на песчано-глинистых отложениях.	Зона оподзоленных, и выщелоченных, типичных черноземов и серых лесных почв лесостепи.	Выщелоченные и типичные черноземы, сочетающиеся с лугово-черноземными почвами, луговыми солонцами и солончакми. Под лесом формируются серые лесные почвы.	Земледельческая освоенность в северной части 47%, в южной — 72%, местами до 80% и более. Озимые и яровые зерновые, технические (подсолнечник, сахарная свекла и др.), плодово-ягодные и кормовые культуры.

Таблица 2

Состав почвенного покрова бассейна реки Оки (в % от общей площади почвенно-экологических районов) (софт aG)

Почвы	почвы													
	1 район	2 район	3 район	4 район	5 район	6 район	7 район	8 район	9 район	10 район	11 район	12 район	13 район	14 район
Черноземы оподзоленные	0,0	0,0	6,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,3	24,7	0,6	15,5	17,3	7,8
Черноземы типичные	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8
Черноземы выщелоченные	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,4	6,4	0,0	26,6	8,6	25,3
Дерново-подзолистые-глеевые	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Дерново-подзолистые (без разделения)	8,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	1,1	0,0	0,0
Дерново-подзолистые глубоко-глееватые и глееватые	4,0	9,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Дерново-подзолистые иллювиально-железистые	27,1	15,8	40,2	4,9	3,1	22,2	7,9	7,6	12,8	0,9	40,7	14,3	2,7	13,7
Дерново-подзолистые поверхностно-глееватые	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Дерново-подзолистые преимущественно мелко и неглубоко	3,1	9,8	21,7	58,7	12,8	0,0	56,3	8,3	11,6	3,0	16,5	4,7	0,0	7,4
Дерново-подзолистые преимущественно неглубоко подзолистые	7,6	4,5	0,1	30,4	69,5	11,9	18,3	29,0	1,8	0,0	14,4	0,0	0,0	0,0
Дерново-подзолистые со вторым осветленным горизонтом	0,0	3,7	0,0	0,0	0,0	0,0	3,8	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Лугово-черноземные	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,9	23,1
Лугово-черноземные выщелоченные	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,7	0,0	0,0	13,3	8,6
Подзолисто-глеевые торфянистые и торфяные	3,5	23,8	2,1	0,0	0,0	0,0	2,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Подзолистые иллювиально-железистые	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Подзолистые иллювиально-железистые и иллювиально-гумусовые	8,0	1,7	0,0	0,0	2,0	38,9	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Пойменные кислые	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	9,6	7,3	0,0	0,0	0,0	0,0
Пойменные слабокислые и нейтральные	16,4	10,7	13,3	1,8	9,3	15,7	1,1	2,7	0,0	0,0	8,9	6,7	8,7	9,8
Серые лесные	5,5	0,0	9,7	0,0	0,0	0,0	2,2	19,0	33,7	17,7	6,3	21,7	21,2	3,4
Светло-серые лесные	13,3	0,2	6,6	0,7	0,0	0,4	3,0	22,2	1,6	22,0	3,2	4,5	2,6	0,0
Темно-серые лесные	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,8	14,2	2,9	5,0	23,5	0,1
Торфяно- и торфяно-подзолисто глеевые	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Торфяные болотные низинные	0,0	7,3	0,0	1,6	1,0	7,7	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Торфяные болотные переходные	0,0	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Торфяные болотные верховые	0,0	11,0	0,0	1,8	2,3	0,0	0,2	0,4	0,0	0,0	3,6	0,0	0,0	0,0
Площадь района, км²	19593	25561	10993	4306	11689	3709	43049	11157	29149	17231	8430	23800	20346	16348

*Расчеты выполнены на основании Национального атласа почв России (2011) [17] и собственных исследований

Таблица 3

Морфометрические характеристики рельефа

Округ	Район	Средняя D, густота речной сети, км / км ²	Средний I, уклон реки, м / км	Средний R, коэффициент рельефа	Эрозионный потенциал
I. Низменный равнинно-зандровый	1. Муромский	0,33±0,09	1,63±1,27	3,95±2,15	5,92
	2. Мещерский	0,28±0,08	0,68±0,52	3,24±1,92	4,20
	3. Мокшинско-Окский	0,22±0,08	2,3±1,05	0,37±0,08	2,91
	4. Клязьминский	0,10	0,30	0,89	1,29
	5. Ивановский	0,14±0,04	0,63±0,40	1,17±1,08	1,95
II. Террасированный древнеаллювиальный	6. Горьковский	0,20±0,08	1,11±0,36	2,11±0,77	3,42
III. Покровно-моренно-равнинный возвышенный	7. Смоленско-Московский	0,31±0,09	1,79±1,31	4,48±3,38	6,58
IV. Покровно-моренно-равнинный округ с близким залеганием карбонатных пород	8. Юрьев-Польский	0,20±0,10	1,47±0,76	2,04±0,74	3,72
V. Эрозионно-пластово-равнинный возвышенный округ	9. Курско-Орловский	0,38±0,11	2,67±1,47	8,51±4,46	11,56
	10. Тульский	0,32±0,05	2,66±1,90	7,04±4,81	10,02
	11. Окско-Цнинский	0,36±0,14	1,29±0,59	2,93±1,54	4,59
	12. Керинско-Чембарский	0,26±0,21	2,27±1,20	3,37±2,37	5,90
VI. Окско-Донской равнинный	13. Правобережный	0,32±0,08	1,37±0,68	3,23±2,23	4,92
	14. Тамбовский	0,05	0,23	0,67	0,95

Таблица 4

Динамика структуры землепользования Окского бассейна

Округ	Район	Год	Структура землепользования, %					
			леса	пастбища	пашни	болота	селищные	вода
I. Низменный равнинно-зандровый	1. Муромский	2001	53,7	4,4	39,4	0,1	1,0	1,3
		2015	56,8	2,0	38,2	0,2	1,5	1,3
	2. Мещерский	2001	70,1	3,8	22,4	0,6	2,0	1,1
		2015	69,2	2,8	23,4	0,7	2,7	1,1
	3. Мокшинско-Окский	2001	47,1	10,1	41,8	0,1	0,4	0,5
		2015	48,5	8,4	41,8	0,2	0,6	0,5
	4. Клязьминский	2001	56,0	8,3	35,1	0,1	0,1	0,4
		2015	63,3	3,9	32,0	0,1	0,3	0,4
	5. Ивановский	2001	59,7	6,8	31,4	0,3	1,2	0,7
		2015	65,7	2,6	29,1	0,4	1,6	0,7
	6. Горьковский	2001	70,9	4,0	13,6	4,3	4,3	2,9
		2015	63,4	3,8	14,9	9,9	5,1	2,9
III. Покровно-моренно-равнинный возвышенный	7. Смоленско-Московский	2001	55,5	5,3	35,0	0,2	3,5	0,6
		2015	57,9	3,2	33,6	0,2	4,5	0,6
IV. Покровно-моренно-равнинный округ с близким залеганием карбонатных пород	8. Юрьев-Польский	2001	49,4	3,9	45,2	0,1	0,9	0,6
		2015	51,6	2,4	43,9	0,1	1,4	0,6
V. Эрозионно-пластово-равнинный возвышенный округ	9. Курско-Орловский	2001	23,6	2,8	72,9	0,0	0,6	0,2
		2015	26,4	1,0	71,6	0,0	0,8	0,2
	10. Тульский	2001	15,4	1,4	81,0	0,1	1,6	0,5
		2015	17,2	0,5	79,6	0,1	2,1	0,5
	11. Окско-Цнинский	2001	59,2	5,7	33,5	0,2	0,3	1,0
		2015	63,3	3,7	31,2	0,3	0,5	1,0
	12. Керинско-Чембарский	2001	28,2	2,4	69,0	0,0	0,3	0,1
		2015	29,8	1,8	67,9	0,0	0,3	0,1
VI. Окско-Донской равнинный	13. Правобережный	2001	10,5	1,7	86,4	0,0	0,8	0,6
		2015	12,5	1,3	84,3	0,0	1,3	0,6
	14. Тамбовский	2001	22,7	3,0	73,3	0,0	0,7	0,3
		2015	22,6	2,7	73,3	0,0	0,9	0,4

районов. Максимальные значения получены для Курско-Орловского эрозионно-пластово-равнинного возвышенного и Тульского эрозионно-пластово-равнинного возвышенного.

Одновременно для характеристики хозяйственных процессов в границах бассейна был проведен анализ структуры землепользования, на основании которого выявлены районы с доминирующим типом использования земель: лес, пастбищно-пахотные угодья, а также районы с примерно одинаковым распределением категорий земель (табл. 4).

Информация об особенностях структуры земельных угодий почвенно-экологических районов бассейна может служить основой для экологически сбалансированного размещения сельского и лесного хозяйства. Показано, что Муромский, Мокшинско-Окский и Клязьминский районы низменно равнинно-зандрового округа, Смоленско-Московский и Юрьев-Польский районы покровно-моренно-возвышенного и равнинного округов соответственно являются территориями с равномерным распределением различных категорий земель. В данных районах процент лесных земель варьирует в пределах 47–63%, пахотных земель — 32–45%, пастбищных земель — 2–10%. Мещерский и Ивановский районы низменно равнинно-зандрового округа, Горьковский древнеаллювиально-низменно-равнинный район второго округа и Окско-Цнинский эрозионно-пластово-равнинный возвышенный район пятого округа отличаются значительным количеством лесных земель (59–71%) и невысоким пастбищно-пахотных земель (13–33%) в структуре землепользования, процент пастбищных земель составляет лишь 2–7%. Районы Курско-Орловский, Тульский и Керинско-Чембарский эрозионно-пластово-равнинного возвышенного округа, а также Правобережный и Тамбовский районы Окско-Донского равнинного округа являются территориями с преобладающим количеством пастбищно-пахотных угодий и минимальным количеством лесных земель в структуре землепользования. Процент пахотных земель в данных районах находится в интервале 68–86%, лесных — 10–30%, пастбищных — 1–3%.

Выявлены районы, для которых характерна максимальная положительная динамика лесных земель: это Клязьминский низменный равнинно-зандровый и Ивановский районы первого округа, прирост лесных земель в которых составил 7,3–6,0%; Мокшинско-Окский район низменного равнинно-зандрового первого округа и Тамбовский район Окско-Донского равнинного округа, в которых отмечена почти нулевая динамикой лесных земель. При этом для Мокшинско-Окского района характерен небольшой рост лесов (1,4%), а для Тамбовского района отмечена небольшая убыль лесов (0,9%). Максимальная отрицательная

динамика лесов (убыль на 7,5%) характерна для единственного Горьковского древнеаллювиально-низменно-равнинного района второго округа. В оставшихся районах наблюдается небольшая положительная динамика лесов от 1,6% до 4,1%. Для пахотных земель практически всех районов характерна отрицательная динамика: наиболее значимая отрицательная динамика (-3,1%) наблюдается в Клязьминском низменном равнинно-зандровом районе первого округа и в Окско-Цнинском эрозионно-пластово-равнинном возвышенном районе пятого округа (-2,3%). Нулевая динамика пашен зафиксирована в Мокшинско-Окском районе первого округа и Тамбовском районе шестого округа. Выявлена небольшая положительная динамика пашен (рост на 1,3%) в Горьковском районе второго округа. Для пастбищных угодий всех районов характерна отрицательная динамика различная по величине (-0,2%–4,4%), кроме Правобережного района шестого округа, где зафиксирован прирост пастбищ на 0,4%. Для болотных земель во всех районах зафиксирована либо нулевая, либо небольшая положительная динамика, за исключением Горьковского района второго округа, в котором отмечено увеличение площади болот на 6%. Для искусственных поверхностей зафиксирован небольшой рост площади, в различных районах от 0,2 до 1%. В целом структура землепользования бассейна р. Ока сбалансирована по составу различных земель: 40% занято землями под лесами, 50% — пахотные угодья. Выявлена положительная динамика лесных земель (на 1,9%) и отрицательная динамика пастбищно-пахотных земель (от -1 до -1,5%).

Выявленное небольшое увеличение площадей лесных земель (на 1,9%) и сокращение пастбищно-пахотных земель (от -1 до -1,5%) говорит о том, что в границах бассейна за 14 лет не произошло резкой смены структуры земельных угодий. Сбалансированность антропогенной нагрузки позволяет сохранять процентное соотношение между землями под лесами (40%) и пахотными угодьями (50%), что обеспечивает устойчивую взаимосвязь природных и хозяйственных процессов.

Заключение

Почвенно-экологическое районирование Окского бассейна может служить основой для научно обоснованного использования природного потенциала территории, что позволит разрабатывать подбор систем земледелия с учетом специфики территории, прогнозировать развитие ландшафтов с учетом региональной специфики почвенного покрова. Округа и районы на территории Окского бассейна названы почвенно-экологическими, так как установление границ в них связано с экологическими факторами, а также оценкой почвенного покрова и типом землепользования. Выделенные округа сочетаются с основными типами морфо-

динамических структур, включая возвышенности, низменности. Границы районов являются динамичной величиной, отражающей современное состояние изучаемой территории, как-то состав почвенного покрова, эрозионный потенциал, сельскохозяйственное использование. Проведенный на основе почвенно-экологического районирования бассейна реки Оки анализ землепользования бассейна показывает динамику пастбищно-пахот-

ных земель, что дает возможность разрабатывать пути повышения их эффективности и рационального использования.

Исследование выполнено в рамках госзадания МГУ имени М.В. Ломоносова 121040800147–0, регионального гранта Российского научного фонда № 22–27–20127, <https://rscf.ru/project/22–27–20127/> и Владимирской области

Литература

- Добровольский Г. В., Никитин Е. Д. Экологические функции почв. — М.: Изд-во МГУ, 1986. — 136 с.
- Антонова Ж. А. Почвенно-экологическое районирование Ульяновской области // *Агро XXI*, 2011. № 1–3. — С. 46–47.
- Белозерцева И. А., Доржготов Д. Д., Энхтайван Д. Д., Сороковой А. А. Почвенно-экологическое районирование трансграничной территории России и Монголии // *Современные проблемы науки и образования*, 2015. № 2–2.
- Карта почвенно-экологического районирования Восточно-Европейской равнины / Под ред. Г. В. Добровольского, И. С. Урусевской. М-б 1:2 500 000. — М.: МГУ, 1997.
- Кузьмин В. А. Почвенно-экологическое районирование Иркутской области // *Почвоведение*, 2002. № 12. — С. 1436–1444.
- Национальный Атлас почв Российской Федерации / Под ред. чл.-корр. РАН С. А. Шобы. — М.: Астрель, АСТ, 2011. — 632 с.
- Урусевская И. С., Алябина И. О., Шоба С. А. Карта почвенно-экологического районирования Российской Федерации. Масштаб 1:8 000 000. Пояснительный текст и легенда к карте: Учебное пособие / Отв. ред. И. С. Урусевская. — М.: 2020. — 100 с.
- Корытный Л. М. Бассейновая концепция в природопользовании. — Иркутск: ИГ СО РАН, 2001. — 161 с.
- Литинский П. Ю. Пространственно-временная модель наземных экосистем водосбора онежского озера // *Тр. Карельского НЦ РАН*, 2018. № 3. — С. 94–106.
- Мажайский Ю. А., Гусева Т. М. Тяжелые металлы в экосистемах водосборов малых рек. — М., 2004.
- Трифонов Т. А., Мищенко Н. В., Петросян Ж. Д. Анализ динамики почвенно-продукционного потенциала экосистем речных бассейнов по данным дистанционного зондирования // *Почвоведение*, 2020. № 2. — С. 152–164.
- Экологический атлас бассейна реки Клязьма: Человек в окружающей среде (Под ред. Трифоновой Т. А.) / Т. А. Трифонова, Р. В. Репкин, В. В. Романов и др. — Владимир: Изд-во ВГУ, 2018. — 312 с.
- Чанышев И. О. Почвенно-экологические основы оптимизации землепользования в Республике Башкортостан: дисс. ... д.с.-х.н. 06.01.03, 06.01.01 — Барнаул, 2009. — 275 с.
- Varalakshmi V. Morphometric analysis of the Catchments of Himayatsagar and Osmansagar Reservoirs // *Hyderabad. Engineering and Scientific International J. (ESIJ)*, 2015. V.2. — P. 4–8.
- Waikar M. L. and Aditya P. Nilawar. Morphometric Analysis of a Drainage Basin Using Geographical Information System: A Case study, // *International J. of Multidisciplinary and Current Research*, 2014. V.2. — P. 179–184.
- Yun Chen, Jianyao Chen, Emmanuel Xevi, Mobin-ud-Din Ahmad, Glen Walker. GIS-based Spatial Hydrological Zoning for Sustainable Water Management of Irrigation Areas. International Environmental Modeling and Software Society (iEMSs), International Congress on Environmental Modeling and Software Modeling for Environment's Sake, Fifth Biennial Meeting. Ottawa, 2010. — P. 1–9.
- Романов В. В. Ландшафты Владимирской области: уч. пособие. — Владимир, 2013. — С. 136.
- Шишкина Н. Г., Востокова Л. Б., Балабко П. Н., Лукьянова Н. Н. Почвенно-географическое районирование и бонитировка почв Владимирской области // *Лесной вестник*, 2001. № 1. — С. 55–62.
- Мищенко Н. В., Трифонова Т. А., Шоба С. А. Почвенно-продукционный потенциал малых речных бассейнов // *Вестник Моск. университета. Сер. 17: Почвоведение*, 2009. № 4. — С. 26–30.
- Природа Горьковской области. — Горький, 1972. — 416 с.
- Новичкова Д. Д., Марков Д. С. Геоэкологическая характеристика почвенного покрова Ивановской области // *Успехи современного естествознания*, 2011. № 7. — С. 28–29.
- Сластенов Ю. Л. Геология Ивановской области. — Шуя: ШГПУ, 2010. — 135 с.
- Анненская Г. Н., Жучкова В. К., Мамай И. И., Низовцев В. А., Пучкова Э. И., Хрусталева М. А. Ландшафты Московской области // *Вестник Моск. ун-та. Сер. географ.*, 1987. № 2. — С. 45–46.
- Асеев А. А., Введенская И. Э. Развитие рельефа Мещерской низменности. — М.: Изд-во АН СССР, 1962. — 128 с.
- Белая Н. И., Дубинин Е. П., Ушаков С. А. Геологическое строение Московского региона. Геологические практики. — М.: Изд-во МГУ, 2001. — 104 с.
- Казакова Н. М. Основные черты рельефа Московской области // *Матер. по физгеографии СССР. Очерки природы Подмоскovie* // *Тр. ИГ АН СССР*. — М.: Изд-во АН СССР, 1957. — С. 5–14.
- Трифонов Т. А., Быкова Е. П., Мищенко Н. В. и др. Почвенный покров Окского бассейна на границе контакта южной тайги и лесостепи // *Экология речных бассейнов: Труды 10-й Междунар. науч.-практ. конф.* / Под общ. ред. проф. Т. А. Трифоновой. — Владимир: ВГУ, 2021. — С. 157–164.
- Путеводитель научных полевых экскурсий III съезда Докучаевского общества почвоведов / Под ред. Герасимовой М. И., Макеева А. О., Шеина Е. В. — М.: «АгроВестник», 2000. — 119 с.
- Иванеха Т. Л., Студенников Н. А. Состояние почв в хозяйствах Орловской области и меры государственной поддержки плодородия почв // *Вестник сельского развития и социальной политики*, 2017. № 4 (16). — С. 40–43.
- Михно В. Б., Бережной А. В., Бевз В. Н. и др. Принципы и методы ландшафтно-экологического районирования Центрально-Черноземных областей // *Вестн. Воронеж. отд. РГО*, 1999. Т. 1. Вып. 2. — С. 1–9.

31. Доклад о состоянии и использовании земель в Тульской области в 2019 году. URL: <http://rosreestr.gov.ru>.
32. Дюкова Г. Р. Особенности почвообразования, распространения и динамики основных типов почв Пензенской области // Известия ПГПУ, 2007. №5 (9). — С. 5–16.
33. Виноградов Д. В., Гусев В. И., Кузнецов Н. П., Степура Е. Е., Синиговец М. Е. Деграционные процессы почв и земельных угодий Рязанской области // Агроэкоинфо, 2013. №2. — С. 3–10.
34. Природа Рязанской области / Под ред. В. А. Кривцова. — Рязань: РГУ, 2008. — 406 с.
35. Юмашев Н. П., Трунов И. А. Почвы Тамбовской области. — Мичуринск: МГАУ, 2006. — 216 с.
36. Трифонова Т. А. Развитие бассейнового подхода в почвенных и экологических исследованиях // Почвоведение, 2005. №9. — С. 1054–1061.
37. Трифонова Т. А., Мищенко Н. В., Будаков Д. А. Использование геоинформационных технологий в почвенно-экологических исследованиях // Почвоведение, 2007. №1. — С. 23–30.

Сведения об авторах:

Трифорова Татьяна Анатольевна, д.б.н., проф. факультета почвоведения МГУ имени М. В. Ломоносова; e-mail: tatrifon@mail.ru.

Быкова Елена Пименовна, к.б.н., с.н.с. факультета почвоведения МГУ; e-mail: elebyk2008@rambler.ru.

Орешникова Наталья Владимировна, к.б.н., доцент факультета почвоведения МГУ; e-mail: oreshinka@list.ru.

Мищенко Наталья Владимировна, д.б.н., проф. Владимирского государственного университета им. А. Г. и Н. Г. Столетовых; e-mail: natmich3@mail.ru.

Матекина Нина Петровна, научный сотрудник факультета почвоведения МГУ; e-mail: matekina1949@yandex.ru.

Шутов Павел Сергеевич, эколог, ВГУ им. А. Г. и Н. Г. Столетовых; e-mail: pav.shutov59@mail.ru.

Короткие сообщения

Ввод сельхозземель в оборот

20 сентября на заседании Госдумы принят в первом чтении законопроект, вносящий изменения в ФЗ «Об обороте земель сельскохозяйственного назначения» и отдельные законодательные акты РФ».

Законопроект позволит ускорить ввод в оборот земельных участков сельскохозяйственного назначения, которые используются не по назначению или с нарушениями требований земельного законодательства. Документ, внесенный Правительством РФ, запрещает недобросовестным собственникам переоформлять земли сельскохозяйственного назначения на других лиц или передавать в залог. Также уточняется механизм, регулирующий порядок продажи подобных участков на публичных торгах, и сокращается срок, по истечении которого они должны быть проведены.

По данным Россельхознадзора за 2020–2021 гг. было выявлено 11 722 земельных участков, которые не используются по целевому назначению или используются с нарушением требований земельного законодательства РФ. Как отметил на заседании Комитета Госдумы по аграрным вопросам замглавы Минсельхоза России Иван Лебедев, существующая процедура изъятия сельхозземель у недобросовестных владельцев несовершенно — они используют механизм передачи прав собственности или аренды, и процедура должна проходить заново, а срок изъятия по действующей процедуре составляет 3 года. Такой лазейкой, по данным Россельхознадзора, воспользовались правообладатели почти 2 тысяч земельных участков. Это негативно отражается на эффективности использования земель сельскохозяйственного назначения и тех мерах, которые принимаются государством по вовлечению в оборот заброшенных сельхозземель.

Законопроектом предусматриваются следующие ключевые положения: 1) возможность фиксации Россельхознадзором факта неиспользования земельного участка в течение 3 и более лет на момент проведения проверки; 2) Россельхознадзор наделяется правом заблокировать в Росреестре возможность изменения сведений о правообладателе земельных участков, в отношении которых выявлены нарушения, и правообладатели которых не устранили эти нарушения в установленный выданным предписанием срок. И тех пор, пока нарушитель не устранил нарушения, либо не понесет наказание, а земельный участок не будет принудительно у него изъят, он не сможет им распорядиться; 3) в 2 раза (до 15 дней) сокращаются сроки принятия решений о приобретении изымаемых земельных участков в собственность муниципалитетов или субъектов РФ.

Представляя к принятию в первом чтении законопроект, председатель Комитета Госдумы по аграрным вопросам Владимир Кашин в своем выступлении обратил внимание на то, что в рамках дальнейшей работы с законопроектом должен быть рассмотрен ряд предложений, усиливающих предложенные законодательной инициативой правовые конструкции. Так, актуальным является вопрос введения приоритетного права приобретения принудительно изымаемого земельного участка из земель сельскохозяйственного назначения правообладателями соседних земельных участков по упрощенной процедуре, обеспечит сокращение количества земельных участков, контуры которых характеризуются черезполосицей. Также Владимир Кашин предложил рассмотреть вопрос о привлечении к работе по выявлению таких земельных участков органов муниципального земконтроля, а также общественных инспекторов.

Кроме этого, глава аграрного Комитета ГД обратил внимание на необходимость совершенствования правоприменительной практики вовлечения в сельхозоборот земель через отмену противоречащих этой концепции подзаконных актов, и в первую очередь на необходимости отмены Постановления Правительства РФ от 21 сентября 2020 г. № 1509, предоставляющего право выращивать леса на землях сельскохозяйственного назначения.

Аграрный центр МГУ

Агроландшафты

УДК 621.42

Кадастровая стоимость земель агроландшафтов европейской территории арктической зоны России, севера Сибири и Дальнего Востока

*П.М. Сапожников, д.с.-х.н., проф., С.Е. Зубарева, Н.И. Данилова
Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова*

Кадастровая стоимость агроландшафтов арктической зоны России рассчитывается по сенокосам и пастбищам, исходя из нормативной урожайности однолетних и многолетних трав. Показан диапазон изменения кадастровой стоимости агроландшафтов Архангельской и Мурманской областей, Республики Коми, Красноярского и Камчатского краев, Республики Саха (Якутия), Сахалинской области. Наибольшие значения кадастровой стоимости на европейской территории России характерны для дерново-карбонатных и аллювиальных почв, а для территории Сибири и Дальнего Востока — для бурых лесных и аллювиальных почв. Составлена карта кадастровой стоимости земель северных территорий России.

Ключевые слова: агроландшафты арктической зоны России, максимальные и минимальные показатели удельных показателей кадастровой стоимости, карта кадастровой стоимости.

Введение

Важная роль в продовольственном обеспечении населения северных и арктических территорий принадлежит сельскому и промысловому хозяйству, которое имеет многовековую историю. Оно развивалось вместе с освоением территории. Его специализация сформировалась под влиянием природных условий, географического положения, исторических и социально-экономических факторов на производстве малотранспортабельной и скоропортящейся продукции, а также продукции традиционных отраслей [1].

В начале XX в. возможность северного земледелия доказал основатель сельскохозяйственной науки на Европейском Севере России А. В. Журавский. В 1911 г. распоряжением Департамента земледелия России в Усть-Цильме была открыта Печорская сельскохозяйственная опытная станция. Её основателем и первым директором стал А. В. Журавский. Он убедительно доказал, что «не климат удерживал Печорское сельскохозяйственное развитие, а условия, ничего общего с климатом не имеющие. И недалеко, надеемся, то время, когда приполярное изобилие света будет использовано на благополучие России...». Целесообразность

«осеверения» земледелия обосновывали также Н. И. Вавилов, Д. Н. Прянишников и др. ученые.

Производимая агропредприятиями и фермерскими хозяйствами Севера продукция (за исключением продукции традиционных отраслей) в силу суровых климатических условий и отсталости технико-технологической базы производства оказалась более дорогой, неспособной конкурировать с аналогичной продукцией, завозимой из-за рубежа или более южных районов России. Это позволило экономическому блоку правительства страны, ряду региональных руководителей озвучить и проводить курс на сворачивание сельхозпроизводства на северных территориях.

Однако неправомерно подходить к развитию местного агропроизводства с позиции «хорошо все, что приносит прибыль, а от всего, что ее не приносит, следует избавляться». Домыслы о неконкурентоспособности и сворачивании северного сельского хозяйства обернутся колоссальными госрасходами для занятости коренных народов несельскохозяйственными видами деятельности. Ликвидация северного села — не только процесс болезненный и затратный, но и ослабляющий национальную безопасность. Разумеется, ведение

сельхозпроизводства в условиях Севера связано с большими затратами и сопряжено с высокой долей риска. Здесь существенные северные надбавки к заработной плате, выше затраты на обогрев производственных помещений, борьбу с ранними заморозками, уход за культурными растениями, зимовку скота и т. д. Этим прежде всего объясняется более высокий уровень себестоимости продукции в сравнении с другими регионами. И чем севернее расположены сельхозтоваропроизводители, тем выше показатели себестоимости аграрной продукции.

Однако нельзя судить о конкурентоспособности сельского хозяйства на Севере по одному критерию — затратности производства. К конкурентным возможностям северного земледелия относятся: продолжительность светового дня в период вегетации, хорошая обеспеченность влагой, значительные массивы естественных лугов в поймах рек, возможность производства экологически безопасной продукции. Объективные предпосылки развития аграрного сектора Российского Севера обусловлены обеспечением проживающего здесь населения свежими биологически полноценными продуктами питания, решением социальных проблем коренных жителей, устойчивым развитием сельских территорий, обеспечением продовольственного суверенитета страны [2].

Из зарубежного северного опыта для России интерес представляет история развития сельского хозяйства Скандинавии, и прежде всего Финляндии, ориентированная на сочетание растениеводства и животноводства, на позитивное воздействие аграрного производства на сельский социум.

Государственная кадастровая оценка земель является неотъемлемой процедурой для успешного функционирования системы земельных отношений нашей страны. В первую очередь, определение кадастровой стоимости необходимо для налогообложения и вычисления арендной платы. Источником информации для вычисления кадастровой стоимости земель сельскохозяйственного назначения являются характеристики качества почв. Эти данные базируются на материалах крупномасштабных почвенных исследований, проведенных во всех субъектах РФ в середине 90-х гг. прошлого века. От характеристики качества почв (содержание гумуса, мощности гумусового горизонта, содержание физической глины, негативных факторов, влияющих на плодородие почв) зависит величина кадастровой стоимости, и, как следствие, налог на сельскохозяйственные земли, который является местным налогом и остается в субъекте РФ [3]. Почвы, находящиеся в различных агроклиматических условиях, в различных элементах ландшафта будут дифференцированы по кадастровой стоимости, и изучение характера такой дифференциации является весьма актуальной задачей, имеющей экономическую значимость.

Целью работы является определение кадастровой стоимости арктической зоны европейской части России, севера Сибири и Дальнего Востока.

Актуальность данных исследований заключается в необходимости анализа налоговых поступлений, расчета арендной платы, выделения особо ценных сельскохозяйственных угодий для развития сельского хозяйства в связи с современными тенденциями освоения северных территорий России.

Объектами исследования являлись арктические территории севера европейской территории России — Архангельская, Мурманская области, республики Коми, а также северные территории Сибири и Дальнего Востока — Красноярский край, республика Саха (Якутия), Камчатский край и Сахалинская область.

Общая площадь земельных угодий исследуемых северных территорий европейской части РФ приблизительно составляет 1148 тысяч км². Наибольшая площадь сельхозугодий в Архангельской области — 727,1 тыс. га, наименьшая — в Мурманской области — 25,6 тыс. га. В республике Коми — 418,1 тыс. га. Однако площадь пашни занимает в Мурманской области 76,5%, в Архангельской области 42%, а в Коми — 24,5% [3]. Для территории Красноярского края мы не смогли вычленить только северные территории, поскольку в Национальном докладе представлена информация по всему Красноярскому краю, включающая и южные территории, представленными высокоплодородными почвами. На Дальнем Востоке площадь сельхозземель северных территорий незначительна, в Якутии площадь пашни — 105 тыс. га, сенокосов — 720 тыс. га, пастбищ — 795 тыс. га. В Камчатском крае площадь пашни составляет 64 тыс. га, сенокосов — 97 тыс. га, а пастбищ — 398 тыс. га. В Сахалинской области площадь пашни — 51 тыс. га, сенокосов 67 тыс. га, а пастбищ — 60 тыс. га. Таким образом, преимущественное использование земель сельхозназначения в Якутии и Камчатском крае — под пастбища, а в Сахалинской области — под сенокосы.

Результаты работ. Для определения удельных показателей кадастровой стоимости была рассчитана нормативная урожайность сельхозкультур. Выращивание большинства сельхозкультур в данных экстремальных условиях является не рентабельным, затраты на их возделывание превышают валовый доход. Нормативная урожайность определялась только для многолетних трав и оценка, расчет удельного показателя кадастровой стоимости (УПКС) проводился только по сенокосам или пастбищам.

Рассчитанные значения УПКС различаются в зависимости от свойств конкретной почвы. Для почв Архангельской области наибольшие значения УПКС (3,3 руб./м²) оказались у дерново-карбонатных почв, а наименьшие (0,04 руб./м²) — у подзолистой почвы (табл. 1). Аналогичные данные были получены для агроландшафтов Северо-Западного региона [4].

Характеристика почв и кадастровая стоимость земель Архангельской области и Республики Коми

Муниципальный район	Почва	Гумус, %	Мощность, см	Физ. глина, %	Агроклиматический потенциал	Негативы	УПКСЗ, руб. /м²	Площадь, га
Архангельская область								
Вельский	Дерново-подзолистая	3	20	20	5,3	26,34	0,2	53383
	Дерново-карбонатная	8,5	18	23	5,3	27,30	0,18	13143
	Аллювиальная	2,4	18	26	5,3	-	0,21	13818
Вилегодский	Дерново-подзолистая	1,6	19	19	5,3	26	0,18	28527
	Дерново-глеевая	14	22	34	5,3	27,30	0,49	2812
	Аллювиальная	2,6	20	27	5,3	-	0,28	9590
Виноградовский	Дерново-подзолистая	2,6	22	25	5,3	26	0,21	8679
	Аллювиальная	2	16	27	5,3	-	0,21	16718
Каргопольский	Дерново-подзолистая	2,3	26	19	5,3	26,36	0,22	16538
	Дерново-карбонатная	3,6	22	31	5,3	55	0,66	54513
	Болотная	0	0	0	5,3	49,98	0,16	24778
	Аллювиальная	4,3	19	25	5,3	-	0,3	3069
Коношский	Дерново-подзолистая	1,9	25	19	5,3	26	0,19	15891
	Дерново-глеевая	15	21	33	5,3	27,30	0,66	2308
	Болотная	0	0	0	5,3	49,97	0,1	3255
	Аллювиальная	3,1	17	23	5,3	-	0,27	908
Красноборский	Дерново-подзолистая	2,1	26	22	5,3	26	0,23	17528
	Дерново-глеевая	12,5	23	32	5,3	27,30	0,93	3905
	Аллювиальная	2	20	26	5,3	-	0,27	33116
Плесецкий	Дерново-подзолистая	2,3	22	21	5,3/4,7	26,36	0,23	94839
	Дерново-глеевая	20	24	33	5,3/4,7	2	0,23	6544
	Болотная	0	0	0	5,3/4,7	49,97	0,1	6341
	Аллювиальная	3,4	16	23	5,3/4,7	-	0,26	5137
Устьянский	Дерново-подзолистая	1,8	24	27	5,3	26	0,25	54305
	Дерново-карбонатная	2,6	21	44	5,3	36	1,3	6198
	Дерново-глеевая	12	21	39	5,3	27,30	0,32	8956
	Аллювиальная	2,5	19	26	5,3	-	0,27	8060
Холмогорский	Дерново-подзолистая	2,7	16	21	4,7	-	0,17	453
Шенкурский	Дерново-подзолистая	2,2	23	23	5,3	26	0,22	20206
	Дерново-глеевая	3,5	18	26	5,3	30	0,33	1252
	Болотная	0	0	0	5,3	49,97	0,1	711
	Аллювиальная	2,6	20	26	5,3	-	0,28	18372
Республика Коми								
Прилузский	Дерново-подзолистая	2	25	22	5,3	26	0,42	19452
	Аллювиальная	2,8	22	30	5,3	-	0,54	13128
Кайгородский	Дерново-подзолистая	2	25	19	5,3	26	0,41	3387
	Аллювиальная	2,8	27	26	5,3	-	0,55	4811
Сысольский	Дерново-подзолистая	1,8	24	19	5	26	0,38	17465
	Аллювиальная	2,7	16	22	5	-	0,49	15535
Сыктывдинский	Дерново-подзолистая	1,9	24	20	5	26	0,38	10137
	Болотная	0	0	0	5	49,97	0,51	1017
	Аллювиальная	2,4	26	22	5	-	0,34	22410
г. Сыктывкар	Дерново-подзолистая	1,9	25	19	5	-	0,46	1595
	Аллювиальная	2,3	18	21	5	-	0,34	3941
Корткеросский	Дерново-подзолистая	2,2	25	16	5	26	0,37	8695
	Аллювиальная	2,7	20	25	5	-	0,39	26889
Усть-Куломский	Дерново-подзолистая	1,9	24	23	5	26	0,38	11152
	Болотная	0	0	0	5	49,97	0,65	1497
	Аллювиальная	2,4	27	22	5	-	0,39	25589

Муниципальный район	Почва	Гумус, %	Мощность, см	Физ. глина, %	Агроклиматический потенциал	Негативы	УПКСЗ, руб. /м ²	Площадь, га
Усть-Вымский	Дерново-подзолистая	2,6	26	16	5	26	0,35	5550
	Аллювиальная	2,6	22	30	5	-	0,42	14264
Удорский	Дерново-подзолистая	1,7	23	30	4,7	-	0,38	1145
	Дерново-карбонатная	3,4	24	32	4,7	-	1,11	211
	Аллювиальная	2,1	22	30	4,7	-	0,4	18262
Княжепогостский	Дерново-подзолистая	2,3	26	16	4,7	26	0,37	4103
	Болотная	0	0	0	4,7	49,98	0,38	518
	Аллювиальная	2,4	21	28	4,7	-	0,45	5767
Троицко-Печорский	Дерново-подзолистая	2,1	25	20	4,3	-	0,39	656
	Аллювиальная	1,9	22	21	4,3	-	0,33	7324
г. Печора	Дерново-подзолистая	2,3	23	12	3,4	26	0,24	2805
	Аллювиальная	2,1	25	21	3,4	-	0,34	16669
Усть-Цилемский	Дерново-подзолистая	3	22	22	3,4	26	0,32	2290
	Аллювиальная	2,7	24	27	3,4	-	0,38	20139
Ижемский	Дерново-подзолистая	3,2	24	17	3,4	26	0,35	3283
	Аллювиальная	2,5	23	25	3,4	-	0,38	20658
г. Усинск	Дерново-подзолистая	1,5	16	11	3,4	26	0,17	1130
	Аллювиальная	1,6	20	24	3,4	-	0,31	34682
г. Вуктыл	Дерново-подзолистая	1,9	20	12	4,3	-	0,18	363
	Аллювиальная	2,3	18	21	4,3	-	0,38	4406
г. Сосногорск	Дерново-подзолистая	2,7	22	17	4,3	-	0,32	194
	Аллювиальная	2,9	27	29	4,3	-	0,46	730

Таблица 2

Характеристика и кадастровая стоимость почв Мурманской области

Почва	Гумус, %	Мощность, см	Физическая глина, %	АП	УПКСЗ, руб. /м ²
Дерново-подзолистые	4,6	22	35	3,2	2,8
Дерново-подзолистые	4,8	22	31	3,2	2,8
Дерново-подзолистые	4,6	22	8	3,2	0,1
Дерново-подзолистые	5	22	8	3,2	0,1
Дерново-подзолистые	5,9	22	24	3,2	2,1
Торфяные болотные переходные	1	1	1	3,2	0,6
Аллюв. дерн. кислые слоистые	3,6	30	4	4	0,1

Для Коми расчет кадастровой стоимости проводился только по сенокосам. Наибольшие значения УПКС (1,1 руб./м²) оказались у дерново-карбонатных выщелоченных и аллювиально-влажно-луговых кислых почв, а наименьшие (0,1 руб./м²) — у аллювиальных дерновых кислых песчаных почв, а также у дерново-подзолистых супесчаных почв. Стоимость пойменных почв находится в диапазоне 0,1–1,2 руб./м², болотных почв — 0,4–0,7 руб./м², дерново-подзолистых — 0,1–0,5 руб./м² (см. табл. 1).

Для Мурманской области значения УПКС варьируют от 0,1 руб./м² для дерново-подзолистых почв на песках до 2,8 руб./м² для дерново-подзолистых суглинистых почв (табл. 2). Похожий диапазон кадастровой стоимости различных почв получен для почв Иркутской области [6].

На рис. 1 (см. вклейку) представлен разброс значений УПКСЗ для почв Архангельской и Мур-

манской областей и республики Коми. В выборку попали почвы, общие для трех регионов — дерново-подзолистые, дерново-карбонатные, торфяные, дерново-перегнойно-глеевые, аллювиальные и подзолистые.

Исходя из полученной диаграммы, наибольшим показателем кадастровой стоимости (3,3 руб./м²) обладают дерново-карбонатные почвы, а именно дерново-карбонатная типичная с содержанием гумуса более 4 %, мощностью гумусового горизонта около 20 см и процентом физической глины равным 47. Подстилающая порода — водопроницаемые суглинки и глины, подстилаемые на глубине 0,5–1 м плотным слабо-водопроницаемыми суглинками и глинами.

Также следует отметить, что для этой почвы не было выявлено негативных свойств, что также способствовало получению такого высокого результата. По медианному значению — 0,8 руб./

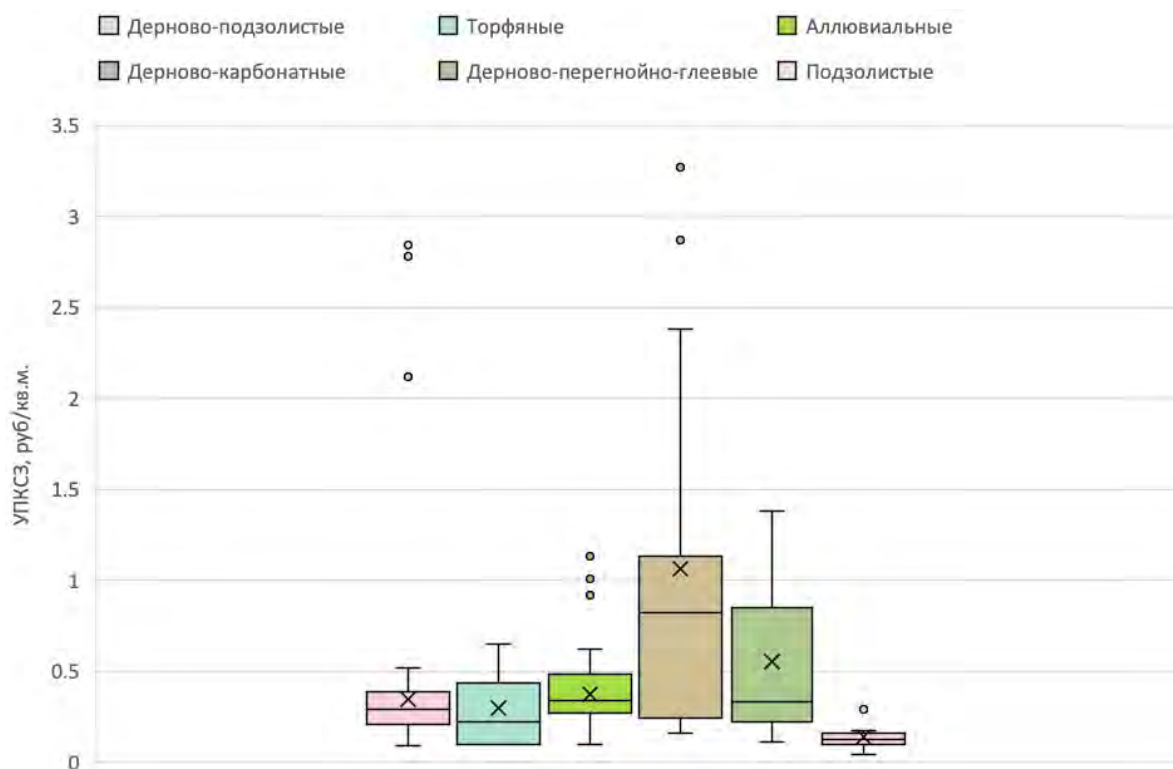


Рис. 1. Разброс значений УПКСЗ для Европейской территории России

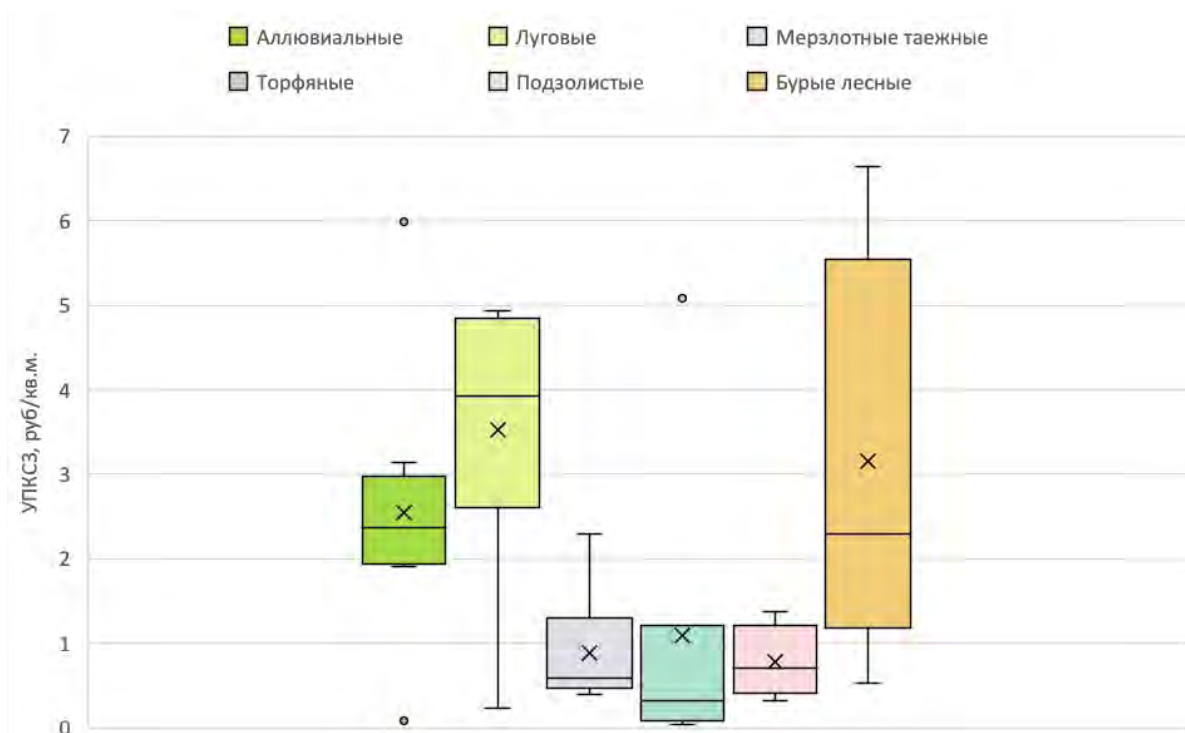
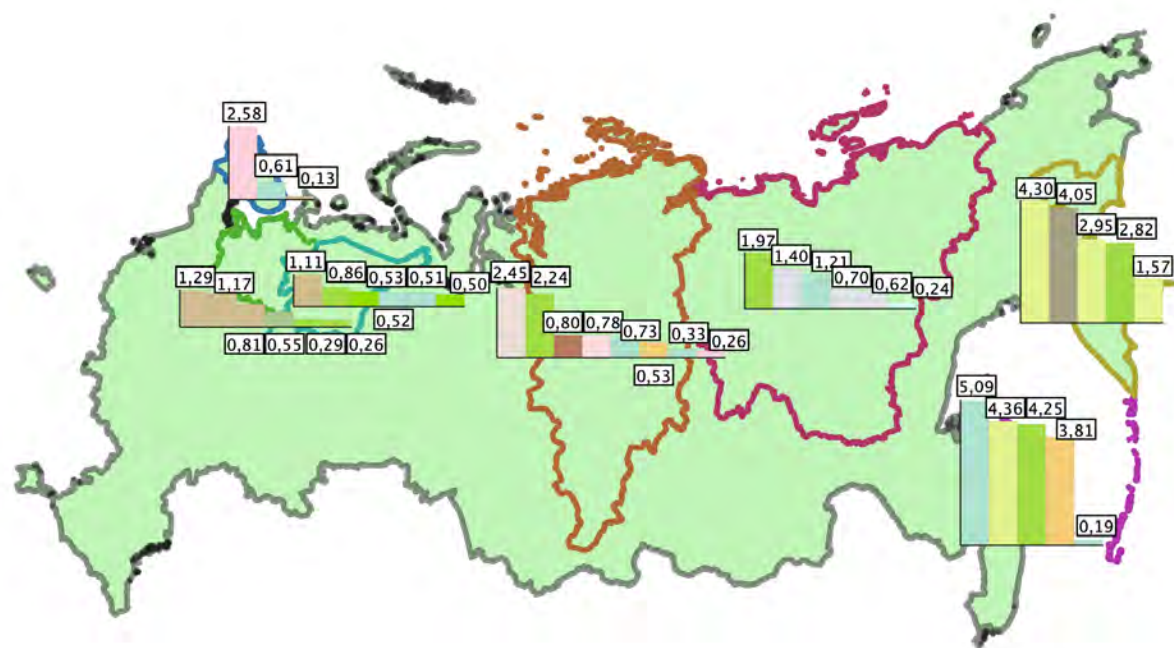


Рис. 2. Разброс значений УПКСЗ для севера Дальнего Востока



Данная карта была составлена на основе расчетов кадастровой стоимости почв земель сельскохозяйственного назначения при использовании шкал ВИСХАГИ. Масштаб: 1 мм диаграммы равен 0,2 рубля за квадратный метр.

0 1 000 2 000 км

Легенда

Мурманская область	Архангельская область	Красноярская область	Сахалинская область
Дерново_подзолистые	Дерново_карбонатная_оподзоленна	Подзолисто_бурые_лесные	Торфяные_болотные_низинные
Торфяные_болотные_переходные	Дерново_карбонатная_выщелоченна	Алл_дерн_насыщ_в_т_ч_зернистые_	Лугово_дерновые_дерновые
Аллюв_дерн_кислые_слоистые	Дерново_карбонатная_типичная_	Почвы_балочных_склонов	Алл_дерн_кисл_в_т_ч_зернистые_
Республика Коми	Дерново_перегнойно_глеевые	Подзолистые	Бурые_лесные
Дерново_карбонатная_выщелоченна	Аллювиальные_луговые_кислые	Торфяные_болотные_низинные	Торфяно_глеевые_болотные_низинн
Аллювиальные_луговые_кислые	Аллювиальные_луговые_кислые_сло	Бурые_лесные	Карта РФ
Алл_дерн_кисл_в_т_ч_зернистые_	Камчатский край	Торфяно_глеевые_болотные_низинн	
Торфяные_болотные_низинные	Лугово_лесные	Дерново_подзолистые	
Торфяно_глеевые_болотные_низинн	Вулканические	Республика Саха	
Аллювиальные_луговые_кислые_сло	Лугово_дерновые_дерновые	Алл_дерн_насыщ_в_т_ч_зернистые_	
	Аллюв_дерн_кислые_слоистые	Мерзлотные_таежные	
	Лугово_слоистые	Торфяно_глеевые_болотные_низинн	
		Мерзлотные_таежные_палевые_опод	
		Мерзлотные_таежные_палевые	
		Лугово_болотные_иловатые_и_илов	

Рис. 3. Карта кадастровой стоимости земель агроландшафтов Европейской территории России, севера Сибири и Дальнего Востока

м² — дерново-карбонатные почвы также обладают самой высокой удельной стоимостью.

На втором месте по среднему значению (0,6 руб./м²) находятся дерново-перегнойно-глеевые почвы. Среднее значение содержания гумуса — 12 %, а физической глины — 32 %. При этом мощность гумусового горизонта варьируется от 15 до 27 см. Подстилающая порода схожа с описанной выше для дерново-карбонатных почв. Для этих почв также не было выявлено негативных свойств.

Еще одним интересным моментом, на который хочется обратить внимание — разброс значений для дерново-подзолистых почв. Среднее значение находится примерно на уровне с торфяными и аллювиальными почвами, однако встречаются и такие почвы, значение кадастровой стоимости которых сравнимо с дерново-карбонатными. Для них характерно содержание гумуса и физической глины 4,6 % и 35 % соответственно, мощность гумусового слоя — 22 см и отсутствие негативных свойств. Однако для других почв данного типа выделяется такое свойство как поверхностно или профильно-глееватые, что способно значительно занижать УПКСЗ.

Самым низким показателем кадастровой стоимости из рассмотренных почв обладают подзолистые почвы с медианным значением около 0,2 руб./м². Такие показатели объясняются низким содержанием гумуса и физической глины.

Красноярский край в соответствии со Справочником агроклиматического оценочного зонирования субъектов РФ представляет собой восемь агроклиматических подзон. Но так как в данной работе были рассмотрены почвы, расположенные в арктической зоне России, к ним был применен АП первой подзоны равный 3,3. Величины кадастровой стоимости для северной территории края существенно различаются. Так, например, для подзолистых почв в зависимости от их почвенных свойств и характеристик территории, УПКС изменяются от 0,3 до 1,4 руб./м², т.е. входные показатели свойств почв и характеристик территории, на которых располагаются эти почвы, применительно к рассматриваемому случаю, могут изменять рассчитанные показатели УПКС более чем в 4 раза. Наибольшие значения УПКС (2,5 руб./м²) оказались у подзолисто-бурых почв с содержанием гумуса 5,6%, мощностью гумусового горизонта равной 27 см и с содержанием физической глины 41%, а наименьшие (0,3 руб./м²) у дерново-подзолистой почвы с содержанием гумуса 0,8%, мощностью гумусового горизонта равной 5 см и с содержанием физической глины 34% (табл. 3).

Величина агроклиматического потенциала Республики Саха (Якутия) соответствовала значению 3,5. Наибольшие значения УПКС (2,3 руб./м²) оказались у мерзлотных таежных почв с содержанием гумуса 3,1%, мощностью гумусового горизонта равной 15 см и с содержанием физической глины

35%, а наименьшие (0,2 руб./м²) у лугово-болотной иловатой почвы. Для бурых лесных почв в зависимости от их почвенных свойств и характеристик территории, УПКС изменяются от 0,4 до 2,3 руб./м². Также стоит отметить сравнительную высокую стоимость аллювиальных дерновых насыщенных почв (2,0 руб./м²), благодаря содержанию гумуса чуть меньше 6%. Аналогичный вывод нами был отмечен ранее [6]. Для бурых лесных почв в зависимости от их почвенных свойств и характеристик территории, УПКС изменяются от 0,4 до 2,3 руб./м².

Камчатский край в соответствии со Справочником агроклиматического оценочного зонирования субъектов РФ представлен двумя агроклиматическими подзонами с агроклиматическим потенциалом равным 2,9 и 3,9. В структуре посевных площадей края по видам сельхозкультур преобладали кормовые культуры (87 % посевных площадей). Основные площади сельхозугодий края расположены в Усть-Большерецком (136 тыс. га), Елизовском (89,5 тыс. га), Мильковском (88,5 тыс. га), Усть-Камчатском (63,1 тыс. га) и Быстринском (33,4 тыс. га) районах, в этих же муниципальных образованиях отмечены максимальные среднерайонные показатели кадастровой стоимости [6]. Для аллювиальных почв в зависимости от их почвенных свойств и характеристик территории, УПКС изменяются от 0,1 до 3,1 руб./м². Наибольшие значения УПКС (4,3 руб./м²) оказались у лугово-лесных почв а наименьшие (0,02 руб./м²) у маршевой болотной почвы. Также стоит отметить сравнительную высокую стоимость вулканических почв (4,1 руб./м²).

Сахалинская область в соответствии со Справочником агроклиматического оценочного зонирования субъектов РФ представляет собой четыре агроклиматические подзоны с АП, варьирующими от 3,4 до 6,0. В первой (АП=3,0) и четвертой агроклиматической подзоне (АП=6,0) сельхозугодий практически нет, поэтому расчёт проводился только для второй (АП=4,4) и третьей (АП=5,0) агроклиматических подзон.

Для бурых лесных почв Сахалинской области в зависимости от их почвенных свойств и характеристик территории, УПКС изменяются от 1,9 до 6,6 руб./м². Наибольшие значения УПКС (6,6 руб./м²) оказались у бурых почв с содержанием гумуса 3,2%, мощностью гумусового горизонта равной 20 см и с содержанием физической глины 39%, а наименьшие (0,2 руб./м²) у торфяно-глеевых болотных низинных почв. Также стоит отметить сравнительную высокую стоимость торфяных болотных низинных почв (5,1 руб./м²).

На рис. 2 (см. вклейку) представлен разброс значений УПКСЗ для почв Сахалинской области и Камчатского края, севера Якутии и Красноярского края. В выборку попали почвы, общие для четырех регионов — аллювиальные, луговые, мерзлотные таежные, торфяные, подзолистые и бурые лесные.

Характеристика почв и кадастровая стоимость земель северных территорий Красноярского края и Республики Саха, Камчатского края и Сахалинской области

Название	Гумус, %	Мощность, см	Физ. глина, %	АП	Негативы	УПКСЗ, руб. /м ²
<i>Красноярский край</i>						
Подзолисто-бурые лесные	5,6	27	41	3,3	-	2,5
Алл.дерн.насыщ (в т.ч. зернистые)	5,3	28	41	3,3	2,38	2,2
Подзолистые	4,2	17	39	3,3	19	1,4
Почвы балочных склонов	4	18	42	3,3	40	0,8
Подзолистые	4,8	38	23	3,3	20	0,8
Торфяные болотные низинные	1	1	1	3,3	20	0,7
Подзолистые	2,4	14	36	3,3	4	0,7
Бурые лесные	3,8	7	34	3,3	5	0,5
Торфяно-глеевые болотные низинные	1	1	1	3,3	20	0,3
Подзолистые	2,6	13	6	3,3	22	0,3
Дерново-подзолистые	0,8	5	34	3,3	-	0,3
<i>Республика Саха</i>						
Мерзлотные таяжные	3,1	15	35	3,5	19	2,3
Алл.дерн.насыщ (в т.ч. зернистые)	5,8	20	25	3,5	2,11	2,0
Алл.дерн.насыщ (в т.ч. зернистые)	4,3	15	25	3,5	2,11,18	1,9
Торфяно-глеевые болотные низинные	0	0	0	3,5	-	1,2
Мерзлотно таяжные палевые	4,1	22	25	3,5	15	1,0
Мерзлотно таяжные палевые оподзоленные	2,2	22	18	3,5	22	0,7
Мерзлотно таяжные	3	22	18	3,5	22	0,5
Мерзлотно таяжные палевые	3,8	15	25	3,5	11	0,5
Мерзлотно таяжные палевые	3,9	22	18	3,5	11,22	0,4
Лугово-болотные иловатые и иловато-глеевые	4,2	20	45	3,5	20	0,2
<i>Камчатский край</i>						
Вулканические охристые, светло-охристые, слоисто-пепловые	2,8	20	29	3,9	-	4,1
Лугово-лесные	2,8	20	24	2,9	-	4,3
Аллювиально дерновые кислые слоистые	2,3	21	11	2,9	2,22	2,5
Аллювиально дерновые кислые слоистые	2,3	21	24	2,9	22	3,1
Лугово-дерновые, дерновые	2,8	20	32	2,9	4	3,0
Лугово-слоистые	2,8	20	15	2,9	22	1,6
Торфянисто-перегонные	1	1	1	2,9	20	0,04
Маршевые пески	1,1	8	12	2,9	22	0,1
Маршевые болотные	1	1	1	2,9	20	0,02
Торфяно-глеевые болотные низинные	0	0	0	2,9	20	0,1
Алл.болот.иловато-торф.	0	0	0	2,9	2,20	0,1
<i>Сахалинская область</i>						
Бурые лесные	3,2	20	39	4,4	26	6,6
Аллювиально дерновые кислые т.ч.зернистые)	3,5	17	25	4,4	2,19	6,0
Торфяные болотные низинные	0	0	0	5	20	5,1
Лугово-дерновые, дерновые	3,8	24	24	5	18	4,9
Лугово-дерновые, дерновые	3,8	22	45	5	19	4,9
Лугово-дерновые, дерновые	4	21	45	5	18	4,8

Название	Гумус, %	Мощность, см	Физ. глина, %	АП	Негативы	УПКЗ, руб. / м ²
Лугово-дерновые, дерновые	4,2	22	45	5	18	4,8
Бурые лесные	7	22	45	4,4	18	4,5
Лугово-дерновые	4	21	38	5	19	3,1
Аллювиальные дерновые, зернистые	3,5	17	25	4,4	2,22	2,5
Бурые лесные	7	22	28	4,4	-	2,3
Бурые лесные	3,5	17	45	4,4	19	1,9
Торфяно глеевые болотные низинные	0	0	0	5	-	0,2

Таблица 4

Коды негативных свойств почв

Код не- гативного свойства	Негативное свойство
2	Подверженные затоплению паводковыми водами
4	Подверженные водной эрозии средне
5	Подверженные водной эрозии сильно
18	Избыточно увлажненные кратковременно
19	Избыточно увлажненные временно / слабозаболоченные /
20	Избыточно увлажненные длительно / среднезаболоченные /
22	Легкие
26	Каменистые средне
27	Каменистые сильно
30	Щебнистые средне
34	Маломощные / 0,3–0,5 м /
38	Карбонатные
40	Экологические ограничения
49	Перегноино-торфяные
97	Недостаточно осушенные, пригодные под естественные кормовые угодья
98	Осушенные болотные подсенокос
99	Осушенные болотные под пастбище

Исходя из полученной диаграммы, наибольшим показателем кадастровой стоимости обладают бурые лесные почвы — 6,6 руб./м², при этом медианное значение для этого типа почв равно 2,3 руб./м². Это можно объяснить оптимальными почвенными свойствами: 7% гумуса, 45% физической глины и 22 см гумусового слоя. Луговые почвы также обладают сравнительно высокой стоимостью, но за счет меньшего содержания гумуса и физической глины нормативная урожайность культур на данных почвах меньше, что напрямую влияет на кадастровую стоимость.

Следует отметить, что аллювиальные почвы занимают третье место по стоимости, но при этом среди полученных значений выбиваются два — 5,9 руб./м² и 0,1. Самое низкое полученное значение было получено из-за нестандартной подстилающей породы — торфа мощностью более 1 м и негативного свойства — подверженные затоплению паводковыми водами. Самое высокое же характерно для почвы, залегающей на водопроницаемом суглинке или глине мощностью более 1 м и имеющей следующие почвенные свойства: 3,5% гумуса, 25% физической глины и мощностью гумусового горизонта 17 см. Самым низким медианным значением среди рассмотренных почв областей обладают торфяные почвы — 0,2 руб./м². Но при этом также было получено значение, сравнимое со стоимостью луговых почв — 5,1 руб./м². Данный факт объясняется мелиоративным статусом почв — осушенные. В табл. 4 представлены расшифровки кодов негативных свойств почв.

На основе полученных результатов была построена карта, отражающая среднюю кадастровую стоимость самых распространенных почв на рассматриваемых территориях (рис. 3, см. вклейку).

Заключение

Удельные показатели кадастровой стоимости для почв северных земель рассчитываются только по пастбищам и сенокосам исходя из нормативной урожайности многолетних трав. Наибольшие значения УПКЗ на Европейской территории России характерны для почв Архангельской области (3,3 руб./м² — для дерново-карбонатных почв), наименьшие — 0,04 руб./м² для подзолистых в этой

же области. Наибольшее медианное значение характерно для дерново-карбонатных почв.

Для Мурманской области значения УПКЗ варьируют от 0,1 руб./м² для дерново-подзолистых почв на песках до 2,8 руб./м² для дерново-подзолистых суглинистых почв. Для Республики Коми расчет производился только по сенокосам. Минимальная оценка — 0,1 руб./м² для аллювиальной дерновой кислой почвы, максимальная — 1,1 руб./м² для дерново-карбонатной почвы. Наблюдается увеличение показателя УПКЗ с северо-востока области на юго-запад.

Наибольшее значение УПКЗ на севере Сибири и Дальнем востоке характерно для бурых лесных почв Сахалинской области (6,6 руб./м²), наименьшее — для маршевых болотных почв Камчатского края (0,02 руб./м²). Наибольшее медианное зна-

чение характерно для луговых почв, а самый большой разброс значений отмечен для бурых почв.

Для северных районов Красноярского края УПКЗ варьирует от 0,3 руб./м² для дерново-подзолистых почв до 2,5 руб./м² для подзолисто-бурых лесных почв. На территории севера Якутии минимальные значения УПКЗ характерны для лугово-болотных почв — 0,24 руб./м², а максимальное — для мерзлотных таежных почв (2,3 руб./м²). Для Камчатского края характерен раз-

брос значений УПКЗ от 0,1 руб./м² для аллювиальных почв до 4,1 руб./м² для вулканических почв. Сахалинская область характеризуется минимальным значением УПКЗ для торфяно-болотных почв (0,2 руб./м²), а максимальным — для бурых лесных почв (6,6 руб./м²).

Работа выполнена по теме государственного задания: «Физические основы экологических функций почв: технологии мониторинга, прогноза и управления».

Литература

1. Иванов В.А., Иванова Е.В. Сельское хозяйство Северных и Арктических территорий: предпосылки, условия и возможности развития // Вестник НИЦ корпоративного права, управления и венчурного инвестирования Сыктывкарского госуниверситета, 2017. №2. — с 22–33.
2. Сапожников П.М. Налог на землю сельхозугодий Арктики // Природно-ресурсные ведомости, №5 (488) от 24.06.2021.
3. Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель в Российской Федерации в 2021 году. — М.: Росреестр, 2021. www.rosreestr.gov.ru.
4. Государственная кадастровая оценка земель сельскохозяйственного назначения Российской Федерации / Под ред. П.М. Сапожникова, С.И. Носова. — М.: Изд-во НИПКЦ-Восход А, 2012. — 160 с.
5. Данилова Н.И., Зубарева С.Е. Влияние различных агроклиматических условий на кадастровую стоимость почв земель сельскохозяйственного назначения Северо-Западного региона. «Почвоведение. Горизонты будущего. 2021». Сб. тезисов докл. V конф. молодых ученых Почвенного института им. В.В. Докучаева, посвященной 175-летию В.В. Докучаева (Москва, 21–24 сентября 2021 г.). — М.: Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева, 2021. — С.125–128.
6. Сапожников П.М., Гранина Н.И. Особенности кадастровой стоимости почв земель сельскохозяйственного назначения агроландшафтов Иркутской области // Вестник МГУ. Серия 17, почвоведение, 2021. №1. — С.21–30.
7. Сапожников П.М., Носов С.И., Гладков А.А. Кадастровая стоимость земель сельскохозяйственного назначения республики Саха (Якутия) // Сб. трудов конф. «Современные проблемы управления проектами в инвестиционно-строительной сфере и природопользовании». — М.: Изд-во РЭУ им. Г.В. Плеханова, 2019. — с 124–160.
8. Приказ Министерства имущественных и земельных отношений Камчатского края от 02.09.2021 №П-15 «Об утверждении результатов определения кадастровой стоимости земельных участков категории земель сельскохозяйственного назначения, расположенных на территории Камчатского края».

Сведения об авторах:

Сапожников Петр Михайлович, д.с.-х.н., проф., ведущий научный сотрудник кафедры физики и мелиорации почв факультета почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова; e-mail: sap-petr@yandex.ru.

Зубарева Светлана Евгеньевна, бакалавр, факультет почвоведения МГУ; e-mail: szubareva1711@gmail.com.

Данилова Надежда Игоревна, магистр, факультет почвоведения МГУ; e-mail: nadya01091998@mail.ru.

Агроэкология

УДК 631.459

Эрозионный потенциал рельефа (LS-фактор) Волгоградской области

Н.Р. Крючков, О.А. Макаров, д.б.н.

Факультет почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова

На примере территории Волгоградской был проведен расчет LS-фактора на основе ЦМР высокого пространственного разрешения (30 м). LS-фактор (эрозионный потенциал рельефа) рассчитывался в рамках модели RUSLE-2 с использованием программы SAGA GIS по двум методикам — с предварительной подготовкой в соответствии с исследованиями L. Wang and H. Liu (2006) и без предварительной подготовки. В результате проведения расчетов было установлено, что наибольшие значения LS-фактора характерны для тех муниципальных районов области, где в формах рельефа преобладают возвышенности, а наименьшие значения — для районов с низменным рельефом. Применение метода предварительной подготовки позволило существенно повысить точность оценки LS-фактора за счет увеличения эффективности определения линии тока воды и улучшения идентификации понижений в рельефе. Таким образом, Волгоградская область является регионом с небольшим эрозионным потенциалом рельефа, что благоприятствует развитию здесь сельского хозяйства. Полученные данные будут использоваться в дальнейшем для расчета величины смыва почвы.

Ключевые слова: эрозия почв, цифровая модель рельефа, эрозионный потенциал рельефа, Волгоградская область, Revised Universal Soil Loss Equation 2 (RUSLE -2).

Введение

Водная эрозия почв является общеэкологической проблемой, приводящей не только к потерям урожая сельскохозяйственных культур и ухудшению качества других экосистемных услуг, предоставляемых почвами, но и к деградации почвенного покрова. Тем самым, оценка масштабов и интенсивности эрозионных процессов в почвах необычайно важна для моделирования устойчивого развития территорий и обеспечения продовольственной безопасности региона.

Одной из самых распространенных и удобных моделей, используемых для определения величины смыва почвы в ходе протекания эрозионных процессов, является RUSLE-2 — модифицированная версия модели RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation) [1, 2]. Величина смыва почв в данной модели оценивается посредством произведения значений нескольких факторов [3]:

$$a_i = r_i * k_i * L_i * S_i * c_i * p_i \quad (1)$$

где a_i — среднегодовая величина смыва почвы (average annual soil loss) кг/м² в год, r_i — фактор эрозионного потенциала дождей (erosivity factor),

k_i — фактор эрозионной податливости почв (soil erodibility factor), L_i — фактор длины склона (slope length factor), S_i — фактор крутизны склона (slope steepness factor), c_i — фактор землепользования (cover management factor), p_i — фактор почвозащитных мероприятий (supporting practices factor), в i -год.

При этом комплексную характеристику топографических факторов определяют путем перемножения факторов длины склона L и крутизны склона S , объединяя это произведение в единое значение LS — фактора. Оценка LS — фактора крайне важна сама по себе, так как, по сути, определяется эрозионный потенциал рельефа, так и в связи с тем, что произведение величины этого фактора на величину показателя противоэрозионных свойств k (фактор эрозионной податливости почв) даёт общую характеристику эрозионных свойств почв для определенного участка склона [4]. LS -фактор безразмерен и варьирует в диапазоне от 0 и выше.

Для оценки LS -фактора используется цифровая модель рельефа (ЦМР) — цифровое представ-

ление трёхмерных пространственных объектов (поверхностей, или рельефов) в виде трехмерных данных, образующих множество высотных отметок (отметок глубин) и иных значений аппликат (координаты Z) в узлах регулярной или нерегулярной сети или совокупность записей горизонталей (изогипс, изобат) или иных изолиний [5].

Целью проведённых исследований явился расчёт LS-фактора на основе ЦМР высокого пространственного разрешения (30 м) для территории Волгоградской области — одного из ключевых сельскохозяйственных регионов РФ. Для расчета LS-фактора использовался алгоритм, предложенный Desmet and Govers (1996) [6].

Объекты и методы

Волгоградская область расположена в пределах двух почвенных зон — черноземной и каштановой: различные варианты чернозёмов занимают здесь 31.5 % от общей площади региона, а каштановых почв — 31.2 % [7]. Для почв области характерны процессы деградации, типичные для аридных территорий — осолонцевание, засоление, эрозия, агроистощение и др. При этом, ввиду развития орошаемого земледелия, в регионе особенно остро стоят вопросы засоления и осолонцевания почв [8]. Регион выступает крупнейшим производителем высококачественного зерна, кукурузы, крупяных культур, семян масличных культур и растительного масла, овощей, фруктов, бахчевых. Крупными орографическими элементами области являются — юго-восточное окончание Среднерусской возвышенности, южная часть Окско-Донской равнины, Приволжская возвышенность, Прикаспийская низменность, северная часть Ергенинской возвышенности и равнина Сыртового Заволжья [7].

ЦМР Волгоградской области, являющаяся программным продуктом Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), скачивалась с сайта [9]. Далее, в программе System for Automated Geoscientific Analyses (SAGA) [10] ЦМР обрабатывалась согласно методу, предложенному L. Wang and H. Liu (2006) [11]. Этот метод позволяет эффективно идентифицировать понижения в рельефе, а также определять линии тока воды и степень расчленённости водоразделов.

Остановимся более подробно на описании метода L. Wang and H. Liu (2006) [11]. Метод основан на двух методических приёмах (алгоритм поиска линии тока воды [12, 13] и структура данных «приоритетная очередь» [14]) и помогает определить направление поиска и установить путь водотоков для каждой ячейки расчётной сетки в ЦМР. Для каждой ячейки ЦМР рассчитывается значение стоимости. Стоимость ячейки определяется высотой ячейки (значением ЦМР), а пограничные ячейки ЦМР рассматриваются как потенциальные точки устьев:

$$h(b_k) = S(b_k) = E(b_k), \quad (2)$$

где $h(b_k)$ — значение стоимости для пограничной ячейки b_k , являющейся устьем для поиска оптимального пути линии тока воды, $S(b_k)$ — уровень воды для пограничной ячейки b_k , а $E(b_k)$ — изначальное значение высоты для пограничной ячейки b_k .

Таким образом, данный метод позволяет найти оптимальные пути от ответвлений ЦМР до внутренних ячеек, которые также будут отображать минимальный уровень воды для каждой внутренней ячейки. Центральная ячейка ЦМР региона будет считаться границей наименьшей стоимости. Когда определена центральная ячейка, находятся внутренние ячейки, непосредственно граничащие с ней. Связи между этими граничащими внутренними ячейками и центральной ячейкой формируют так называемые «ответвления первого уровня» для «дерева» сети водотоков. Эти связи отображают оптимальные пути движения воды (и, соответственно, — направления эрозионных процессов в почвах). Самая нижняя ячейка на границе ЦМР является вершиной «дерева», а пограничная ячейка — обрабатываемым узлом. Поиск завершается, когда «дерево» связывает все ячейки сетки ЦМР:

$$h(n_j) = S(n_j) = \max \{E(n_j), S(c)\}, j = 1, 2, \dots, 7 \quad (3)$$

где n_j — это j по счету соседняя ячейка центральной ячейки c , $h(n_j)$ — это оценка стоимости путей от соседней ячейки n_j , $S(n_j)$ — это значение уровня воды для соседней ячейки n_j , $E(n_j)$ — значение высоты ячейки j соседней центральной ячейки c , а $S(c)$ — это значение высоты уровня воды центральной ячейки c , который отображает стоимость оптимального пути, установленного между границей и обрабатываемой центральной ячейкой.

После указанной цифровой обработки ЦМР проводился расчёт LS-фактора при помощи алгоритма, предложенного Desmet and Govers (1997) [6], и строилась карта LS-фактора Волгоградской области в программе ArcGIS 10.4.1. Указанный алгоритм уже длительное время используется в значительном количестве исследований [15–19] и зарекомендовал себя как успешный метод оценки LS-фактора. Авторы описываемого алгоритма взяли за основу уравнение Фостерса, используемого для оценки LS-фактора:

$$L = \left(\frac{\lambda}{22.13}\right)^m, \quad (4)$$

где λ это длина склонов (в м), m принимается как 0.5 для склонов с уклоном в 5% и более, 0.4 для уклона 3%–4%, 0.3 для уклона от 1% до 3% и 0.2 для уклона менее 1%.

Desmet and Govers (1997) [12] модифицировали уравнение (4) с учетом двумерного отображения рельефа (в отличие от одномерных «отрезков» в оригинальном методе Фостерса):

Таблица 1

Статистические показатели LS-фактора по муниципальным районам Волгоградской области

Муниципальный район	Номер	Среднее	Станд. отклонение	Коэф. вариации
Нехаевский	1	0,13	3,4	26,15
Урюпинский	2	0,15	4,67	31,13
Новоаннинский	3	0,1	3,69	36,90
Новониколеевский	4	0,16	1,34	8,38
Октябрьский	5	0,08	2,01	25,13
Ольховский	6	0,16	2,79	17,44
Палласовский	7	0,07	2,82	40,29
Руднянский	8	0,18	6,36	35,33
Светлоярский	9	0,14	1,27	9,07
Серафимовичский	10	0,1	4,08	40,80
Среднеахтубинский	11	0,07	1,6	22,86
Старополтавский	12	0,21	0,68	3,24
Фроловский	13	0,47	13,74	29,23
Чернышковский	14	0,1	1,47	14,70
Николаевский	15	0,11	0,81	7,36
Михайловский	16	0,17	10,97	64,53
Ленинский	17	0,11	2,85	25,91
Кумылженский	18	0,33	17,65	53,48
Котовский	19	0,08	3,12	39,00
Котельниковский	20	0,12	1,37	11,42
Клетский	21	0,09	4,3	47,78
Киквидзенский	22	0,15	1,77	11,80
Камышинский	23	1,28	2,26	1,77
Калачёвский	24	0,13	1,98	15,23
Иловлинский	25	0,17	2,09	12,29
Жирновский	26	0,1	4,21	42,10
Еланский	27	0,16	1,31	8,19
Дубовский	28	0,54	1,57	2,91
Даниловский	29	0,24	17,7	73,75
Городищенский	30	0,2	1,64	8,20
Волжский	31	0,25	0,92	3,68
Волгоград	32	0,29	9,94	34,28
Быковский	33	0,12	1,24	10,33
Алексеевский	34	0,29	11,66	40,21
Суриковинский	35	0,33	1,28	3,88
Волгоградская область	-	0,07	5,46	78,00

$$L_{ij} = \left(\frac{(A_{ij-in} + D^2)^{m+1} - A_{ij-in}^{m+1}}{D^{m+2} * x_{ij}^m * 22.13^m} \right)^m, \quad (5)$$

где A_{ij-in} — это площадь ячейки (i, j) измеряемый в m^2 . D — размер ячейки (в метрах), $x_{ij} = \sin a_{i,j} + \cos a_{i,j}$, где $a_{i,j}$ направление граней ячейки (i, j), m — отношение β ручейковой к междуречевой эрозии:

$$m = \frac{\beta}{\beta+1}, \quad (6)$$

где β

$$\beta = \frac{\frac{\sin \theta}{0.0896}}{[0.56 + 3 * (\sin \theta)^{0.8}]}, \quad (7)$$

θ угол наклона в градусах [20].

В отличие от работы Mitsova et al. [21], Desmet and Govers [6] доказали, что эта модель LS-фактора подходит для прогнозирования эрозии почв в ландшафтном масштабе и может охватывать сложный рельеф [18]. S-фактор здесь определяется по формуле, предложенной Renard et al [3]:

$S = 10.8 * \sin \theta + 0.03$, где уклон < 0.09 ;
 $S = 16.8 * \sin \theta - 0.5$, где уклон ≥ 0.09 .

После расчёта LS-фактора полученные данные разделены на классы согласно классификации, предложенной в работе Panagos [18]. Для удобства отображения на картосхеме полученных данных, классы с LS-фактором > 2 были объединены в единый класс, как территории с высоким эрозионным потенциалом.

Результаты и обсуждение

Результаты картографирования LS-фактора для территории Волгоградской области на основе ЦМР с разрешением в 30 м отражены на *рис. 1*. Наибольшие значения LS фактора наблюдаются на территории районов, значительную часть площади которых составляют возвышенности: юго-восточная часть Среднерусской возвышенности (Алексеевский и Кумылженский муниципальные районы) и южная часть Приволжской возвышенности (г. Волгоград, Камышинский и Даниловский муниципальные районы). Наименьшее значение LS-фактора зафиксировано на территориях с преимущественно низменным рельефом — Среднеахтубинский, Палласовский и Николаевский муниципальные районы.

Среднее арифметическое значение LS-фактора для всей территории Волгоградской области составило 0.07. Наибольшее значение коэффициента вариации LS-фактора определено для Нехаевского, Урюпинского и Новоаннинского муниципальных районов, наименьшее значение — для Быковского, Суриковинского и Алексеевского муниципальных районов (*табл. 1*).

Площадь градаций LS-фактора в процентах от площади Волгоградской области приведена в *табл. 2*. Анализ данных значений показал, что

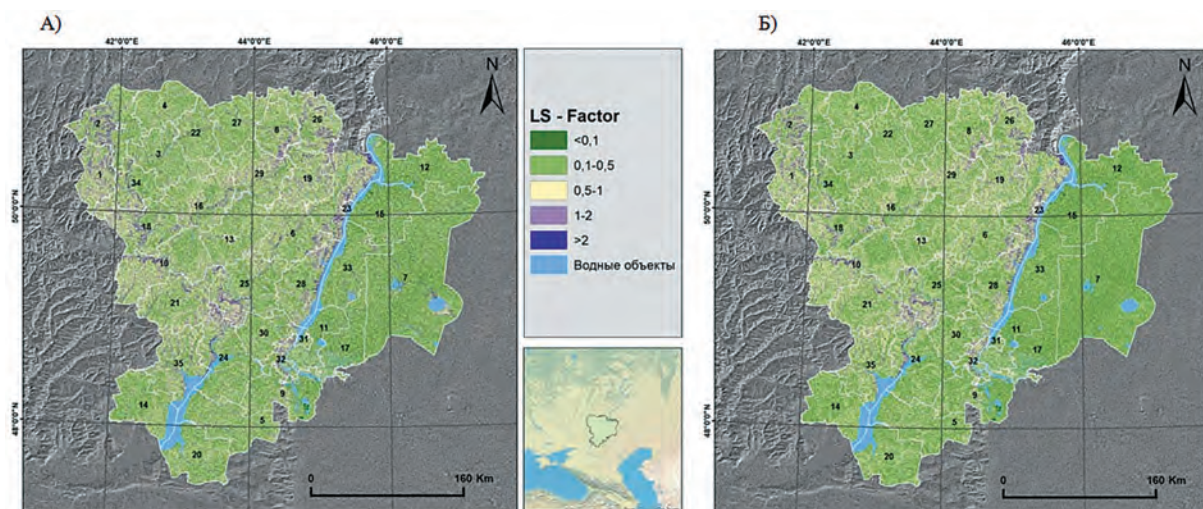


Рис. 1. Карта пространственного распределения величины LS-фактора на территории Волгоградской области, рассчитанного с предварительной подготовкой (А) и без предварительной подготовки (Б)

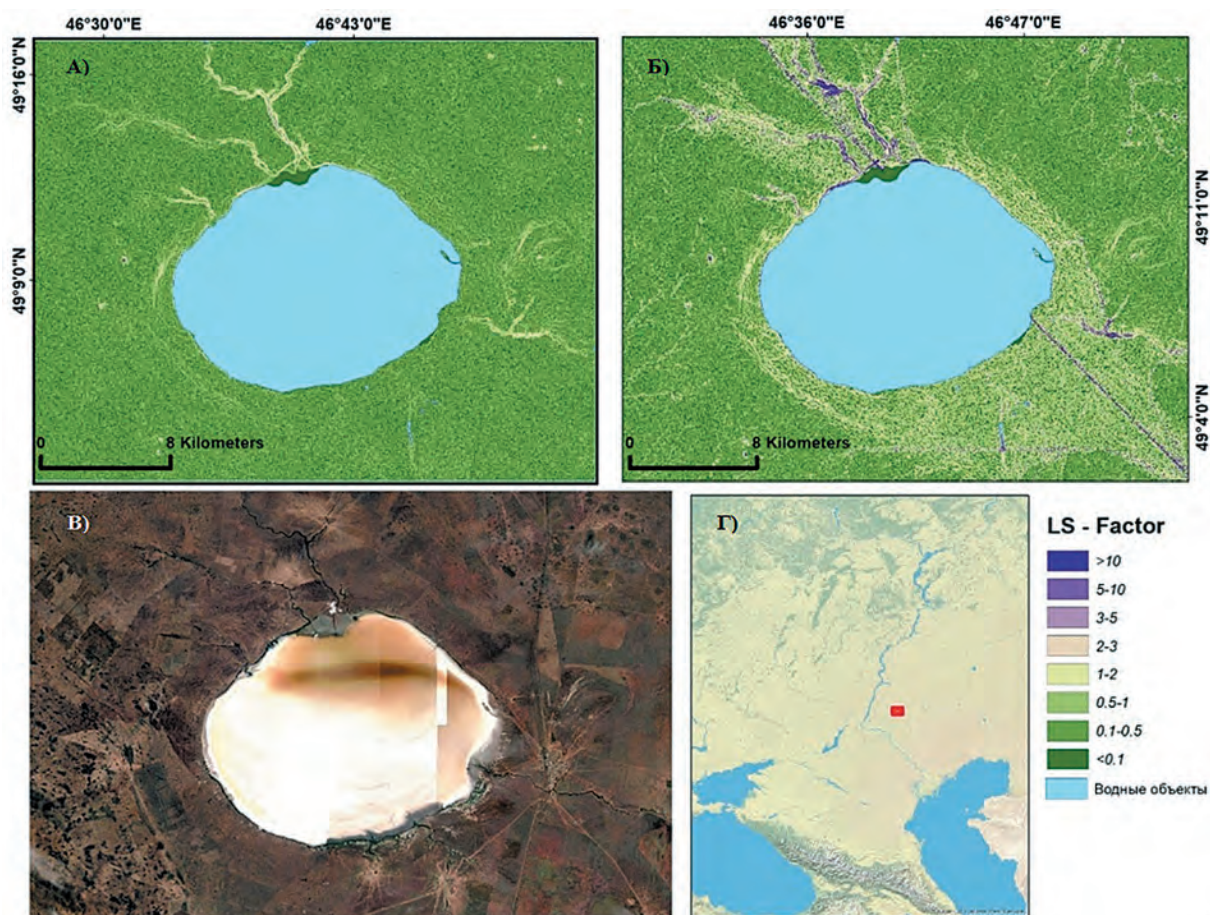


Рис. 2. LS-фактор для территории Приэльтона (Волгоградская обл.): а) без предварительной подготовки, б) с предварительной подготовкой, в) космический снимок; г) положение озера Эльтон

наибольшая доля значений LS-фактора для класса >2 зафиксирована на территории Камышинского (20.18%), Нехаевского (8.61%), Урюпинского (8.22%) муниципальных районов и г. Волгограда (7.91%). Минимальные значения — были получены для территорий Старополтавского (1.12%), Николаевского (1.36%), Среднеахтубинского

(1.71%) и Палласовского (1.67%) муниципальных районов.

Метод предварительной подготовки, который был использован в соответствии с [11], позволил лучше выявить линии тока воды для территории Волгоградской области и тем самым корректнее сделать оценку LS-фактора (см. рис. 1). Как следу-

Площадь, соответствующая определенному классу значений LS-фактора, от общей площади муниципального района Волгоградской области, %

Муниципальный район	Номер	Классы значений LS-фактора				
		< 0.1	0.1–0.5	0.5–1	1–2	> 2
Нехаевский	1	5,36	33,27	34,59	18,17	8,61
Урюпинский	2	9,31	45,62	26,07	10,78	8,22
Новоаннинский	3	11,55	53,19	26,47	6,10	2,68
Новониколаевский	4	11,67	54,81	25,23	5,94	2,35
Октябрьский	5	13,03	57,19	22,49	4,82	2,46
Ольховский	6	8,61	46,51	30,86	9,68	4,34
Палласовский	7	20,68	58,58	15,19	3,78	1,77
Руднянский	8	8,89	45,21	29,84	10,85	5,22
Светлоярский	9	16,92	54,61	20,54	5,53	2,40
Серафимовичский	10	8,24	43,42	32,09	11,22	5,03
Среднеахтубинский	11	18,46	56,57	18,77	4,50	1,71
Старополтавский	12	20,27	61,81	14,21	2,59	1,12
Фроловский	13	11,48	49,37	27,20	7,10	4,85
Чернышковский	14	14,07	58,66	21,17	4,12	1,98
Николаевский	15	21,35	58,51	15,25	3,54	1,36
Михайловский	16	9,67	47,29	30,02	9,18	3,84
Ленинский	17	19,95	58,49	16,13	3,75	1,67
Кумылженский	18	8,59	41,89	30,39	12,05	7,09
Котовский	19	6,57	40,02	34,22	13,96	5,23
Котельниковский	20	13,34	57,81	22,25	4,53	2,07
Клетский	21	8,22	44,67	30,99	11,00	5,13
Киквидзенский	22	11,64	53,85	25,38	6,22	2,91
Камышинский	23	2,51	19,51	31,68	26,13	20,18
Калачёвский	24	11,51	50,84	24,73	8,14	4,78
Иловлинский	25	9,88	44,59	28,29	11,45	5,78
Жирновский	26	7,10	40,05	32,26	13,49	7,11
Еланский	27	11,99	55,57	24,84	5,30	2,29
Дубовский	28	9,38	44,84	27,04	11,18	7,56
Даниловский	29	7,72	43,66	33,23	11,41	3,97
Городищенский	30	12,11	53,51	23,90	6,86	3,62
Волжский	31	12,97	54,01	23,32	6,41	3,29
Волгоград	32	9,01	41,47	28,26	13,35	7,91
Быковский	33	17,97	57,06	18,08	4,71	2,17
Алексеевский	34	9,65	44,66	28,72	10,83	6,14
Суровикинский	35	8,93	45,66	29,67	10,68	5,06
Волгоградская область	-	12,49	50,31	25,02	8,13	4,05

ет из рис. 1, увеличилась площадь со значениями LS-фактора 1–2 и более.

Особенно отчётливо это заметно на примере Приэльтонья, территории, которая находится в ниже уровня моря (рис. 2). Без предварительной подготовки водосборная площадь незначительна (рис. 2а), а после подготовки — увеличивается в несколько раз (рис. 2б).

Визуальный анализ двух карт (см. рис. 1) демонстрирует, что метод предварительной подготовки позволяет лучше идентифицировать линии

тока воды, и, как следствие, получить более корректные значения LS-фактора на карте с предварительной подготовкой, нежели без неё.

Очевидно, что высокие значения LS-фактора на территории Волгоградской области приурочены к возвышенным формам рельефа и, соответственно, — более высокой крутизной склонов. Аналогичная картина наблюдается и с низкими значениями LS-фактора, которые зафиксированы на территориях региона с пониженными формами рельефа. Это подтверждается как распределением средних значе-

ний LS-фактора (см. табл. 1), так и распределением по классам значений (см. табл. 2).

Наша работа является первой в российском эрозиоведении выполненной по данному алгоритму для ЦМР высокого разрешения, и полученные результаты по расчету LS-фактора Волгоградской области мы можем сравнить только с результатами исследований, выполненных коллегами за рубежом. Так как в проведенной работе мы не ограничивали расчет LS-фактора предельным значением уклона поверхности (крутизны склонов), как, к примеру, в работах [16, 18], то полученные нами значения несколько выше, чем в указанных исследованиях. В то же время рассчитанные для Волгоградской области значения LS-фактора, в целом, хорошо согласуются с результатами аналогичных исследований, выполненных для стран ЕС с преимущественно равнинной территорией — Эстонией, Нидерландами, Латвией, Литвой, Данией [18]. Средние значения LS-фактора для территорий этих стран составили 0.32, 0.19, 0.39, 0.35 и 0.32, соответственно. Различия данных на порядок с данными, полученными для этих стран, можно объяснить несколькими факторами: разница в разрешении используемых ЦМР, различными методами расчета LS-фактора. Мы использовали метод Wang Liu [11] для предварительной подготовки ЦМР, который ранее применялся в небольшом количестве исследований. Данный метод позволил повысить качество оценки LS-фактора (рис. 2), т. к. с его помощью увеличивается эффективность определения линии тока воды и идентификация понижений в рельефе, тем самым, — улучшается качество оценки потенциальной эрозионности рельефа. Таким образом, предложенный нами алгоритм исследований позволяет более точно и корректно рассчитывать LS-фактор.

Данные, полученные в рамках настоящего исследования, будут использоваться в дальнейшем для расчета величины эрозионного смыва почвы по модели RUSLE-2 для территории Волгоградской области.

Заключение

Впервые для территории Волгоградской области в рамках применения модели RUSLE-2, используемой для определения величины смыва почвы в ходе протекания эрозионных процессов, был проведен расчет LS-фактора (эрозионного потенциала рельефа) на основе ЦМР региона высокого пространственного разрешения (30 м). Для расчета LS-фактора использовались — двухступенчатый алгоритм и программа SAGA GIS. Наибольшие значения LS-фактора были определены для тех муниципальных районов области, где в формах рельефа преобладают возвышенности, наименьшие значения наблюдались для районов с низменным рельефом. В целом, рассчитанные для Волгоградской области значения LS-фактора хорошо согласуются с результатами аналогичных исследований, выполненных для стран ЕС с преимущественно равнинной территорией — Эстонией, Нидерландами, Латвией, Литвой и Данией. Применение метода предварительной подготовки в соответствии с [11] позволило повысить точность оценки LS-фактора за счет увеличения эффективности определения линии тока воды и улучшения идентификации понижений в рельефе. Таким образом, Волгоградская область является регионом с небольшим эрозионным потенциалом рельефа, что благоприятствует развитию здесь сельского хозяйства. Полученные данные будут использоваться для оценки величины смыва по модели RUSLE-2.

Работа поддержана грантом РФФИ №20–34–90164.

Литература

1. Panagos P., Borelli P., Poesen J., Ballabio C., Lugato E., Meusburger K., Montarella L., Alewell C. The new assessment of soil loss by water erosion in Europe // *Environmental Science and Policy*, 2015. 54. — Pp. 438–447.
2. Renard K., Forster G.R., Weesies G.A., McCool D.K., Yoder D.C. Predicting Soil Erosion by Water. A Guide to Conservation Planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). — Washington: Agricultural Handbook, 1997. — 404 p.
3. Renard K., Kenneth G. Science Documentation Revised Universal Soil Loss Equation Version 2. — Washington: USDA-Agricultural Research Service, 2013. — 355 p.
4. Демидов В. В., Макаров О. А. Физические основы эрозии почв: механизм, закономерности проявления и прогнозирования. — М.: 2021. — 192 с. DOI: 10.29003/m2428.978–5-317–06630–7
5. Хромых В. В., Хромых О. В. Цифровые модели рельефа: уч. пособие. — Томск: Изд-во «ТМЛ-Пресс», 2007. — 178 с.
6. J Desmet P. J., Govers G. 'Comment on «modelling topographic potential for erosion and deposition using GIS» // *International J. of Geographical Information Science*, 1997. 6 (11). — Pp. 603–610.
7. Кулик К. Н., Кретинин В. М., Рулёв А. С., Шишукнов В. М. Красная книга почв Волгоградской области. — Волгоград: Принт-2, 2017. — 224 с.
8. Цветнов Е. В., Макаров О. А., Цветнова О. Б., Крючков Н. Р. Опыт совмещенной оценки нейтрального баланса деградации земель Волгоградской области и их эколого-экономического ущерба // *Достижения науки и техники АПК*, 2021. Т. 35. № 1. — С. 12–15. / DOI: 10.24411/0235–2451–2021–10102.
9. Shuttle Radar Topography Mission (SRTM). URL: <http://www.dwtkns.com/srtm30/>.
10. System for Automated Geoscientific Analyses (SAGA). URL: <http://www.saga-gis.org>.
11. Wang L., Liu H. An efficient method for identifying and filling surface depressions in digital elevation models for hydrologic analysis and modeling // *International J. of Geographical Information Science*, 2006. 2 (20). — Pp. 193–213.
12. Dechter R., Pearl J. The optimality of A // *Search in Artificial Intelligence*, 1988. 15. — Pp. 166–199.
13. Hart P.E., Nilsson N.J., Raphael B. The Heuristic Determination // *EEE Transactions of Systems Science and Cybernetics*, 1968. 2. 100. — P. 107.
14. Cormen R. L., Leiserson T. H., Rivest C. E. Introduction to Algorithms. — Cambridge: MA MIT Press, 1996. — 816 p.

15. Bircher P., Liniger H. P., Prasuhn V. Comparing different multiple flow algorithms to calculate RUSLE factors of slope length (L) and slope steepness (S) in Switzerland // *Geomorphology*, 2019. P. 346/ — 106850.
16. Koirala P., Thakuri S., S. Joshi S., Chauhan R. Estimation of Soil Erosion in Nepal using a RUSLE modeling and geospatial tool // *Geosciences* (Switzerland), 2019. 4 (9). — Pp. 1–19.
17. Panagos P., Meusburger K., Liedekerke M.V., Alewell C., Hiederer R., Montarella L. Assessing soil erosion in Europe based on data collected through a European network // *Soil Science and Plant Nutrition*, 2014. 1 (60). — Pp. 15–29.
18. Panagos P., Borrelli P., Meusburger K. A new European slope length and steepness factor (LS-factor) for modeling soil erosion by water // *Geosciences* (Switzerland), 2015. 2 (5). — Pp. 117–126.
19. Plambeck N.O. Reassessment of the potential risk of soil erosion by water on agricultural land in Germany: Setting the stage for site-appropriate decision-making in soil and water resources management // *Ecological Indicators*, 2020. August (118). 106732.
20. McCool D.K., Foster G.R., Mutchler C.K., Meyer L.D. Revised slope length factor for the universal soil loss equation // *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*, 1989. 5 (32). — Pp. 1571–1576.
21. Mitsova H., Hofierka J., Zlocha M., Iverson L.R. Modelling topographic potential for erosion and deposition using GIS // *International J. of Geographical Information Systems*, 1996. 5 (10), — Pp. 629–641.

REFERENCES

1. P. Panagos, P. Borelli, J. Poesen, C. Ballabio, E. Lugato, K. Meusburger, L. Montarella, C. Alewell "The new assessment of soil loss by water erosion in Europe," *Environmental Science and Policy*, 54, 438–447 (2015).
2. K. Renard, G.R. Forster, G.A. Weesies, D.K. McCool, D.C. Yoder. Predicting Soil Erosion by Water. A Guide to Conservation Planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). Washington, DC: Agricultural Handbook 703, 1997. 404 p.
3. K. Renard, G. Kenneth. Science Documentation Revised Universal Soil Loss Equation Version 2. Washington, D.C.: USDA-Agricultural Research Service, 2013. 355 p.
4. Demidov V. V., Makarov O.A. Physical bases of soil erosion: mechanism, regularities of manifestation and forecasting Moscow: Moscow (Publishing), 2021. 192 p. <https://doi.org/10.29003/m2428.978-5-317-06630-7> (in Russ.)
5. Khromykh V.V., Khromykh O.V. Digital elevation models. Study guide. Tomsk: «TML-Press» (Publishing). 2007. 178 p. (in Russ)
6. P. J. J. Desmet, G. Govers "Comment on «modelling topographic potential for erosion and deposition using GIS»,” *International Journal of Geographical Information Science*, 6 (11), 603–610 (1997).
7. Kylik K.N., Kretinin V.M., Rylev A.S., Shishkynov V.M. Red book of soils Volgograd region. Volgograd: Print-2 (Publishing), 2017. 224 p. (in Russ)
8. Tsvetnov E.V., Makarov O.A., Tsvetnova O.B., Kriuchkov N. R. Experience of combined assessment of the land degradation neutrality in the Volgograd region and their ecological and economic damage // *Dostijeniya nauki i tehniki APK*. 2021. Volume. 35, № 1. p. 12–15. <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2021-10102> (in Russ)
9. Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) [Электронный ресурс]. URL: <http://www.dwtkns.com/srtm30/>.
10. System for Automated Geoscientific Analyses (SAGA) [Электронный ресурс]. URL: <http://www.saga-gis.org>.
11. L.Wang, H. Liu "An efficient method for identifying and filling surface depressions in digital elevation models for hydrologic analysis and modelling,” *International Journal of Geographical Information Science*, 2 (20), 193–213 (2006).
12. R. Dechter, J. Pearl "The optimality of A*,” *Search in Artificial Intelligence*, 15, 166–199 (1988)
13. P. E. Hart, N. J. Nilsson, B. Raphael "The Heuristic Determination,” *IEEE Transactions of systems science and cybernetics*, 2.100, 107 (1968).
14. R. L. Cormen, T.H., Leiserson, C.E. Rivest. Introduction to Algorithms. Cambridge: MA MIT Press, 1996. 816 p.
15. P. Bircher, H. P. Liniger, V. Prasuhn "Comparing different multiple flow algorithms to calculate RUSLE factors of slope length (L) and slope steepness (S) in Switzerland,” *Geomorphology*, 346, 106850 (2019).
16. P. Koirala, S. Thakuri, S. Joshi, R. Chauhan "Estimation of Soil Erosion in Nepal using a RUSLE modeling and geospatial tool,” *Geosciences* (Switzerland), 4 (9), 1–19 (2019).
17. P. Panagos, K. Meusburger, M.V. Liedekerke, C. Alewell, R. Hiederer, L. Montarella "Assessing soil erosion in Europe based on data collected through a European network,” *Soil Science and Plant Nutrition*, 1 (60), 15–29 (2014).
18. P. Panagos, P. Borrelli, K. Meusburger "A new European slope length and steepness factor (LS-factor) for modeling soil erosion by water,” *Geosciences* (Switzerland), 2 (5), 117–126 (2015).
19. N.O. Plambeck "Reassessment of the potential risk of soil erosion by water on agricultural land in Germany: Setting the stage for site-appropriate decision-making in soil and water resources management,” *Ecological Indicators*, August (118), 106732 (2020).
20. D. K. McCool, G.R. Foster, C.K. Mutchler, L.D. Meyer "Revised slope length factor for the universal soil loss equation,” *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*, 5 (32), 1571–1576 (1989).
21. H. Mitsova, J. Hofierka, M. Zlocha, L. R. Iverson "Modelling topographic potential for erosion and deposition using GIS,” *International Journal of Geographical Information Systems*, 5 (10), 629–641 (1996).

Сведения об авторах:

Крючков Никита Романович, аспирант кафедры эрозии и охраны почв факультета почвоведения МГУ; e-mail: nrkruychkov@gmail.com.

Макаров Олег Анатольевич, д.б.н., завкафедрой эрозии и охраны почв факультета почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова, зав. лабораторией почвенно-экологического мониторинга УО ПЭЦ МГУ им. М.В. Ломоносова; e-mail: oa_makarov@mail.ru.

Определение содержания кобальта в системе почва-растение-животное

Р.Р. Газетдинов, к.х.н., доц., Г.Х. Абдулгафарова

Башкирский государственный университет, филиал в г.Бирск

Исследования поступления тяжелых металлов (как опасных загрязнителей) в окружающую среду и их миграции по биосистеме имеют высокую актуальность и практическую значимость. Нами изучено содержание кобальта в системе почва-растение-животные в отдельных районах Республики Башкортостан с целью оценки степени насыщенности кобальтом и его миграции в биосистемах. Фотометрическим методом с использованием 2 нитрозо-1-нафтола, установлено, что в биосистеме почва-растение-животное Баймакского района содержание кобальта составляет 21,2–0,9–128,7 мг/кг, а Бирского — 10,3–0,3–111,4 мг/кг, соответственно. Показано, что миграция кобальта вверх по системе почва-растение-животное происходит ограниченно. Критического естественного и техногенного загрязняющего действия не обнаружено. Полученные данные могут быть использованы в области охраны окружающей среды, рационального природопользования и здравоохранения.

Ключевые слова: кобальт, тяжелые металлы, биосистема, фотометрический метод.

Введение

Металлы, попадающие в окружающую среду, в первую очередь, тяжелые металлы, представляют высокую степень опасности, сравнимую с различными химическими загрязнителями (например, пестицидами, выбросами с заводов) и не перерабатываемыми отходами АЭС.

Поступление тяжелых металлов в живые организмы, в том числе и млекопитающих, включая человека, происходит в основном с пищей растительного характера. Накопление практически всех металлов в растениях обусловлено транспортом и поглощением их корневой системой из почвы, поэтому исследования миграции тяжелых металлов в системе почва-растения-животные имеют высокую актуальность и важное практическое значение [1, 2].

Примечательно, что некоторые тяжелые металлы, являясь токсичными, одновременно выполняют и биофильные функции. Один из таких металлов — кобальт, участвующий в биохимических процессах животных и растительных организмов. Токсичность соединений кобальта проявляется при избыточном их поступлении в живые организмы и выражается в поражении сердечно-сосудистой системы, нарушении метаболизма цинка, функциональных расстройствах гормональной системы, гипоксии и т.д. [3].

Материалы и методы исследования

Для оценки степени насыщенности кобальтом и его миграции в биосистемах целью исследования выбрано определение содержания кобальта в системе почва-растение-животные в отдельных районах Башкортостана.

Объектами исследования выбраны: 1) почвы лесостепной зоны Баймакского и Бирского района (тип почв — серые лесные, верхние органогенные горизонты А и В); 2) растительный покров чередующихся представителей степной и лесной флоры, произрастающий на выбранной территории;

3) биоматериал животных, откормленных на выбранных территориях — пробы биоматериала — образцы печени и мышечной ткани.

Отбор всех проб производился в соответствии с действующими нормативными документами, регламентирующими данный процесс. Координаты точек отбора проб: в Бирском районе — 55.426057; 55.624805; в Баймакском — 52.610439; 58.261215. Пробы почв были отобраны пятиточечным методом, требуемым для химического анализа тяжелых металлов, с верхних горизонтов А и В. Пробоподготовка образцов почв включала в себя предварительную очистку от крупных включений (камни, корни растений и т.д.), измельчение и гомогенизацию. Из отобранных и предварительно подготовленных образцов почв были приготовлены почвенные вытяжки [4,5,6].

Для оценки содержания кобальта в растениях произведен анализ образцов сена, собранного при укосе наземной растительной массы, произрастающей на выбранной территории. Анализируемые растения не подразделяли на виды и семейства, поскольку целью работы было определение уровня накопления кобальта в целом в укосах надземной фитомассы. Предварительная пробоподготовка образцов сена заключалась в очистке от крупных примесей и последующей гомогенизации [7,8].

Пробы биоматериалов животных были отобраны в количестве, необходимом для анализа кобальта, у забойных бычков возрастом 1 год, выращенных и откормленных преимущественно сеном, заготовленным на указанной территории. Предварительная пробоподготовка образцов биоматериалов выполнена путем их измельчения и озоления [9].

Выделение кобальта из подготовленных проб выполнено последовательным растворением компонентов золы в азотной и фосфорной кислотах с последующей реакцией кобальта с 2-нитрозо-1-нафтолом и экстракцией образовавшегося комплекса хлороформом. Количественное опре-

деление содержания кобальта в исследуемых образцах проводилось фотометрическим методом с применением 2-нитрозо-1-нафтола на однолучевом сканирующем спектрофотометре повышенной точности СФ-103 [10,11]. Фотометрический метод с применением различных органических реагентов, в частности с оксинитрозосоединениями, является наиболее чувствительным, доступным и селективным. Применение фотометрии с 2-нитрозо-1-нафтолом позволяет определять содержание кобальта до 3·10⁻⁴ %, а содержание его в незагрязненных биосистемах почва-растение-животное, как правило, не превышает 1,5·10⁻⁴ %. Метод основан на образовании окрашенного комплекса кобальта с 2-нитрозо-1-нафтолом и фотометрическом измерении оптической плотности образовавшегося комплекса при длине волны 360 — 370 нм. Оптическую плотность измеряли по отношению к хлороформу. Расчеты содержания кобальта проведены относительно градуировочного графика, построенного по стандартным растворам, содержащим 0,003; 0,006; 0,009; 0,012; 0,015 мг кобальта, согласно стандартизированной методики.

Для минимизации влияния случайных и систематических ошибок каждый опыт и измерение проводились по три раза, результаты не укладывающиеся в интервал достоверности, рассчитанный с помощью Т-альфа параметра Стьюдента, отбрасывались. Статобработка результатов измерений проводилась с использованием программы MS Excel 2016.

Результаты и их обсуждение

Результаты определения содержания кобальта в образцах почвы приведены в *табл. 1*.

Таблица 1

Содержание кобальта в пробах образцов почвы, мг/кг

Район	Горизонт А	Горизонт В	Среднее по горизонтам
Бирский	8,7	11,9	10,3
Баймакский	17,7	24,9	21,2

По результатам измерений, можно отметить, что темно-серые лесные почвы Баймакского района имеют существенно более высокое содержание кобальта по сравнению со средним содержанием в лесной почве Бирского района. Прежде всего, это связано с химическим составом почвообразующих пород (близость Уральских гор), наличия промышленного производства в непосредственной близости. Также видно неравномерное содержание кобальта по горизонтам почвы — более обогащены кобальтом глубокие слои почвы, что соответствует литературным данным. Полученные нами результаты коррелируют с данными полученными Б.М. Миркиным в 1996 г. и И.Г. Асылбаевым в 2015 г. [12].

Результаты определения содержания кобальта в образцах сена приведены в *табл. 2*.

Таблица 2

Содержание кобальта в пробах образцов сена, мг/кг

Район	Содержание кобальта
Бирский	0,3
Баймакский	0,9

Содержание кобальта в пробах сена предсказуемо больше в образцах Баймакского района, и меньше в образцах Бирского района, что согласуется с его содержанием в верхних слоях почв. Однако, следует обязательно подчеркнуть, что содержание кобальта в надземной растительной массе (т.е. в сене) ограничивается корневым барьером растений, что отмечено в различных литературных источниках. Например, исследования, проведенные в 2018 г. А.З. Нимбуевой и Г.Д. Чимитдоржиевой, показывают, что гуминовые и фульвокислоты являлись барьером для тяжелых металлов при транслокации их в растения [1].

Результаты определения содержания кобальта в образцах биоматериалов приведены в *табл. 3*.

Таблица 3

Содержание кобальта в пробах образцов биоматериалов, мг/кг

Район	Печень	Мышечная ткань
Бирский	79,8	142,9
Баймакский	104,6	152,7

По результатам измерений, можно отметить, что в мышечной ткани содержится существенно большее количество кобальта. Содержание кобальта в почве и кормовых культурах влияет на его концентрацию в тканях животных. Однако, прямого критического повышения концентрации кобальта в образцах биоматериалов с Баймакского района, по сравнению с образцами с Бирского района не выявлено.

Заключение

Таким образом, по проведенным исследованиям можно сделать следующие выводы.

Содержание кобальта в почвах Баймакского и Бирского районов определяется как природными, так и техногенными факторами. Естественное накопление его обусловлено в основном почвообразующими процессами, а техногенные — привносом с удобрениями, ветровым и водным переносом мелких частиц при добычи полезных ископаемых.

Установлено, что в биосистеме почва-растение-животное Баймакского района содержание кобальта составляет 21,2—0,9—128,7 мг/кг, а Бирского — 10,3—0,3—111,4 мг/кг.

Миграция кобальта вверх по системе почва-растение-животное происходит ограниченно. Содержание кобальта в почвах определяется как

природными, так и техногенными факторами. Перенос кобальта из почвы в надземную растительную массу ограничивается корневым барьером

растений. На концентрацию кобальта в тканях животных влияет его содержание в почве и кормовых культурах.

Литература

1. Чимитдоржиева Г. Д., Нимбуева А. З., Чимитдоржиева Э. О. Кобальт и хром в системе: порода-почва-растение-гумус (на примере западного Забайкалья) // *Агрохимия*, 2018. № 2. — С. 81–85.
2. Водяницкий Ю. Н., Ладонин Д. В., Савичев А. Т. Загрязнение почв тяжелыми металлами. — М.: Россельхозакадемия, 2012. — 304 с.
3. Афиногенов Ю. П., Бусыгина И. А., Гончаров Е. Г. Биогенные элементы и их физиологическая роль: учебное пособие. — Воронеж: ВГУ, 2008. — 143 с.
4. ГОСТ Р 58595–2019. Почвы. Отбор проб. Введ. 2019–10–10. — М.: Стандартинформ, 2019. — 8 с.
5. ГОСТ 17.4.3.01–2017. Почвы. Общие требования к отбору проб. Введ. 2017–11–30. — М.: Стандартинформ, 2017. — 10 с.
6. ГОСТ 17.4.4.02–2017. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. Введ. 2019–01–01. — М.: Стандартинформ, 2019. — 12 с.
7. ГОСТ 27262–87. Корма растительного происхождения. Методы отбора проб. Введ. 1988–07–01. — М.: Изд. стандартов, 1988. — 9 с.
8. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства Министерства сельского хозяйства РФ. — М.: ЦИНАО, 1992. — 63 с.
9. ГОСТ Р 51447–99. Мясо и мясные продукты. Методы отбора проб. Введ. 2019–10–10. — М.: Стандартинформ, 2019. — 8 с.
10. ГОСТ Р 50687–94. Почвы. Определение подвижных соединений кобальта по методу Пейве и Ринькиса в модификации ЦИНАО. Введ. 2019–10–10. — М.: Стандартинформ, 2019. — 8 с.
11. Методические указания по колориметрическому определению микроэлементов в кормах и растениях. — М.: ЦИНАО, 1977. — 38 с.
12. Асылбаев И. Г. Оценка геохимического состояния почв Южного Урала : дис. ... д.б.н.: 03.01.00. — Уфа, 2016. — 516 с.

Сведения об авторах:

Газетдинов Ришат Ринатович, к.х.н., доцент, доцент кафедры биологии, экологии и химии Башкирского государственного университета, Бирский филиал; e-mail: aldrich@mail.ru.

Абдулгафарова Гульназ Халиловна, магистрант кафедры биологии, экологии и химии, Башкирский госуниверситет, Бирский филиал.

Короткие сообщения

Рынок «зеленой» продукции

2 сентября Россельхозбанк опубликовал прогноз, в котором отмечается, что российский рынок «зеленой» сельхозпродукции будет расти со средним темпом 10-12% в год, а его объем может составить более 15 млрд рублей к 2024 году.

Эксперты Центра макроэкономического и регионального анализа и прогнозирования Россельхозбанка считают ключевыми факторами такого роста эффект низкой базы, нормативное оформление требований к таким производителям и популяризацию культуры потребления экологически чистой продукции. По мнению экспертов Россельхозбанка, драйвером развития новой подотрасли АПК, производящей экологически чистые сельхозпродукты станет ФЗ «О сельскохозяйственной продукции, сырье и продовольствии с улучшенными характеристиками», вступивший в силу 1 марта. В 2022 г. Россельхозбанк планирует создание информационного раздела в рамках экосистемы «Свое Фермерство», помогающего предприятиям АПК осуществить сертификацию сельхозпродукции с улучшенными характеристиками с помощью цифровых сервисов.

Россельхозбанк

Пищевая экоупаковка

По оценкам аналитиков Центра макроэкономического и регионального анализа и прогнозирования Россельхозбанка, объем российского рынка упаковки может увеличиться на 30% и достигнуть 1,7 трлн рублей к концу 2025 года. При этом доля экоупаковки может составить до 50% от всего объема выпускаемой в России упаковки.

Экоупаковка является относительно новым сегментом, мировой рынок такой упаковки оценивается в \$300 млрд. Экологичной считается упаковка, безопасная для продуктов питания, отвечающая критериям пригодности для вторичной переработки, возможности повторного использования и способности к биоразложению. В России рынок экоупаковки будет формироваться в рамках реализации механизма расширенной ответственности производителей, согласно которому с 2025 г. будет введен стопроцентный норматив утилизации выпускаемой упаковки. Перенос ответственности по утилизации на производителей упаковки станет стимулом для изменения компонентного состава при ее производстве. Процесс потребует от компаний новых современных решений. Для перепрофилирования и модернизации мощностей отрасли потребуется более 30 млрд руб. в год.

Россельхозбанк

Агрономия

УДК 631.417.1:631.46:631.416.1

Оценка величин азотминерализующей способности в различных почвенно-экологических регионах

*В.Н. Башкин, д.б.н., проф.**Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН*

Разработана методика определения азотминерализующей способности (АМС) почв и выполнена оценка этих величин в различных почвенно-экологических условиях при выращивании разнообразных сельскохозяйственных культур. Показано, что определение величин АМС в качестве диагностического показателя азотного режима почв позволяет увеличить эффективность использования азотных удобрений и снизить отрицательные экологические последствия их нерационального применения.

Ключевые слова: азотминерализующая способность почв, метод определения, почвенно-экологические условия, сельскохозяйственные культуры, экологические последствия.

Введение

Известно, что суммарная оценка трансформации азота в почве под воздействием различных факторов (дозы удобрений, гидротермические параметры, агрохимические показатели почвы, микробиологическая активность) может быть сделана на основании определения азотминерализующей способности почв. Азотминерализующая способность почв может быть охарактеризована как количество органического азота в почве, способного к минерализации в течение прогнозируемого вегетационного сезона и которое будет включать в себя азот, поглощенный растениями, реиммобилизируемый микроорганизмами, теряемый при вымывании и денитрификации, а также остающийся в доступной форме после окончания периода вегетации [1–8].

Целью данной работы является оценка величин азотминерализующей способности почв в различных почвенно-экологических условиях для диагностики азотного питания растений.

Методы

Оценка азотминерализующей способности почвы, которая является важнейшим критерием степени выраженности агрогеохимического цикла азота, может быть выполнена на основании метода определения минерализуемого азота почвы,

эквивалентного по доступности азоту удобрений, проводимого в условиях компостирования образцов с возрастающими дозами азотных удобрений. Компостирование образцов почвы проводится при оптимальных условиях температуры (18–28°C) и влажности (60% ППВ) в течение 4 недель с набором (4–6) доз азотных удобрений, эквивалентных планируемым под различные сельскохозяйственные культуры. Величина азотминерализующей способности почвы определяется путем нахождения первой производной квадратического уравнения регрессии, описывающего накопление доступного азота (нитраты и обменный аммоний) в почве в зависимости от доз вносимых азотных удобрений. Можно также использовать метод решения этого уравнения с нахождением его корней. Влияние гидротермических условий вегетационного периода учитывают с помощью долгосрочных метеорологических прогнозов или на основе среднесезонных данных для конкретного региона. Этот учет осуществляется с использованием поправок к скорости накопления доступного азота в почве при компостировании в зависимости от условий температуры и влажности [9].

Результаты

В течение длительного периода времени, начиная с 80-х гг. XX в. и по настоящее время, проводи-

лись определения величин азотминерализующей способности (АМС) в различных почвенно-экологических условиях с разнообразными сельскохозяйственными культурами.

Серая лесная почва лесостепной зоны умеренного климата

В условиях многофакторного опыта на серой лесной почве южного Подмосковья было оценено изменение величин АМС в зависимости от вида обработки почвы, доз удобрений, срока отбора образцов и вида выращиваемой культуры (табл. 1). Величины азотминерализующей способности образцов почвы, отобранных в начале вегетации ячменя (28.5) независимо от уровня удобренности и глубины отбора, были максимальными при комбинированной обработке почвы (поверхностное фрезерование + безотвальное рыхление) и минимальными при традиционной отвальной обработке. Средние величины составляли 2,35; 3,53 и 6,40 мг N/100 г для отвальной, поверхностной и комбинированной обработки почвы, соответственно, и достоверно различались на уровне значимости $P_{0,05}$ (табл. 2). Полученные данные совпадали с теми, что отмечены в тот период для величин азотминерализующего потенциала в опыте с яровой пшеницей при различной обработке почвы [10]. Это может быть объяснено большей

аккумуляцией органического вещества при комбинированной обработке по сравнению с другими видами, что сопровождается соответствующим усилением биологической активности и возрастанием величин АМС.

Сочетание комбинированной обработки почвы с высоким уровнем удобренности ($N_{120} + 40$ т/га навоза) приводило к максимальным величинам АМС в течение всего периода наблюдений независимо от выращиваемой культуры. Внесение органических удобрений сопровождалось увеличением азотминерализующей способности при всех видах обработки почвы.

Азотминерализующая способность серой лесной почвы в верхнем слое почвы (0–20 см) была выше, чем в нижележащем слое 20–40 см (см. табл. 1), однако внесение высокой дозы азота совместно с навозом сдвигало максимум значениям в нижний слой, причем в наибольшей степени это было выражено на вариантах с минимальной обработкой почвы. Это связано с тем, что накопление органического вещества ($C_{\text{орг}}$) при плоскорезной обработке происходило во всем изученном 0 — 40 см слое почвы.

Изменение величин АМС в зависимости от периода отбора проб показано в табл. 3. Различия между средними величинами в слое 0–20 см

Таблица 1

Азотминерализующая способность серой лесной почвы в условиях многофакторного эксперимента, мг/100 г

Вид обработки почвы ¹	Степень удобренности ²	Глубина, см	Ячмень		Озимая пшеница	
			28.V	23.VII	28.V	23.VII
A1	C1	0–20	1,90	1,66	2,11	0,85
		20–40	0,46	1,71	2,33	1,19
	C2	0–20	3,57	3,11	1,35	1,53
		20–40	3,02	2,48	1,96	1,36
	C3	0–20	4,81	4,59	2,34	1,80
		20–40	0,36	1,69	2,96	1,50
A2	C1	0–20	3,80	4,34	3,32	0,96
		20–40	4,75	6,16	2,38	1,16
	C2	0–20	2,24	1,99	3,75	2,07
		20–40	1,99	1,49	1,25	1,20
	C3	0–20	2,41	1,48	3,93	0,67
		20–40	5,09	3,56	1,41	1,43
A3	C1	0–20	4,11	1,62	2,58	3,56
		20–40	2,90	1,24	1,46	1,78
	C2	0–20	8,58	8,38	1,95	2,83
		20–40	3,57	3,19	1,04	1,84
	C3	0–20	9,36	2,59	4,87	6,92
		20–40	2,55	4,30	1,60	1,13

¹A1 — отвальная на основе плуга; A2 — поверхностная на основе фрезы; A3 — комбинированная (поверхностная + безотвальное рыхление).

²C1 — без удобрения; C2 — оптимальный уровень (60 кг N/га для ячменя и 90 кг N/га для озимой пшеницы); C3 — высокий уровень (120 кг N/га + 20 т/га навоза для ячменя и 120 кг N/га + 40 т/га навоза для озимой пшеницы).

Таблица 2

Стандартные выборочные характеристики распределения величин азотминерализующей способности серой лесной почвы в зависимости от вида её обработки при выращивании ячменя

Стандартные характеристики	Вид обработки почвы ¹		
	A1	A2	A3
N	6	6	6
$X_{\min}$	0,36	1,99	2,55
$X_{\max}$	4,81	5,99	9,36
$X_{\text{ср}}$	2,35	3,53	6,40
Дисперсия	3,15	4,17	11,05
σ^2	1,77	2,01	3,32
S_x	0,72	1,17	1,36
V, %	75	62	52
Асимметрия	0,06	0,04	-0,03
Эксцесс	1,44	1,13	0,79

¹Обозначения вида обработки те же, что в табл. 1.

Таблица 3

Стандартные выборочные характеристики распределения величин азотминерализующей способности серой лесной почвы в зависимости от периода отбора проб при выращивании ячменя, мг/100 г почвы

Стандартные характеристики	28. V.	23. VII.
n	18	18
$X_{\min}$	1,35	0,67
$X_{\max}$	9,36	6,92
$X_{\text{ср}}$	3,44	2,33
σ^2	1,80	1,51
S_x	0,42	0,36
95- % доверительный интервал	2,55 — 4,34	1,58 — 3,08
Дисперсия	3,24	2,28
V, %	52	65
Асимметрия	1,81	1,51
Эксцесс	6,73	5,17

были недостоверными, так же как недостоверными были различия дисперсий.

Изучение действия и последствия азотных удобрений, вносимых в виде нитрата аммония в дозах 0, 60, 120 и 180 кг N/га под озимую пшеницу, проводилось на серой лесной почве. Наряду с оценкой влияния влажности на величину АМС изучались динамика и аккумуляция доступного азота ($\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+_{\text{обм}}$) с сопряженным измерением количества нитрификаторов. Величины урожая озимой пшеницы в условиях рассматриваемого вегетационного сезона были относительно невысокими, что связано с засухой в период колошения, и практически одинаковыми на всех вариантах опыта (как при внесении азота, так и при изучении его последствия). Это может быть объяснено тем, что запасы доступного азота в почве [N — (нитраты и обменный аммоний), АМС и азот удобрений] составили 275 и 280 кг/га на вариантах с внесением N_{60} и последствием N_{240} (табл. 4). Величины АМС были достоверно связаны с числом

нитрификаторов согласно следующему уравнению регрессии: $Y = 188,00 + 0,0146 x^2$, $R = 0,753$.

Эта тесная связь может быть объяснена тем, что аккумуляция доступного азота в почве как количественный показатель азотминерализующей способности происходит в основном в форме нитратного азота.

Следует отметить тенденцию к уменьшению величин АМС серой лесной почвы при выращивании озимой пшеницы, чем при выращивании ячменя, что может быть объяснено как более длительным периодом вегетации данной культуры, так более интенсивным поглощением азота.

Влияние вида выращиваемой культуры

Изучение вида выращиваемой культуры и, соответственно, степени удобрения почвы было проведено на выщелоченном тяжелосуглинистом черноземе и дерново-подзолистой супесчаной почве (табл. 5). Величина АМС в целинном черноземе была выше, чем в целинной разности дерново-подзолистой почвы.

Таблица 4

Величины азотминерализующей способности при изучении действия и последствий азотных удобрений на урожай озимой пшеницы

Вариант	Показатель ¹	Сроки отбора проб				Урожай, т/га	Вынос N, кг/га
		21. V	4. VI	18. VII	2. VIII		
0	1	38	48	42	60	1,4	30,7
	2	48,4	29,4	20,7	40,7		
	3	70,5	34,8	43,8	69,9		
	4	84,3	42,0	53,4	76,5		
	5	29,3	25,2	34,2	40,4		
N ₆₀	1	39	42	51	82	2,62	70,4
	2	193,2	95,2	152,9	166,7		
	3	172,5	154,5	145,5	157,5		
	4	186,3	163,5	155,1	169,5		
	5	74,4	44,2	64,4	84,0		
После действия N ₂₄₀	1	35	54	52	60	2,61	74,9
	2	393,2	202,4	94,1	102,6		
	3	178,5	103,5	114,6	147,6		
	4	200,1	121,5	129,0	159,0		
	5	136,0	83,7	77,1	210,9		

¹1 — влажность, % ППВ; 2 — количество нитрификаторов, тыс./г; 3 — N-NO₃⁻, кг/га; 4 — N — (NO₃⁻ + NH₄⁺ обм), кг/га; 5 — азотминерализующая способность, кг/га.

Таблица 5

Оценка азотминерализующей способности почв в зависимости от вида выращиваемой культуры, мг N/100 г почвы

Культура	Азотминерализующая способность	
	выщелоченный чернозем	дерново-подзолистая супесчаная почва
Целина	5,45	2,04
Картофель	12,04	5,88
Озимая пшеница	6,65	4,12
Конопля	8,03	-
Кукуруза	-	8,01
Ячмень	2,57	2,11
Многолетние травы	9,84	7,11

Внесение органических удобрений под технические культуры, такие как картофель и конопля, а также под кукурузу и озимую пшеницу (40–100 т/га навоза КРС) приводило к увеличению азотминерализующей способности как чернозема, так и дерново-подзолистой почвы. Выращивание ячменя в зерновом севообороте на черноземе без внесения удобрений сопровождалось снижением способности почвы к минерализации азота по сравнению с целинной разностью в 2 раза (4,42 и 2,57 мг N/100 г почвы). Выращивание многолетних трав, напротив, увеличивало величины АМС на обоих типах почв, причем в относительном выражении это увеличение было большим на дерново-подзолистой почве.

Влияние видов удобрений на азотминерализующую способность почв

Влияние различных видов органических и минеральных удобрений на азотминерализующую

способность было изучено в опыте на лугово-черноземной почве стационара «Выдраны», Словакия. Опыт заложен в 1982 г. Образцы отбирались из верхнего слоя почвы (0–20 см) после уборки кукурузы на зерно в 1985 г. [10].

Данные табл. 6 показывают, что 4-летнее выращивание сельскохозяйственных культур (озимая пшеница 3 года, затем кукуруза) без внесения удобрений сопровождалось снижением величин АМС почвы (2,96 против 5,11 мг N/100 г почвы на соседнем целинном участке этой почвы). Внесение органических удобрений оказывало неоднозначное влияние на величины АМС лугово-черноземной почвы. Так, внесение соломы стабилизировало эту величину на уровне целинной разности, тогда как жидкий навоз уменьшал азотминерализующую способность, а зеленое удобрение резко увеличивало. Следует отметить, что на варианте с применением

Таблица 6

Азотминерализующая способность лугово-черноземной почвы в зависимости от внесения органических и минеральных удобрений, мг N/100 г почвы

Вариант опыта	АМС	Форма N						C:N
		NH_4^+ обм	NO_3^-	NH_4^+ обм + NO_3^-	NH_4^+ необм	сумма N мин	$N_{орг}$	
Без удобрений	2,96	0,34	0,34	0,68	14,96	15,64	283	9,12
Солома	5,03	0,22	0,34	0,56	13,18	13,74	281	9,40
Жидкий навоз	3,70	0,22	0,26	0,48	15,08	15,56	329	10,00
Зеленое удобрение	11,08	0,26	1,14	1,40	14,54	15,94	284	10,95
$Ca(NO_3)_2$	4,69	0,22	0,30	0,52	14,38	14,90	290	9,72
$(NH_4)_2SO_4$	6,30	0,24	0,44	0,68	14,76	15,44	305	9,80

Таблица 7

Динамика азотминерализующей способности чернозема обыкновенного при возделывании озимой пшеницы по кукурузе

Показатель	Сроки отбора			
	март-апрель	апрель-май	май-июнь	июнь-июль
Влажность почвы, %	28,5	23,5	20,3	22,4
Температура почвы, °C	7,4	15,6	17,6	23,0
Исходное содержание N мин, мг/кг	4,84	5,31	3,91	3,52
Азотминерализующая способность, мг/кг	50,4	45,2	37,6	44,2

зеленого удобрения было и наибольшее количество остаточного доступного минерального азота (1,40 мг N/100 г почвы против 0,48 — 0,68 мг N/100 г почвы на других изучаемых вариантах). Кроме того, показано, что на этом варианте наблюдалось максимальное вымывание азота в нитратной форме. Применение минеральных азотных удобрений в виде сульфата аммония сопровождалось незначительным увеличением величины АМС по сравнению с целинной почвой, тогда как 4-летнее внесение нитратной формы несколько уменьшало её (4,69 мг N/100 г почвы).

**Чернозем обыкновенный
Ростовской области**

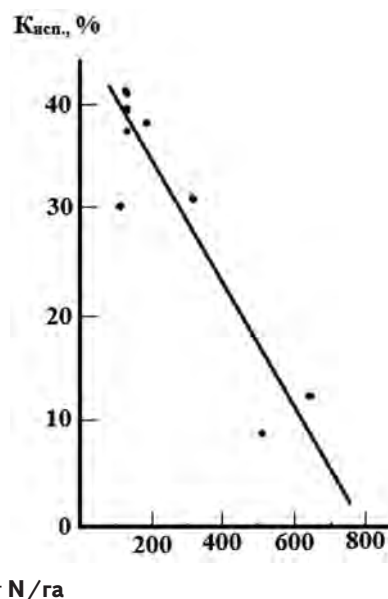
Для определения потенциала минерализации почвенного азота проводили компостирование почвы в течение 4 недель образцов почвы из слоя 0–30 см чернозема обыкновенного Ростовской области. Образцы почвы отбирали из поля чистого пара и озимой пшеницы, возделываемой по кукурузе. В образцы почвы перед компостированием вносили азотные удобрения в дозах 0, N_{30} , N_{60} , N_{120} , N_{150} , наиболее приближенные к реальным значениям в изучаемых агроценозах.

В среднем за 3 года изучения минерализация азота в почве парового поля составила 81 мг/кг и в наибольшей степени зависела от исходного содержания минерального азота в почве [12].

Азотминерализующая способность чернозема обыкновенного в поле с озимой пшеницей, возделываемой по кукурузе на силос, в среднем за годы исследований меньше, чем в почве чистого пара — 46,1 мг/кг (табл. 7).

Обсуждение

Таким образом, азотминерализующая способность почв является комплексным количественным показателем для характеристики основных процессов агрогеохимического цикла азота (иммобилизация ↔ мобилизация) и оценки влияния на эти процессы азотных удобрений. При использовании величин АМС как диагностического показателя повышается и эффективность использования как азота удобрений, так и азота почвы, что более детально рассмотрено нами ранее [12]. При этом установлено (рис. 1), что величины АМС (x) име-



АМС, кг N/га

Рис. 1. Зависимость величин коэффициента использования азота удобрений (y) различными культурами от азотминерализующей способности почвы (x)

ли достоверную обратную корреляционную связь с величинами коэффициентов использования азотных удобрений (y): $y = 43,4 - 0,0550 x$, $r = -0,928$, $P_{0,01}$.

При этом азотминерализующая способность почвы служит наиболее эффективным фактором устойчивости агроэкосистемы в целом, поскольку на её основании можно количественно оценивать дозы применяемых азотных удобрений под различные культуры.

Заключение

Определение величины азотоминерализующей способности почв позволяет прогнозировать и моделировать различные аспекты трансформации азота в почве, оценивать аккумуляцию и динамику подвижных минеральных азотных соедине-

ний в почве, превращение азота в таких системах как почва — удобрение — растение и почвогрунты — вода.

Азотминерализующая способность почв является количественным показателем, отражающим конкретный уровень плодородия, различные аспекты экологической трансформации минеральных азотных соединений в почве. Эта величина позволяет прогнозировать экологически безопасные дозы удобрений для получения урожайности сельскохозяйственных культур заданного уровня.

Следовательно, определение величин АМС в качестве диагностического показателя азотного режима почв позволяет увеличить эффективность использования азотных удобрений и снизить отрицательные экологические последствия их нерационального применения.

Литература

1. *Bashkin V. N.* Modern Biogeochemistry: Environmental Risk Assessment, 2d Ed. — Springer Publ., 2006. — 444 p.
2. *Gardner J. B., Drinkwater L. E.* The fate of nitrogen in grain cropping systems: a meta-analysis of 15N field experiments // *Ecol. Appl.*, 2009. V. 19. — Pp. 2167–2184.
3. *Liu Y., Wang C., He N., Wen X., Gao Y., Li S., Niu S., Butterbach-Bahl K., Luo Y., Yu G.* A global synthesis of the rate and temperature sensitivity of soil nitrogen mineralization: latitudinal patterns and mechanisms // *Glob. Change Biol.*, 2017. V. 23. — Pp. 455–464.
4. *Miller K. S., and Geisseler D.* Temperature sensitivity of nitrogen mineralization in agricultural soils // *Biol. Fertil. Soils*, 2018. V. 54. — Pp. 853–860. DOI:10.1007/s00374-018-1309-2.
5. *Miller K. S., Aegerter B. J., Clark N. E., Leinfelder-Miles M., Miyao E. M., Smith R., Wilson R., Geisseler D.* Relationship between soil properties and nitrogen mineralization in undisturbed soil cores from California agroecosystems // *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 2019. V. 50. — Pp. 77–92. DOI:10.1080/00103624.2018.1554668.
6. *Geisseler D., Miller K. S., Aegerter B. J., Clark N. E., Miyao E. M.* Estimation of annual soil nitrogen mineralization rates using an organic-nitrogen budget approach // *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 2019. V. 83. — Pp. 1227–1235. DOI:10.2136/sssaj2018.12.0473.
7. *Семенов В. М.* Функции углерода в минерализационно-иммобилизационном обороте азота в почве // *Агрохимия*, 2020. №6. — С. 78–96. DOI: 10.31857/S0002188120060101.
8. *Гамзиков Г. П., Сулейменов С. З.* Азотминерализующая способность серой лесной почвы Новосибирского Приобья при компостировании и паровании растительных остатков // *Почвоведение*, 2021. №5. — С. 582–591.
9. *Башкин В. Н., Кудеяров В. Н.* Метод определения азотминерализующей способности почв. Авторское свидетельство СССР №1206703, 1983.
10. *Башкин В. Н.* Агрогеохимия азота. — Пущино: ОНТИ НЦБИ, 1987. — 270 с.
11. *Bashkin V. N.* Increasing the Efficiency of Nitrogen Use: Assessing the Nitrogen-Mineralizing Capability of Soils // *Russian Agricultural Sciences*, 2022. V. 48. No. 4. — Pp. 283–289. DOI: 10.3103/S1068367422040012.
12. *Новиков А. А.* Азотминерализующая способность почв как компонент устойчивости агроценоза // *Научный журнал КубГАУ*, 2021. №173(09). DOI <http://ej.kubagro.ru/2021/09/pdf/08.pdf>.

Сведения об авторе:

Башкин Владимир Николаевич, д.б.н., проф., г.н.с. Института физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, ФИЦ НЦБИ РАН, Пущино, ул. Институтская, 2, корп. 2; e-mail: vladimirbashkin@yandex.ru

Агроэкономика

УДК 338.23

Перспективы формирования двухуровневой системы агрологистических центров в условиях новых вызовов для АПК России

С.В. Ламанов¹, М.Р. Ли², к.э.н., Р.А. Ромашкин¹, к.э.н., Т.В. Сурганова¹ к.фил.н.

¹Евразийский центр по продовольственной безопасности МГУ им. М.В. Ломоносова

²НИУ «Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства»

В статье исследуются вопросы развития агрологистической инфраструктуры России в условиях постоянной угрозы расширения санкций, роста транспортных издержек и сложностей обеспечения трансграничных транзакций. Поскольку наиболее зависимая от импорта плодоовощная и молочная продукция в значительных объемах производится малыми формами хозяйствования, представляется необходимым ее активное вовлечение в товарооборот. Для достижения этой цели предлагается сформировать в стране двухуровневую систему агрологистических центров (АЛЦ): сеть районных АЛЦ, которые можно назвать центрами первого уровня, должна быть дополнена крупными региональными АЛЦ, которые можно определить как центры второго уровня. Формирование двухуровневой системы АЛЦ представляется задачей, решаемой на принципах государственно-частного партнерства. При этом объекты агрологистической инфраструктуры целесообразно имплементировать в планы развития национальной транспортной сети.

Ключевые слова: агрологистическая инфраструктура, агрологистический центр, малые формы хозяйствования, товаропроводящая система, экспорт.

Актуальность вопроса

На протяжении последних лет продовольственная система России в целом и продовольственная логистика в частности формировались исходя из принципа повышения интегральной эффективности. В этот период высокомаржинальные импортные продовольственные поставки, несмотря на призывы к развитию импортозамещения, росли, и их стоимостные объемы превышали объемы экспорта (в 2021 году агропродовольственный импорт составил \$33,2 млрд, а экспорт — \$32,7 млрд) [1].

В настоящее время при постоянной угрозе расширения санкций, росте транспортных издержек, сложностях с обеспечением трансграничных транзакций происходит изменение стратегических установок: важнейшим требованием становится повышение уровня национального самообеспечения и устойчивости отраслей и секторов экономики даже в ущерб их эффективности. Очевидно, что в обозримой перспективе стратегия развития про-

довольственной системы страны будет формироваться в соответствии с указанными принципами.

Обозначенные вызовы заставляют обратиться к поиску и мобилизации резервов роста сельскохозяйственного производства, развитию продовольственной логистики (транспортной и складской), сокращению потерь продовольствия на всех стадиях производственно-сбытового процесса. Прежде всего, это относится к производству, транспортировке, хранению и переработке плодоовощной и молочной продукции, где потери продукции значительны, а зависимость от импорта наиболее высока. Согласно расчетам ЕЦПБ МГУ, в 2020 г. уровень самообеспеченности России по овощам составлял 67,8%, фруктам — 27,2%, молоку и молокопродуктам — 63,5%. Существенный прирост производства и реализации этой продукции может быть достигнут, причем в сжатые сроки, за счет вовлечения в товарный оборот продукции, производимой малыми формами хозяйствования (МФХ), включая личные подсобные хозяйства (ЛПХ).

Регионы Северокавказского и Южного федеральных округов являются основными поставщиками овощей и фруктов в России. При этом, значительная доля производства этой продукции приходится на мелкодисперсных производителей. Так, доля ЛПХ в производстве овощей составляет от 40% в Краснодарском крае до 92% в Дагестане. Аналогичная ситуация наблюдается и в производстве молока и мяса: доля производства молока в ЛПХ превышает 60% в Ставропольском крае и Дагестане, доля ЛПХ в производстве мяса скота и птицы превышает 50% во многих регионах рассматриваемых федеральных округов. Значительная доля произведенной МФХ продукции не поступает в товарный оборот. Кроме того, велики объемы неучтенной продукции, которая идет на личное потребление или теряется. Причины, по которым произведенная продукция не становится товарной, следующие:

- сложность транспортировки и аккумуляции малых партий продукции от МФХ;
- отсутствие устойчивых каналов сбыта;
- нехватка мощностей по хранению и переработке продукции;
- недофинансированность и низкий технологический уровень производства в МФХ.

Мобилизация латентных резервов производства сельхозпродукции упирается в общий недостаток мощностей по хранению и распределению собранной продукции. Так, по оценкам Научно-исследовательского финансового института (НИФИ) Минфина России, дефицит современных форматов мощностей по хранению и подработке сельскохозяйственной продукции в России в 2017 году составлял 60–70%, а распределительных мощностей — 30–40% [2]. При этом за прошедшие годы ситуация кардинально не поменялась. В результате потери в процессе хранения, транспортировки и переработки плодов и овощей достигают 40–50% от выращенной продукции.

Существует еще одно обстоятельство, которое препятствует вовлечению продукции МФХ в товарный оборот. Как показал спад 2014–2015 гг. и кризис, вызванный пандемией COVID-19 в 2020 г., падение потребительского спроса и введение ограничений санитарно-эпидемиологического характера приводят к заметному сокращению не сетевых форматов торговли продовольственными товарами. Так, в 2015 г. товарооборот рыночной и ярмарочной торговли снизился более чем на четверть [3].

В результате мелкие товаропроизводители теряют возможности сбыта своей продукции, и их хозяйства испытывают наибольшие трудности. Та же ситуация разворачивается и в настоящее время. Развита агрологистическая сеть призвана, в частности, обеспечить доступ к современным технологиям транспортировки, доработки, хранения и реализации продукции мелких производителей.

Таким образом, формирование современной агрологистики становится важнейшим фактором развития продовольственной системы России, укрепления продовольственной безопасности и роста производства в АПК страны.

История развития агрологистики в России

К решению задачи по созданию транспортной и сбытовой сети для мелкодисперсных сельхозпроизводителей в России приступили еще в конце XIX в., когда были созданы первые союзы потребительской кооперации, организованные на добровольной основе по территориальному принципу: первичное потребительское общество — райсоюз — губсоюз — Всероссийский кооперативный центр. На базе созданной сети в 1918 г. был сформирован Всероссийский центральный союз потребительских обществ, куда были принудительно включены все союзы потребительской кооперации. В последующем организация стала всесоюзной и получила наименование Центросоюз СССР.

Сеть кооперации к концу 80-х годов XX в. имела внушительные масштабы деятельности. Число пайщиков составляло около 25 млн человек. В Центросоюз входило почти 400 тыс. розничных торговых предприятий и более 100 тыс. предприятий общественного питания, на которых в совокупности трудилось 3,5 млн работников. Организации вели закупку продукции в личных подсобных хозяйствах, в том числе дикорастущих грибов, ягод, плодов, орехов. На предприятиях потребительской кооперации производились хлебобулочные изделия, безалкогольные напитки, мясная, молочная и другие виды продукции. Также организации потребительской кооперацией занимались розничной и оптовой торговлей, общественным питанием. Потребкооперация к концу 80-х гг. обеспечивала до 27% товарооборота СССР (а на селе — до 84%) [4].

Наследником Центросоюза СССР стал ныне действующий Центросоюз РФ. Отметим, что искажение принципа добровольного участия в союзе потребительской кооперации и излишняя забюрократизированность сыграли роковую роль в судьбе этой организации. По мнению А.А. Куракина, в системе кооперации Центросоюза не был «преодолен сложившийся негативный имидж кооперативов: люди проявляют безразличие или не доверяют кооперативам, чья членская база многократно сократилась... Члены кооперативов так и не стали подлинными и реальными хозяевами своих организаций, где заправляют делами чиновники, предприимчивые служащие и работники, которые на первый план ставят свои интересы и слабо нацелены на удовлетворение конкретных потребностей членов-пайщиков». Как результат, товарооборот потребкооперации на селе с 84% упал к середине второго десятилетия XXI в. до 13% [5].

В 2020 г. общая стоимость закупленной потребкооперацией сельхозпродукции и сырья от

населения и фермерских хозяйств составила 21,5 млрд руб. В настоящее время организация сосредоточила свои усилия на восстановлении сети сбора дикоросов, расширении числа автолавок и создании сети кооперативных магазинов «КООП-маркет». Однако, масштаб деятельности этой сети крайне мал: осенью 2021 г. под брендом «КООП-маркет» работал 151 магазин в Нижегородской и Калининградской областях с товарооборотом 153 млн руб. за 9 месяцев [6].

Таким образом, Центросоюз утратил свои бывшие позиции и в настоящее время является чрезвычайно слабым стейкхолдером в продовольственной системе России. В силу отсутствия достаточных материальных, финансовых и организационных ресурсов, эта организация не в состоянии выступить драйвером процесса по созданию современной агрологистической сети в России.

В ряде регионов России на протяжении 10-х гг. XXI в. предпринимались усилия по интенсификации развития сельскохозяйственной потребительской кооперации, инициированные региональными властями. В частности, Минсельхозом Башкортостана при консультативной поддержке Всемирного банка в 2016–2017 гг. была разработана «Концепция развития сельскохозяйственной потребительской кооперации в Республике Башкортостан на период 2018–2020 годов» [7]. Ключевым элементом Концепции являлась грантовая поддержка из республиканского бюджета проектов создания сельскохозяйственных потребкооперативов (СПоК). Гранты выделялись на конкурсной основе для реализации так называемых доходогенерирующих проектов, которые готовила и презентовала в Минсельхозе РБ инициативная группа по созданию СПоК [8].

Использование эффективного и доступного механизма поддержки позволило Башкортостану создать более 200 новых СПоК в 2019 г. и свыше сотни в 2020 г. Реализация дальнейших планов по развитию кооперации столкнулась с проблемой, которая прогнозировалась экспертами Всемирного банка еще на стадии подготовки и обсуждения проекта Концепции: под выросший объем производства кооперативной продукции в Башкортостане не была создана инфраструктура сбора, хранения и реализации этой продукции. Попытка создать магазинную сеть потребкооперации дала лишь ограниченные результаты, поскольку не была сформирована сеть малых агрологистических центров, которые взяли бы на себя аккумуляцию и бесперебойную поставку продукции в эти магазины. Образовался разрыв между потенциалом производства и потенциалом реализации дополнительной сельхозпродукции. В результате интересный и перспективный проект, имевший конечной целью вовлечение в товарооборот продукции сельхозкооперативов и ЛПХ, не получил комплексного развития и был реализован лишь частично. Тем не ме-

нее, он оказался показательным примером того, как продуманная система поддержки стартапов аграрных проектов может дать быстрый и существенный результат. Заметим, что показатель в 200 новых сельхозкооперативов, образованных за год только в одном регионе, сравним с аналогичным показателем по России в целом. Даже в крупных аграрных регионах страны в 10-е годы ежегодно получали поддержку менее десятка проектов по развитию СПоК (редким исключением являлась Липецкая область).

В 2015 г. была предпринята попытка сформировать федеральную сеть крупных оптово-распределительных центров (ОРЦ) методом «сверху» за счет разработки соответствующей госпрограммы с привлечением частных инвестиций в реализацию конкретных проектов. С этой целью была сформирована подпрограмма «Развитие оптово-распределительных центров и инфраструктуры системы социального питания» в рамках госпрограммы РФ «Государственная программа развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013–2020 годы». Горизонт планирования указанной подпрограммы составлял 2015–2020 годы.

Для реализации подпрограммы, на 2016 г. было первоначально заложено 7,37 млрд рублей, из которых 7,07 млрд руб. планировалось направить на субсидии на возмещение части процентной ставки по краткосрочным кредитам на переработку продукции растениеводства и животноводства, а оставшиеся 0,3 млрд рублей — на возмещение части прямых понесенных затрат на создание ОРЦ, получающих поддержку в рамках подпрограммы.

Объем бюджетных ассигнований подпрограммы за счет средств федерального бюджета в период 2015–2020 гг. должен был составить 79,28 млрд рублей. Исполнителем подпрограммы был определен Минсельхоз России.

К 2020 г. в рамках подпрограммы планировалось получить следующие результаты:

- ввод новых мощностей единовременного хранения в ОРЦ — 4 716 тыс. т;
- прирост мощностей по хранению сахара — 1 380 тыс. т;
- производство полуфабрикатов для системы социального питания — 700 тыс. т;
- создание новых рабочих мест в количестве 4 000 ед. [9].

Кроме того, предполагалось, что реализация подпрограммы позволит достичь определенных социальных эффектов в сфере розничной торговли. По оценке Минсельхоза России, наценка оптового звена в Москве в 2015 г. составляла до 57%, что в полтора раза превышало аналогичный показатель в европейских столицах (38%). Поскольку создание сети ОРЦ сокращало количество переделов «между полем и прилавком», специалисты министерства предположили, что реализация подпрограммы по-

зволит снизить розничные цены примерно на 20%, а также увеличить совокупный объем потребления продовольствия не менее чем на 10%.

По требованиям Минсельхоза России проекты, подаваемые для получения субсидиарной поддержки, должны были отвечать обширному перечню критериев, важнейшими из которых выступали следующие:

- наличие мощности единовременного хранения не менее 30 000 тонн сельхозпродукции;
- возможность единовременного хранения не менее пяти из следующих видов сельхозпродукции: мясо и мясная продукция, молоко и молочная продукция, фрукты и ягоды, овощи и продовольственные бахчевые культуры, картофель, рыба и рыбная продукция;
- не менее 65% мощностей, предназначенных для единовременного хранения, должно приходиться на площади с регулируемым температурным режимом, позволяющим хранить продукцию в охлажденном (от 0 до +10°C), либо замороженном (от -24 до 0°C) состоянии;
- наличие мощностей для обработки продукции, в т.ч. линии сортировки, калибровки, мойки, упаковки, нарезки и др., позволяющей обрабатывать в квартал не менее 15% совокупного объема единовременного хранения сельхозпродукции;
- размещение пунктов ветеринарного и фитосанитарного контроля [10].

С точки зрения организации бизнеса предполагалось, что ОРЦ не закупают продовольствие, а лишь предоставляют свои услуги участникам продовольственного рынка — арендаторам мощностей по хранению и переработке.

Планировалось, что для реализации подпрограммы будет привлечено не менее 120 млрд рублей частных инвестиций. Для стимулирования проектов по созданию ОРЦ частным инвесторам планировалось компенсировать до 20% капитальных затрат и субсидировать часть процентной ставки по кредитам (при этом заложенная в подпрограмму структура целевого финансирования оставляла ряд вопросов о том, как удастся в полном объеме выполнить обязательства по компенсации капитальных затрат).

Для реализации целей подпрограммы Минсельхоз России разработал схему размещения ОРЦ на основе продовольственных балансов регионов (с учетом коэффициентов самообеспеченности по отдельным видам продукции, показателей концентрации производства и личного потребления в регионах), а также принимая во внимание инфраструктурные особенности регионов. Запуск проектов первой очереди был направлен на обеспечение формирования единой системы движения сельхозпродукции в масштабах страны. Общероссийская сеть ОРЦ должна была обслуживать четыре агрегированных потока продовольствия:

- западный поток — овощи, молоко и мясо, основные поставщики — Белгородская, Брянская и Воронежская области;
- северный и восточный потоки — рыба и морепродукты из Мурманской и Сахалинской областей, Приморского и Хабаровского краев;
- южный поток — овощи, фрукты, молочная продукция из Краснодарского края, Ставрополя, Дагестана, Астраханской и Волгоградской областей.

Таким образом, была проведена значительная подготовительная работа, выделено финансирование, и процесс реализации подпрограммы был запущен. Появились многообещающие пилотные проекты. На середину апреля 2016 г. в Минсельхоз России потупило 23 заявки на создание ОРЦ в 18 регионах общей мощностью свыше 2 млн т единовременного хранения. Реализовать их предполагалось в 2016—2020 гг., объем капитальных затрат составлял 200 млрд рублей.

Наиболее проработанными были четыре проекта — «Радумля», «Агромир Казань», первые очереди ОРЦ «Ромб» и «РусАгроМаркет—Новосибирск». Совокупная мощность планируемых к вводу объектов составляла 277 тыс. т, запланированные инвестиции — почти 17,3 млрд руб., расчетный размер необходимых субсидий — 2,74 млрд руб. [3].

Однако уже в 2016 г. первоначальные планы были заметно редуцированы: вместо запланированных на 2020 г. 4,7 млн т новых мощностей единовременного хранения показатель был снижен до 3 млн т; объем субсидий на 2016 г. был уменьшен до 4,73 млрд рублей.

Далее процесс сворачивания подпрограммы ускорился. К 2017 г., по оценке НИФИ, до 2/3 проектов практически не развивались [2]. В результате подпрограмма была постепенно закрыта. Каковы причины такого финала?

Отметим, что подготовка подпрограммы была в целом недостаточной. Вышеупомянутые региональные продовольственные балансы были разработаны уже после запуска подпрограммы, что привело к необходимости резкого сокращения первоначальных планов. Впрочем, это не главная причина.

Основная причина — попытка сформировать сеть ОРЦ методом «сверху» — от крупных форматов без поддержки этих форматов отлаженными схемами товародвижения «снизу» — от производителей сельхозпродукции. Ограниченное количество крупных ОРЦ при всем желании не могло «накрыть» всю страну, их суммарный ареал деятельности был явно недостаточен. Нужны были сопутствующие центры небольших форматов, а они не создавались, так как не отвечали критериальным требованиям. Понятно стремление разработчиков подпрограммы получить по ее завершении высокотехнологичную сеть центров с огромными мощностями холодильного хранения сельхоз-

продукции, однако для малых инвесторов «порог входа» в подпрограмму был слишком высок.

Организационное условие, при котором ОРЦ не становятся собственниками хранимой продукции, а лишь предоставляют услуги арендаторам, оказалось неудачным: менеджмент многих созданных центров с большим трудом обеспечивал заполняемость мощностей по хранению даже с их удобной локализацией (как, например, это произошло с ОРЦ «Радумля», Московская область, 49-й км трассы М-10 — Ленинградское шоссе). В результате многие многообещающие проекты остановились на стадии предпроектных проработок.

Таким образом, рассмотренные выше попытки создания эффективной агрологистической сети не достигли своих первоначальных целей. Полученный при их реализации неудачный опыт весьма поучителен. Иницилируемые в настоящее время проекты по созданию агрологистических центров разрабатываются с учетом опыта создания крупных ОРЦ в 2015–2016 годах.

Предлагаемое решение

Принимая во внимание, что значительный прирост производства и реализации плодоовощной и мясомолочной продукции в России может быть достигнут за счет вовлечения в товарный оборот продукции, производимой в МФХ, создание современной агрологистической сети следует начинать «снизу». Для вовлечения производимой МФХ продукции в товарооборот необходимо создать механизм ее сбора и направления на хранение, переработку и реализацию. Основу такого механизма должна составить сеть сравнительно небольших районных агрологистических центров (АЛЦ), которые для удобства можно назвать АЛЦ первого уровня. Авторами статьи при формировании стратегий развития АПК в Тамбовской области и Башкортостане проводилось выборочное обследование представителей МФХ. Эти обследования показали, что наиболее удачной моделью функционирования районного АЛЦ является совмещение функций малого оптово-распределительного центра и многофункционального комплекса по работе с МФХ. Такое решение предполагает, что АЛЦ имеет в своем составе подразделения и службы, предоставляющие представителям МФХ следующие услуги:

- хранение и подработка сельхозпродукции, произведенной в МФХ;
- малая бойня: забой скота, выращенного МФХ;
- пункт приема и охлаждения молока от МФХ;
- аренда производственного оборудования для переработки малых товарных партий (производство мясной продукции, сушка фруктов, грибов и т.п.);
- предоставление услуг по выходу МФХ на электронные торговые площадки;
- мелкооптовая и розничная торговля (фермерский рынок);

- хранение и продажа для МФХ удобрений, СЗР и комплектующих;
- предоставление услуг по кредитованию и страхованию;
- фитосанитарный и ветеринарный контроль поступающей на хранение продукции.

Разумеется, в приведенном перечне собран максимально желательный набор услуг, который в реальности может быть реализован лишь частично. Однако успешные АЛЦ, как правило, возводятся очередями. Первая очередь может включать лишь те услуги, которые наиболее востребованы в данном районе. В последующем центр может расширять спектр услуг. Основные параметры районного АЛЦ следующие:

- мощности единовременного хранения — 2–5 тыс. т;
- объем инвестиций — 200–350 млн руб.;
- радиус деятельности — до 150 км.

Инициатором создания районного АЛЦ может выступать объединение малых производителей (например, группа сельхозкооперативов, создающих кооператив второго уровня — оператора по эксплуатации АЛЦ). Наилучший способ привлечь малый агробизнес к долговременному сотрудничеству — реализовать в АЛЦ интегральный проект по переработке и сбыту местной продукции, в который вовлечено несколько сот МФХ.

Инструментом поддержки инициативных проектов по созданию районных АЛЦ может являться региональная целевая программа по развитию агрологистики. При разработке программы можно использовать положительный опыт Башкортостана по формированию и поддержке доходогенерирующих проектов. Особенностью этих проектов является то, что в отличие от обычных предпринимательских проектов, преследующих сугубо коммерческие цели, доходогенерирующий проект, в котором принимает участие региональная власть в качестве стейкхолдера и бенефициара, может быть «догружен» определенными социальными требованиями (например, по обеспечению занятости) [11].

Дизайн региональной программы должен строиться с учетом структуры сельскохозяйственного производства в регионе, развития транспортной сети, местоположения центров потребления сельхозпродукции, наличия трудоизбыточного сельскохозяйственного населения и других факторов. Очевидно, целесообразно иметь несколько моделей (кейсов) создания сети АЛЦ в разных регионах страны.

Конфигурация поддержки проектов по созданию районных АЛЦ может включать следующие элементы.

На стадии создания АЛЦ:

- консультативная поддержка проектов по созданию районных АЛЦ региональным центром сельскохозяйственных компетенций;

- проведение конкурса проектов и выдача грантов лауреатам конкурса (размер гранта должен составлять 50–60% от объема инвестиций в создание АЛЦ, для обеспечения контроля за ходом реализации проекта грант целесообразно выдавать траншами);
- инфраструктурное оборудование площадки под строительство АЛЦ (инженерные и транспортные подводы);
- льготное кредитование (наличие грейс-периода, возмещение части процентной ставки по кредиту).

На стадии эксплуатации:

- мониторинг хода реализации программы;
- предоставление скидок местным производителям при оплате услуг АЛЦ (продолжительность периода предоставления скидок может соответствовать продолжительности грейс-периода).

Масштаб бизнеса районных АЛЦ первого уровня недостаточен для решения задач по поддержанию устойчивости функционирования продовольственной транспортно-логистической сети России. Для достижения этой масштабной цели сеть районных АЛЦ должна быть дополнена крупными региональными АЛЦ, которые можно определить как центры второго уровня. АЛЦ второго уровня представляют собой мультимодальные комплексы, оказывающие следующие услуги:

- прием и перевалка (кросс-докинг) сельхозпродукции;
- выстраивание сетевого взаимодействия с районными АЛЦ;
- подработка, первичная переработка и фасовка сельхозпродукции;
- ответственное хранение скоропортящейся продукции с использованием современных технологий (шоковая заморозка, хранение плодоовощной продукции с автоматической регулировкой температуры, влажности, газового режима и т.п.);
- оптовая торговля сельхозпродукцией, в том числе через электронные торги;
- проведение ярмарочно-выставочных и маркетинговых мероприятий;
- развитие линейки услуг в формате 3-PL и 4-PL. 3PL-компания (Third Party Logistics) — логисты, которые берут на себя большую часть операций в цепи, связывающей начальную и конечную точки движения продукции; 4PL-компания (Fourth Party Logistics), помимо функций 3PL-провайдера, выполняет проектирование (разработку) всей цепи поставок, являясь подрядчиком логистических бизнес-процессов на предприятии.

Основные параметры регионального АЛЦ следующие:

- мощности единовременного хранения — 25–100 тыс. т;
- объем инвестиций — 2–9 млрд рублей;
- радиус деятельности — свыше 300 км.

Цифровизация складской и транспортной логистики позволиткратно ускорить процессы формирования и доставки товарных партий, работать с ультра-скоропортящейся продукцией (например, морепродуктами), отслеживать «историю» хранимой продукции, наличие сертификатов качества и другие необходимые параметры.

Инициатором создания регионального АЛЦ может выступать крупный агробизнес. Необходимая поддержка формирования сети региональных АЛЦ со стороны РОИВ и ФОИВ может состоять в следующем:

- доленое участие в софинансировании инвестиционных расходов по созданию АЛЦ: размер долевого участия может быть выше для высокотехнологичных центров (например, с большим объемом холодильных мощностей), для центров с расширенным спектром услуг и т.п., что позволит избежать «уравниловки», которой характеризовалась эта форма поддержки в неудачной подпрограмме Минсельхоза России 2015 г.;
- возмещение части процентной ставки по инвестиционному кредиту (аналогично);
- инфраструктурное оборудование площадки под строительство АЛЦ (инженерные и транспортные подводы);
- налоговые и иные льготы, которые предоставляются при реализации приоритетных региональных инвестиционных проектов.

Формирование двухуровневой системы АЛЦ видится задачей, решаемой на принципах государственно-частного партнерства. Следует отметить, что так же решается эта задача и в развитых странах Европы. В частности, в Испании с 1965 г. работает госкомпания «Меркаса», учредителями которой являются Минфин (51% акций) и Минсельхоз и защиты окружающей среды (49%). Компания в сотрудничестве с муниципалитетами и агробизнесом организовала и управляет деятельностью 23 крупных комплексов оптового распределения продукции и предоставления логистических услуг, а также собственной сетью из 11 торговых центров [12].

Необходимость госучастия в капитале агрологистической компании не случайна и обусловлена тем, что крупные агроцентры являются узлами национальной продовольственной системы и несут большую нагрузку по обеспечению продовольственной безопасности страны.

Модель создания двухуровневой системы АЛЦ, на наш взгляд, целесообразно отработать в регионах СКФО и ЮФО — крупнейших поставщиках плодоовощной продукции в России и перспективных производителей мясомолочной продукции. Кроме того, через регионы этих федеральных округов проходит перспективный коридор экспортно-импортных поставок продовольствия «Север-Юг». В результате региональные АЛЦ будут являться узлами формируемой

экспортноориентированной товаропроводящей системы. В частности, через них в краткосрочной перспективе может обеспечиваться перевалка и аккумуляция экспортных партий хляляльной продукции, поставляемой в страны Ближнего и Среднего Востока.

Сеть АЛЦ целесообразно формировать очередями. В первой очереди может быть предусмотрено строительство 4–5 региональных АЛЦ и 15–20 районных АЛЦ.

Концептуальные подходы по созданию двухуровневой системы АЛЦ продвигались авторами статьи при подготовке стратегий развития АПК в Ставропольском крае, Волгоградской области и Дагестане. Во всех случаях эта идея получала одобрение и поддержку со стороны агробизнеса и РОИВ, находя свое отражение в планах мероприятий по реализации региональных стратегий развития АПК. К сожалению, отсутствие поддержки со стороны Минсельхоза России и Минпромторга России существенно замедляет работы по созданию современной агрологистической инфраструктуры.

Ключевые положения концепции двухуровневой системы АЛЦ в настоящее время поддерживаются экспертами по агрологистике и практически реализуются крупными аграрными компаниями. Так, гендиректор консалтинговой компании «Технологии Роста» Т. Решетникова отмечает нехватку овощных оптово-распределительных центров и провал рассмотренной нами выше подпрограммы Минсельхоза России по созданию ОРЦ. Эксперт делает акцент на том, что при развитии сети центров «...нужно ориентироваться на средние и малые компании, а также на фермеров, которые самостоятельно не могут вкладывать средства в такие дорогостоящие объекты». Т. Решетникова отмечает, что для мелких производителей не очень удобны услуги, которые предлагают ОРЦ: владельцы центров готовы сдавать в аренду места для хранения и самостоятельной доработки продукции арендаторами. «Но для малых предприятий актуальна не просто аренда готовых мощностей, они бы хотели привезти свою продукцию, сдать ее ... ОРЦ по приемлемой цене и уехать обратно ... Владельцы ОРЦ на это не рассчитывают». Должен быть другой подход: «кроме услуг по хранению или сдаче мощностей в аренду, владельцы ОРЦ должны думать о том, чтобы стать неким оптовым звеном для малых производителей» [13].

Именно такой подход при создании современного агрологистического центра в Усть-Лабинске (Краснодарский край) реализует крупный агрохолдинг «Прогресс-Агро». Специализация агрохолдинга — выращивание зерновых и сахарной свеклы. Однако, в рамках диверсификации бизнеса, реализуется инициативный проект по созданию АЛЦ, ориентированного на хранение и реализацию плодовой и овощной продукции. Первая очередь центра: высокотехнологичное хранилище

яблок и ягод полезной площадью 10 000 кв.м. Хранение производится в специальной газовой среде, обеспечивающей сохранность продукции в течение 3–6 месяцев. Вторая очередь АЛЦ: хранение картофеля, переработка овощей. Торговая политика ориентирована на закупку продукции у местных производителей (включая ЛПХ) с последующей реализацией в межсезонье: зимой и весной следующего после сбора года. Агрохолдинг формирует АЛЦ с полным комплексом услуг: закупка продукции, помещение ее на хранение, подработка, переработка, реализация. Каналы реализации: оптовые поставки внешним покупателям в режиме «от двери — до двери», розничная торговля в собственной торговой сети «Моя станица».

В последнее время возникло еще одно обстоятельство, косвенно способствующее решению задачи по формированию двухуровневой системы АЛЦ. В 2022 г. началась разработка пятилетнего плана развития дорожной сети на 2023–2027 гг.. Задачу по созданию двухуровневой системы АЛЦ целесообразно сопрячь с планами по автодорожному строительству. Крупный мультимодальный АЛЦ эффективен при наличии доступа к автодорогам, железной дороге, речному или морскому порту. Как известно, обеспечение межведомственного взаимодействия является слабым местом при разработке государственных программ и проектов. Подвод автомобильной и железной дорог к площадке будущего АЛЦ требует совместного решения курирующих соответствующие вопросы ФОИВ. В этой связи, целесообразно на ранней стадии подготовки планов развития транспортной сети имплементировать в эти планы вопросы развития агрологистической инфраструктуры.

По предварительной оценке, создание в стране двухуровневой системы АЛЦ обеспечит положительную динамику следующих показателей:

- 1) вовлечение в товарооборот 10–12 млн т плодовоовощной продукции, производимой МФХ;
- 2) вовлечение в товарооборот 2–2,5 млн т молока, производимого МФХ;
- 3) уменьшение потерь в процессе транспортировки, доработки и хранения скоропортящейся продукции на 50–60%;
- 4) обеспечение гарантированного сбыта продукции для 20 тыс. сельхозпроизводителей, отнесенных к МФХ;
- 5) снижение зависимости от импорта овощей на 15–20%, фруктов — на 25–30%, молока и молочной продукции — на 20–25%;
- 6) сокращение инфляционного «навеса» для конечного покупателя. При формировании эффективного механизма взаимодействия операторов АЛЦ с розничным ритейлом, двухуровневая система АЛЦ позволяет снизить совокупные транспортно-логистические издержки (включая наценку малоэффективного оптового звена) — при доставке аграрной продукции в торговые сети. По

нашим расчетам, снижение доли совокупных логистических издержек в себестоимости продукции «на прилавке» на 1%, позволяет снизить конечную цену на овощи и фрукты примерно на 0,2%;

7) повышение устойчивости развития сельской местности.

С учетом изложенного, на наш взгляд, в настоящее время в России имеются все необходимые базовые предпосылки, включая финансовые ресурсы и накопленный опыт, для реализации концепции развития двухуровневой системы АЛЦ на ближайшую перспективу.

Литература

1. Ромашкин Р. А. и Белугин А. Ю. Продовольственная безопасность Союзного государства: достижения и перспективы сотрудничества // Использование и охрана природных ресурсов в России, 2022. №1 (169). — С. 121–127.
2. Концепция развития сети оптово-распределительных центров для сбыта сельскохозяйственной продукции: от идеи до реализации. — М., НИФИ при Минфине России, 2017.
3. Кулестикова Т. В России создают оптовые центры стоимостью в 200 млрд руб. // Агроинвестор, 06.05.2016. URL: <https://www.agroinvestor.ru/regions/article/23353-agrarii-popadut-v-novye-seti/>.
4. Центросоюз Российской Федерации. История кооперации и Центросоюза. URL: <https://rus.coop/ru/history/?ysclid=17t6yb693o922956105>.
5. Никулин А. М., Троцук И. В., Соболев А. В., Куракин А. А. Российские сельскохозяйственные кооперативы: эффективность, особенности внутренней организации, основные проблемы. — М.: РАНХ и ГС при Президенте РФ, 2016.
6. Итоги Международного форума «Потребительская кооперация — открытие возможности для каждого на благо всех», презентационные материалы. — 1–3 октября, Тула.
7. Указ главы РБ от 30.03.2018 №УГ-44 «Об утверждении Концепции развития сельскохозяйственной потребительской кооперации в Республике Башкортостан на период 2018–2020 годов».
8. Постановление Правительства РБ от 08.06.2018 №254 «Об утверждении Порядка предоставления из бюджета Республики Башкортостан грантов на развитие сельскохозяйственных потребительских кооперативов».
9. Паспорт подпрограммы «Развитие оптово-распределительных центров и инфраструктуры системы социального питания». URL: https://gp.specagro.ru/Pages/view/page_id/4676/day/8/month/9/year/2016.
10. Приказ Минсельхоза России от 24 июля 2015 г. № 318 «Об утверждении Порядка конкурсного отбора инвестиционных проектов, направленных на строительство и (или) модернизацию, объектов АПК, реализуемых на территории субъектов Российской Федерации».
11. Доходогенерирующие проекты для поддержки и развития сельскохозяйственных кооперативов в регионе. Методическое пособие. — МБПП/Всемирный банк, 2018. — 96 с.
12. Методические рекомендации по теме «Развитие сети оптово-распределительных центров для сбыта сельскохозяйственной продукции, включая создание необходимой инженерной и транспортной инфраструктуры и обеспечение функционирования автоматизированных информационных логистических и расчетных систем». — М.: НИФИ при Минфине России, 2014.
13. Шокурова Е. В. Нижегородской области появится овощной распределительный центр за 5 млрд руб. // Агроинвестор, 13.09.2022. URL: <https://www.agroinvestor.ru/regions/news/38845/>.

Сведения об авторах:

Ламанов Сергей Владимирович, научный сотрудник Евразийского центра по продовольственной безопасности МГУ им. М.В. Ломоносова; e-mail: slamanov@yandex.ru.

Ли Марина Рудольфовна, к.э.н., доцент, завкафедрой Менеджмента НИУ «Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства»; г. Ташкент; e-mail: limarinarud@gmail.com.

Ромашкин Роман Анатольевич, к.э.н., доцент, замдиректора Евразийского центра по продовольственной безопасности МГУ; e-mail: ecfs.msu@gmail.com.

Сурганова Татьяна Всеволодовна, к.фил.н., с.н.с. Евразийского центра по продовольственной безопасности МГУ; e-mail: coramail@yandex.ru.

Юбилеи

УДК 631/635; 574; 502/504; 911

Уникальные длительные опыты по луговодству — национальное достояние России (к 100-летию Государственного лугового института)

Н.Г. Рыбальский^{1,3}, д.б.н., И.А. Трофимов^{2,3}, д.г.н., Е.В. Муравьёва¹¹Евразийский центр по продовольственной безопасности МГУ им. М.В. Ломоносова²ФНЦ кормопроизводства и агроэкологии им. В.Р. Вильямса³Российская экологическая академия

Кормопроизводство — самая масштабная и многофункциональная отрасль сельского хозяйства, связывающая воедино растениеводство, земледелие и животноводство, экологию, рациональное природопользование и охрану окружающей среды. Оно играет решающую роль в управлении сельскохозяйственными землями и агроландшафтами России, в обеспечении их продуктивности и устойчивости, решении проблем продовольственной и экологической безопасности страны. Ведущим научным центром страны по кормовым травам и рациональному природопользованию в сельском хозяйстве является ФНЦ кормопроизводства и агроэкологии им. В.Р. Вильямса. Уникальные земельные участки, где проводятся длительные опыты по луговодству, должны быть признаны национальным достоянием России. Без опытных полей учёные не смогут создать новые сорта сельскохозяйственных культур и эффективные природоподобные высокопродуктивные и устойчивые агротехнологии, которые одновременно сохраняют плодородие почв и наши земли.

Ключевые слова: продовольственная безопасность, луговодство, кормовые травы, кормовые угодья, кормопроизводство, плодородие почв, рациональное природопользование.

В июне исполнилось 100 лет с момента создания Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии им. В.Р. Вильямса» (ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса») — правопреемника Государственного лугового института, образованного в соответствии с приказом Наркомзема РСФСР от 12 июня 1922 г. № 184 на базе Станции по изучению кормовых растений и кормовой площади при Петровской сельскохозяйственной академии (ныне — РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева).

Для читателей и, особенно, для лиц принимающих решения, не являющихся специалистами сельского хозяйства, хотелось бы сказать несколько слов о важности объекта исследования ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса» кормовых угодий и кормопроизводства для устойчивого обеспечения продовольственной безопасности страны.

Кормопроизводство — самая масштабная и многофункциональная отрасль сельского хозяйства, связывающая воедино растениеводство, земледелие и животноводство, экологию, рациональ-

ное природопользование и охрану окружающей среды и играющая решающую роль в управлении сельскохозяйственными землями и агроландшафтами России, в обеспечении их продуктивности и устойчивости, формировании продовольственной и экологической безопасности страны [1, 2].

Как отмечается в буклете ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса», изданном к 100-летию организации [2], кормовые агроэкосистемы (природные кормовые угодья, сеяные сенокосы и пастбища, многолетние травы на пашне):

- обеспечивают производство разнообразных кормов для животных;
- повышают плодородие почв, обогащают их гумусом и азотом;
- улучшают структуру почвы и снижают ее кислотность;
- предотвращают эрозию почв;
- нормализуют водный режим агроэкосистем;
- повышают устойчивость агроэкосистем и агроландшафтов к засухам, эрозии, деградации почв и опустыниванию территории;

- увеличивают биоразнообразие, продуктивность и устойчивость агроландшафтов;
- повышают продуктивность сельскохозяйственных культур в севооборотах;
- улучшают фитосанитарную обстановку;
- укрепляют агроэкосистемы и агроландшафты;
- повышают устойчивость и рентабельность сельского хозяйства;
- улучшают экологическую обстановку;
- оздоравливают окружающую среду и повышают ее эстетические свойства.

Институт был создан выдающимся почвоведом, одним из основателей агрономического почвоведения, основоположником луговедения и научных основ луговодства, создателем травопольной системы земледелия, академиком Василием Робертовичем Вильямсом (1863–1939) с целью решения важной государственной задачи обеспечения продовольственной и экологической безопасности нашей страны, сохранения плодородия почв и продуктивного долголетия наших земель с помощью основных почвообразователей — многолетних трав и микроорганизмов [3, 4].

С развитием докучаевских научных идей, учения о почве и зонах природы связана вся деятельность В.Р. Вильямса, который на протяжении всей жизни считал себя учеником и последователем В.В. Докучаева. Развивая учение великого русского учёного, основателя генетического почвоведения Василия Васильевича Докучаева (1846–1903), В.Р. Вильямс, приложил основы почвоведения к культуре многолетних травянистых растений и естественной кормовой площади и создал естественнанаучные основы луговодства или луговедение. Луг, экосистемы многолетних трав — кормящая мать поля, поддерживающее плодородие почв, считал В.Р. Вильямс. В теории луговедения он подошел к травяным экосистемам как составным средостабилизирующим и восстанавливающим плодородие почв частям агроландшафтов. В.В. Докучаев, не употребляя самого термина «ландшафт», первый обнаруживает сложную связь между почвой и ландшафтом. Характерное для В. Р. Вильямса широкое докучаевское понимание почвенных процессов приводило его на всех этапах творческой деятельности к изучению связей между горными породами, организмами, водами, атмосферой, т. е. к изучению ландшафта в целом. В познание биологической сущности почвообразования особый вклад внесли В.Р. Вильямс и В.И. Вернадский [4–9].

В.Р. Вильямс основал биологическое направление в изучении почв. Разработал учение о биологическом круговороте веществ, о сущности почвообразовательного процесса, об органическом веществе почвы, о едином почвообразовательном процессе. Впервые он сформулировал понятие о растительных формациях применительно к почвоведению как о природных комбинациях высших растений и микроорганизмов [3, 4].

В.Р. Вильямсу на основании многолетних уникальных исследований удалось показать роль растительности во всем ее могучем проявлении и значении в почвообразовании и создании плодородия почв. Он установил, что особая роль в почвообразовании принадлежит живым организмам, прежде всего зеленым растениям и микроорганизмам. Благодаря их воздействию осуществляются важнейшие процессы превращения горной породы в почву и формирование ее плодородия. В т. ч., концентрация элементов зольного и азотного питания растений, синтез и разрушение органического вещества, взаимодействие продуктов жизнедеятельности растений и микроорганизмов с минеральными соединениями породы и т. п. Только, начиная с В. Р. Вильямса, биологический фактор образования и развития почв получает надлежащую оценку как ведущий в эволюции почв и в проявлении их главного свойства — плодородия.

Многолетним травам и лугам В.Р. Вильямс придавал огромное значение в создании продуктивного и устойчивого сельскохозяйственного производства. Им установлена важнейшая роль многолетних луговых трав в накоплении гумуса, формировании агрономически ценной структуры и в целом плодородия почв.

В Объяснительной записке к Плану организации курсов для подготовки специалистов по луговодству и культуре кормовых растений при Московском сельскохозяйственном институте, на базе показательного лугового хозяйства которых впоследствии создается Государственный луговой институт, В.Р. Вильямс (1915) убедительно обосновывает важность и необходимость изучения и рационального использования многолетних трав, лугов, повышения плодородия почв и устойчивости земель к развитию негативных процессов для решения проблемы обеспечения продовольственной безопасности страны. *«При непрерывной культуре хлебных растений самое ценное свойство почвы стремится к падению, и нет более быстрого и верного пути к обнищанию, как путь непрерывной культуры хлебных растений. Только корневая система многолетних растений способна взять на себя эту роль воссоздания прочности почвы»*. Как основное средство производства в сельском хозяйстве, почва характеризуется своими важнейшими особенностями — незаменимостью, и плодородием. Эти особенности подчеркивают необходимость исключительно бережного отношения к почвенным ресурсам и постоянной заботы о повышении плодородия почв [10].

В.Р. Вильямс хотел показать, что может сделать наука для сельского хозяйства. Что и на плохой земле можно создать высокопродуктивное луговое хозяйство. И время показало его правоту. В 1912 г. по предложению В.Р. Вильямса Департамент земледелия Министерства сельского хозяй-

ства России принял решение об организации показательного лугового хозяйства для прохождения практики курсантами высших курсов по луговодству Московского сельскохозяйственного института (ныне — Российский государственный аграрный университет — Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева). Для организации лугового хозяйства был выбран земельный участок под Москвой (у платформы Луговая), не отличавшийся высокими качествами. В прошлом никаких лугов здесь не было, а был очень сырой смешанный хвойно-широколиственный лес. Получив в 1912 г. земельный участок, сразу же приступили к корчевке леса, распахке земель и созданию показательного лугового хозяйства [11].

В 1917 г. показательное луговое хозяйство было преобразовано в Станцию по изучению кормовых растений и кормовой площади при Петровской сельскохозяйственной академии. В задачи Станции входило изучение растений естественных лугов и пастбищ, введение в культуру новых кормовых растений и выведение новых сортов, создание искусственных кормовых площадей. На Станции проходили подготовку специалисты по кормовым культурам, луговодству, семеноводству, проводились съезды для специалистов-практиков страны. 12 июня 1922 г. приказом Наркомзема РСФСР Станция была преобразована в Государственный луговой институт (ГЛИ), где стал работать над своими трудами В.Р. Вильямс (в 1922–1925 гг. — ректор МСХА). Первым директором института был А.М. Дмитриев — первый профессор первой кафедры луговодства в России, автор первого в стране учебника по луговодству.

Постановлением коллегии Наркомзема РСФСР от 5 апреля 1924 г., Государственному луговому институту присваивается имя его основателя — академика трех академий (АН СССР, АН Белоруссии и ВАСХНИЛ), Героя Соцтруда, лауреата Ленинской премии, проф. В.Р. Вильямса. В 1930 г. Государственный луговой институт им. В.Р. Вильямса преобразован во Всесоюзный научно-исследовательский институт кормов (приказ Наркомзема СССР №290 от 19.11.1930). А в 1939 г. после смерти В.Р. Вильямса, переименованному из ГЛИ в ВНИИ кормов присваивается имя В.Р. Вильямса повторно.

До 1991 г. институт находился в ведении Минсельхоза СССР, а в 1991 г. институт передан в ведение Российской академии сельскохозяйственных наук. В 1992 г. (решением Правительства РФ №ВМП-1–17763 от 12.05.1992) преобразован из Всесоюзного во Всероссийский научно-исследовательский институт кормов имени В.Р. Вильямса, а в 2017 г. — в Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии им. В.Р. Вильямса (с присоединением филиалов) [2].

По мнению академика Б.Б. Плынова, два исключительно выдающихся представителя нашей отечественной науки В. В. Докучаев и В. Р. Ви-

льямс сыграли огромную роль в развитии естествознания и сельского хозяйства [12].

Имя В.Р. Вильямса навечно вписано в историю отечественной и мировой науки. В главном здании Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, на втором этаже среди барельефов великих ученых Государства Российского есть и барельеф В.Р. Вильямса. А на самом верху главного здания, в Музее Землеведения МГУ, установлен его бронзовый бюст.

Памятники В.Р. Вильямсу установлены в крупнейшем сельскохозяйственном ВУЗе страны Российском государственном аграрном университете — Московской сельскохозяйственной академии имени К.А. Тимирязева, который он возглавлял и где работал многие годы, и в ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса» (Всесоюзном (Всероссийском) научно-исследовательском институте кормов имени В.Р. Вильямса), который он создал как Государственный луговой институт.

В 1968 г. учреждена золотая медаль имени В.Р. Вильямса за выдающиеся научные работы и открытия в области сельского хозяйства.

На протяжении всей своей истории институт осуществляет научно-методическое руководство важнейшими государственными задачами обеспечения продовольственной и экологической безопасности страны, создания высокопродуктивного, экологически чистого и устойчивого сельского хозяйства, сохранения ценных сельскохозяйственных земель и плодородия почв, повышения устойчивости агроэкосистем и агроландшафтов, устойчивого производства кормов для высокопродуктивного специализированного животноводства, улучшения экологического состояния территорий. Основные направления работы института включают геоботаническое изучение и оценку природных кормовых угодий страны, луговое и полевое кормопроизводство, селекцию и семеноводство кормовых культур, технологии заготовки, хранения и использования кормов [2, 11].

В институте работали такие известные ученые как В.Р. Вильямс, А.М. Дмитриев, Л.Г. Раменский, И.В. Ларин, С.П. Смелов, Т.А. Работнов, А.А. Зубрилин, П.И. Лисицын и многие другие. Основоположники отечественного луговодства, стоявшие у истоков создания Института кормов, — академик В.Р. Вильямс, профессор А.М. Дмитриев, профессор Л.Г. Раменский, академик И.В. Ларин, понимая, что луговедение и землеведение являются основой луговодства, кормопроизводства и всего сельского хозяйства, значительную часть своих научных трудов посвятили решению геоботанических и агроэкологических проблем. Благодаря работам этих ученых, сформировалось особое типологическое направление в геоботанике, характерной чертой которого стало изучение растительности во взаимосвязи со средой и оценка ее в кормовом отношении [11, 13–19].

В своей работе «Введение в комплексное почвенно-геоботаническое исследование земель» Л.Г. Раменский (1938) так определяет предмет исследований: *«... с одной стороны территория, земля, с другой стороны — растения, животные, микроорганизмы являются основными природными факторами сельского хозяйства... Для обоснования мероприятий нужен синтетический подход — необходимо изучение почв, растительности, водного баланса территории, ее микроклимата и т.д., в их взаимной связи, во взаимодействии, на фоне культурных режимов и преобразований. Синтетическое изучение природных особенностей и жизни территории в перспективе ее хозяйственного использования и преобразования составляет содержание производственной типологии земель. Методом типологии земель является комплексное исследование территории...»* [14].

Эти системные (агроландшафтные) подходы и традиции бережно хранятся и развиваются в институте. На этих принципах сегодня базируются современное агроландшафтоведение и учение об агроэкосистемах — перспективные современные научные направления, развивающиеся на стыке сельскохозяйственной науки, геоботаники, ландшафтоведения и экологии.

Многолетняя плодотворная научная и научно-организационная деятельность института получила заслуженное признание страны. Научные и практические достижения института 7 раз были отмечены Государственными премиями СССР и Российской Федерации в области науки и техники, а также Премиями Правительства РФ, Минсельхоза России, 220 разработок получили дипломы и медали ВДНХ СССР и РФ.

За заслуги перед страной и достигнутые успехи в развитии сельскохозяйственной науки Указом Президиума Верховного Совета СССР от 1972 г. Институт награжден орденом Трудового Красного Знамени. В 1975—1995 гг. институт 12 раз награждался переходящим Красным Знаменем.

Всероссийский (Всесоюзный) научно-исследовательский институт кормов имени В.Р. Вильямса получил заслуженное признание во всем мире. Здесь в 1974 г. проведен крупнейший в истории нашей страны XII Международный конгресс по луговодству, в котором приняли участие свыше 1100 ученых, том числе 664 зарубежных из 40 стран мира.

Институт координировал деятельность более 100 научно-исследовательских учреждений и ВУЗов. Сотрудниками института подготовлены 22 межгосударственных (для стран СНГ) стандарта, 3 национальных стандарта, 70 ГОСТ, 21 ОСТ, 15 стандартов предприятия, 350 разработок защищены авторскими свидетельствами и патентами на изобретения, получены 150 авторских свидетельств и патентов на сорта кормовых культур.

Созданы 277 сортов кормовых культур, которые включены в Государственный реестр селекционных достижений и внедряются на 4,1 млн га. Опубликовано свыше 1100 книг, 450 рекомендаций и методик, более 15 тыс. статей [2].

В настоящее время институт является крупнейшим научно-исследовательским, научно-методическим, научно-образовательным и интеллектуальным центром по кормопроизводству, агроэкологии и рациональному природопользованию России. В ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса» и его филиалах работают 949 человек, в том числе 157 исследователей, из них два академика и два чл.-корр. РАН, 26 докторов и 84 кандидата наук. Среди работающих 3 заслуженных деятеля науки РФ, 3 заслуженных работника сельского хозяйства РФ, 10 лауреатов Госпремий РФ в области науки и техники, Правительства СССР и РФ, 5 почетных работников агропромышленного комплекса России, 2 почетных работника науки и высоких технологий РФ.

22 июня 2022 г. на ВДНХ состоялось Пленарное заседание Международного конгресса по кормам, посвященное 100-летию ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса». Открыли Пленарное заседание руководитель Секции растениеводства, защиты и биотехнологии растений Отделения сельскохозяйственных наук РАН, директор Федерального научного центра кормопроизводства и агроэкологии имени В.Р. Вильямса, председатель секции «Агроэкология» Росэкоакадемии, академик РАН В.М. Косолапов. С приветственным словом выступили: от РАН — вице-президент РАН, академик РАН И.М. Донник, академик-секретарь Отделения сельскохозяйственных наук РАН, академик РАН Ю.Ф. Лачуга; от Минобрнауки России — директор Департамента координации деятельности организаций в сфере сельскохозяйственных наук чл.-корр. РАН В.А. Багиров. Приветствия в адрес ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса» прозвучали от академиков и руководителей научно-исследовательских учреждений. Все выступающие отметили ведущую роль Федерального научного центра кормопроизводства и агроэкологии имени В.Р. Вильямса в научном обеспечении продовольственной и экологической безопасности страны. 22—24 июня 2022 г. ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса» провёл Школу молодых ученых «Инновационные технологии кормопроизводства» и Всероссийскую научную конференцию с международным участием «Многофункциональное адаптивное кормопроизводство».

26 октября 2022 г. в ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса» совместно с Всероссийским обществом охраны природы, Российской экологической академией и Неправительственным экологическим фондом имени В.И. Вернадского проведена научно-практическая конференция «Агроэкология. Рациональное природопользование и охрана

окружающей среды». В работе конференции приняли участие руководство (председатель секции «Агроэкология» РЭА, академик РАН В.М. Косолапов) и сотрудники ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса», председатель Московского областного отделения ВООП Я.В. Бакунев, президент Росэкоакадемии Н.Г. Рыбальский, депутаты Гордумы г. Лобни, учителя и школьники. С докладом «Агроэкология и рациональное природопользование в сельском хозяйстве» выступил д.г.н. И.А. Трофимов — зав. лабораторией геоботаники и агроэкологии ФНЦ кормопроизводства и агроэкологии им. В.Р. Вильямса, руководитель Московского областного отделения РЭА, зам. председателя секции «Агроэкология» РЭА. За особые заслуги и достижения в области агроэкологии, охраны окружающей среды, обеспечения экологически ориентированного устойчивого развития в стране и мире орденом В.И. Вернадского награждены коллектив ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса» и И.А. Трофимов.

Вокруг института создан оазис из лугов и полей многолетних трав. Лес и сейчас с некоторых сторон подходит вплотную к границам территории института. От него остался прекрасный дубовый парк. В свое время, при строительстве зданий, в нем вырубали почти все хвойные деревья и оставили только дубы.

Название железнодорожной платформы «Луговая» было вполне закономерным.

Таким образом, на протяжении всей истории, и при царе, и в СССР, и в России задачи, над которыми работает институт, всегда признавались и признаются важнейшим государственным делом. Земли института всегда были государственными и никогда не имели регионального значения. Государственные земли института это не просто земли. На них созданы долгие стационары, которые имеют всероссийское и мировое значение. Они не могут быть заменены никакими другими землями.

На территории ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса» располагаются уникальные, старейшие в России и в Европе стационарные опыты по луговодству с 1935 и 1946 гг., входящие в Государственную сеть географических опытов. Географическая сеть опытов России, самой большой страны в мире с разнообразными природными условиями, является уникальной, не имеющей мировых аналогов системой длительных стационарных наблюдений. В России всего 21 длительный опыт 1930—1949 гг. закладки, из них 3 ведутся в ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса». Это единственные длительные опыты по луговодству в России. Их нельзя перенести в другое место. Это национальное достояние России.

Экологическая культура рационального природопользования в сельском хозяйстве, сохранения плодородия наших почв и наших земель для настоящих и будущих поколений является актуальной и приоритетной государственной задачей.

Зародившись много лет назад, в настоящее время она становится одним из ключевых трендов современности. Плодородие почв для жизни человека ресурс не менее значимый, чем чистый воздух и пресная вода. Почва — это основа биосферы. Плодородие почвы — это основа благополучия человечества. Ещё в начале XX века В.И. Вернадский предупреждал, что наступит время, когда людям придётся взять на себя ответственность за развитие человека и природы [6—9, 20—25].

Однако кому-то не дают покоя луговые земли института. И вот уже началась война за землю. От губернатора Московской области Андрея Воробьева направлено письмо Председателю Правительства РФ Михаилу Мишустину с предложением об изъятии у института части территории для нужд г. Лобни, создания IT-кластера и жилищной застройки.

Из Выписки из решения Ученого совета ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса»: «Изъятие земли в поселке Луговая, города Лобня Московской области, ведет к разрушению крупнейшей в России коллекции генофонда ценных кормовых растений, созданных уникальных сортов, элитного семеноводства и научных опытов, которые могут существовать только в научно обоснованной системе севооборотов, необходимых для решения задач научного обеспечения развития кормопроизводства России».

Институт располагается по соседству с г. Лобней, которая всегда развивалась и расширялась за счет окружающих ее лесов и пустырей. Это возможно и сегодня. Зачем создавать, разрушая при этом то, что создавалось для страны многими поколениями ученых? Разве не прошло то время, когда мы разрушали целые направления научных исследований и свои объекты культурного наследия, которые теперь стараемся восстановить?

Вот такой вот «подарок» получил коллектив прославленного института к своему 100-летию юбилею.

К сожалению, это далеко не единичный случай, когда у сельскохозяйственного научного учреждения пытаются отобрать земельные участки. Так, уже не первый год у старейшего сельскохозяйственного вуза страны — РГАУ-МСХА им. Тимирязева, где работали великие ученые — Николай Иванович Вавилов, Дмитрий Николаевич Прянишников, Василий Робертович Вильямс и Климент Аркадьевич Тимирязев, именем которого назван вуз, попытались отобрать 101,5 га земли, чтобы отдать их под застройку жилых домов. В 2010 г. на торгах было продано 19,5 га, принадлежавших Павловской опытной станции Всероссийского института растениеводства им. Н.И. Вавилова — крупнейшего в мире генетического банка растений, сотрудники которого даже во время блокады Ленинграда, умирая от голода, сохраняли уникальную коллекцию. В том же 2010 г. Московский НИИСХ «Немчиновка» лишился 250 га земли.

В 2012 г. у НИИ картофельного хозяйства им. Лорха под строительство жилых домов отобрали 22 га из имевшихся 38,5 га земли.

Хотелось бы надеяться, что с 2022 г., когда проблема продовольственной безопасности в связи с угрозой глобального продовольственного кризиса стала одной из самых актуальных проблем, требующих повышенного внимания и Президента России, и Правительства РФ, беспредел

в отношении сельскохозяйственных институтов прекратится. А единственные в стране земельные участки, где проводились длительные, уникальные опыты по луговодству будут признаны национальным достоянием страны. Без опытных полей учёные не смогут создать не только новые сорта, но и эффективные агротехнологии рационального природопользования в сельском хозяйстве России.

Литература

1. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2016 году» / Н.Г. Рыбальский, Е.В. Муравьёва, И.А. Трофимов и др. — М.: НИИ-Природа, 2017. — 760 с.
2. Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии им. В.Р. Вильямса. — М., 2022. — 34 с.
3. История науки. Василий Робертович Вильямс / В.М. Косолапов, И.А. Трофимов, Л.С. Трофимова, Е.П. Яковлева. — М.: Угрешская тип., 2011. — 76 с.
4. Они открывали Землю! Вильямс Василий Робертович. URL: <http://i.geo-site.ru/node/190> (Дата обращения: 10.10.2022).
5. Докучаев В.В. Наши степи прежде и теперь. — М.: Сельхозгиз, 1953. — 152 с.
6. Они открывали Землю! Докучаев Василий Васильевич. URL: <http://i.geo-site.ru/node/203> (Дата обращения 13.10.2022).
7. Добровольский Г.В. Докучаев и современное естествознание // Почвоведение, 1996. №2. — С. 117–123.
8. Добровольский Г.В. Деградация почв — угроза глобального экологического кризиса // Век глобализации, 2008. №2. — С. 54–65.
9. Они открывали Землю! Вернадский Владимир Иванович. URL: <http://i.geo-site.ru/node/24> (дата обращения 10.10.2022).
10. Вильямс В.Р. План организации курсов Департамента земледелия при Московском сельскохозяйственном институте для подготовки специалистов по луговодству и культуре кормовых растений, показательного хозяйства при них и объяснительная к нему записка. — М.: Типо-лит. В. Рихтеръ, 1915. — 62 с.
11. Всероссийский научно-исследовательский институт кормов им. В.Р. Вильямса на службе Российской науке и практике / Под ред. В.М. Косолапова, И.А. Трофимова. — М.: Россельхозакадемия, 2014. — 1031 с.
12. Полюнов Б.Б. Роль В.В. Докучаева и В.Р. Вильямса в естествознании и сельском хозяйстве / Академик Б.Б. Полюнов. Избранные труды. — М.: Изд-во АН СССР, 1956. — С. 726–740.
13. Дмитриев А.М. Луговодство с основами луговедения. — М.: ОГИЗ — Сельхозгиз, 1948. — 408 с.
14. Раменский Л.Г. Введение в комплексное почвенно-геоботаническое исследование земель. — М.: Сельхозгиз, 1938. — 620 с.
15. Ларин И.В. Луговодство и пастбищное хозяйство. — М.: Колос, 1969. — 550 с.
16. Смелов С.П. Биологические основы луговодства. — М.: Сельхозиздат, 1947. — 231 с.
17. Смелов С.П. Теоретические основы луговодства. — М.: Колос, 1966. — 367 с.
18. Работнов Т.А. Фитоценология (изд. 2-е). — М.: Изд-во Московского университета, 1983. — 294 с.
19. Работнов Т.А. Луговедение (изд. 2-е). — М.: Изд-во Московского университета, 1984. — 320 с.
20. На грани истощения. Почвенные ресурсы России используют неразумно. URL: <https://poisknews.ru/magazine/12970> (дата обращения 20.10.2022).
21. Ливанцова С.Ю., Максимов Ю.И., Рыбальский Н.Г., Снакин В.В. Добрая воля, просвещенный взгляд на дело и любовь к земле (к 170-летию В.В. Докучаева) // Использование и охрана природных ресурсов в России, 2016. №1 (145). — С. 79–88.
22. Рыбальский Н.Г., Думнов А.Д., Муравьёва Е.В., Борискин Д.А. Состояние окружающей природной среды России // Использование и охрана природных ресурсов в России, 2018. №2 (154). — С. 68–88.
23. Рациональное природопользование и кормопроизводство в сельском хозяйстве России / В.М. Косолапов, И.А. Трофимов, Л.С. Трофимова, Е.П. Яковлева. — М.: РАН, 2018. — 132 с.
24. Косолапов В.М., Трофимов И.А., Трофимова Л.С., Яковлева Е.П. Рациональное природопользование в сельском хозяйстве (к 100-летию Государственного лугового института // Использование и охрана природных ресурсов в России, 2021. №2. — С. 3–11.
25. Трофимов И.А., Трофимова Л.С., Яковлева Е.П. Природа, сельское хозяйство и глобализация // Век глобализации, 2022. №2 (42). — С. 86–99.

Сведения об авторах:

Рыбальский Николай Григорьевич, д.б.н., президент Российской экологической академии (РЭА), в.н.с. Евразийского центра по продовольственной безопасности МГУ им. М.В. Ломоносова (ЕЦПБ МГУ); e-mail: rng@priroda.ru.

Трофимов Илья Александрович, д.г.н., к.б.н., зав. лабораторией геоботаники и агроэкологии ФНЦ кормопроизводства и агроэкологии им. В.Р. Вильямса, руководитель Московского областного отделения РЭА, зампреда секции «Агроэкологии» РЭА; e-mail: viktrofi@mail.ru.

Муравьёва Евгения Викторовна, инженер 1 категории ЕЦПБ МГУ; e-mail: nia_priroda@mail.ru

Календарь мероприятий

ИТОГИ КРУГЛОГО СТОЛА «ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА И ГЛУБОКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ МАСЛИЧНЫХ В ЕАЭС»

11 октября 2022 г. по инициативе Масложировой ассоциации ЕАЭС, поддержанной Евразийским центром по продовольственной безопасности МГУ им. М.В. Ломоносова, на площадке Евразийской технологической платформы в сфере продовольственной безопасности и питания в очно-дистанционном формате состоялось заседание круглого стола «Инновационные технологии производства и глубокой переработки масличных в ЕАЭС».

В мероприятии приняли участие около 50 представителей различных объединений и организаций, включая Госдуму РФ, Белорусский госконцерн пищевой промышленности «Белгоспищепром» и его предприятия, ЕЭК, национальные масложировые площадки, отраслевое и академическое научное сообщество стран ЕАЭС.

Открывая заседание, исполнительный директор Масложировой ассоциации ЕАЭС *Александр Мухлаев* обозначил современные задачи, стоящие перед масложировой отраслью, среди которых преодоление санкционного давления на экономики отдельных стран ЕАЭС, наращивание производства семян масличных культур для загрузки действующих перерабатывающих мощностей, реализация экспортного потенциала и расширение ассортимента по жирам с целью импортозамещения. Для эффективного решения указанных задач странам ЕАЭС необходимо повысить координацию и синхронизацию применения мер регулирования экспорта масличного сырья, активизировать сотрудничество с использованием посреднических форматов, а также усилить взаимодействие в научно-технологической сфере.

С приветственным словом к участникам заседания обратился *Александр Мажуга*, первый зампреда Комитета Госдумы по науке и высшему образованию, проф. РАН, председатель Правления Масложировой ассоциации ЕАЭС. Он проинформировал аудиторию об актуальных направлениях законодательного обеспечения научной деятельности в России и призвал к более тесной интеграции науки, бизнеса и образования для эффективного решения актуальных отраслевых задач в современном мире.

В приветственном обращении директора Евразийского центра по продовольственной безопасности МГУ, президента Евразийской технологической платформы в сфере продовольственной безопасности и питания, чл.-корр. РАН *Сергея Шобы* были затронуты вопросы проведения совместных исследований в области продовольственной безопасности, устойчивого развития АПК, укрепления региональных продовольственных цепочек и торгово-экономического сотрудничества в ЕАЭС. В качестве примера совместной работы участников Евразийской технологической платформы в сфере продовольственной безопасности и питания был приведен проект по разработке стратегии развития масложировой отрасли ЕАЭС на основе углубления агропромышленной кооперации и формирования высококонкурентных региональных цепочек создания добавленной стоимости. По словам Сергея Шобы, это весьма перспективное направление отраслевой работы с учетом потенциала масложировой индустрии в части импортозамещения, развития экспорта и улучшения питания населения.

Завершилась приветственная часть заседания выступлением *Марии Байгот*, начальника отдела Департамента агропромышленной политики ЕЭК, которая рассказала об

основных направлениях интеграционной работы государств ЕАЭС для устойчивого производства масложировой продукции, отметив инновационный характер развития отрасли и ее значительный вклад в решение вопросов полноценного питания.

В ходе основной части заседания были рассмотрены ключевые проблемы и задачи по обеспечению устойчивого функционирования масложировой отрасли, вопросы технико-технологического сотрудничества с Китаем, основные тенденции в масложировой индустрии и перспективные направления исследований в области переработки масличных культур, ключевые факторы повышения эффективности производства рапса, агротехнологические подходы по управлению климатическими рисками при возделывании масличных культур.

Общий тон дискуссии был задан *Андреем Мешковым*, начальником Управления по производству продуктов питания Белорусского госконцерна «Белгоспищепром». Аудитория была проинформирована о достижениях Беларуси в области производства рапса и рапсового масла, а также новых видов кондитерской продукции с использованием рапсового масла. Ожидается, что по итогам 2022 г. в Беларуси показатель обеспеченности растительным маслом собственного производства превысит 223% (в Казахстане — 109%, в России — 211%). Андрей Мешков подчеркнул, что несмотря на достигнутые результаты, в условиях нарастания санкционного давления требуется усиление координации действий для защиты экономической безопасности и технологического суверенитета Беларуси и России. В частности, странам ЕАЭС необходимо активизировать работу над наилучшими доступными технологиями с учетом современных достижений отечественной науки и техники, экологической и ресурсной эффективности.

Исп. директор Ассоциации производителей масложировой продукции Казахстана *Диляра Евниева* рассказала о проблемах сырьевого обеспечения масложировой отрасли страны, динамики производства масложировой продукцией, а также о результатах применения Казахстаном защитных мер в виде квот на экспорт подсолнечника и масла в сезоне 2021–2022 гг. Она отметила целесообразность проведения политики по регулированию экспорта семян масличных до достижения полной загрузки производственных мощностей (порядка 3 млн т семян), что позволит обеспечить оптимальную доходность всех участников масложировой отрасли «от поля до прилавка», а также удовлетворить потребность населения в растительном масле.

Информация о функционировании кластера растительных масел в Кыргызстана, а также об опыте технологического и инвестиционного сотрудничества с Китаем была представлена *Дмитрием Чжаном*, исполнительным директором АПК «Ли Бин». Он рассказал о механизмах взаимодействия переработчиков с фермерами по вопросам производства мас-

личного сырья и выразил готовность оказать содействие заинтересованным членам Масложировой ассоциации ЕАЭС в привлечении инвестиций и поставках оборудования из Китая.

Выступление директора ВНИИ жиров *Александра Лисицына* было посвящено научному обоснованию особенностей развития современной масложировой индустрии. В частности, отмечены географические и климатические закономерности, влияющие на жирнокислотный состав масличных культур, обозначена важность сбалансированного потребления жиров и эссенциальных жирных кислот для нормальной жизнедеятельности организма с учетом специфики национальных кухонь стран ЕАЭС, раскрыты новые подходы для повышения усвояемости белковых кормов и производства качественного масличного сырья. По мнению Александра Лисицына, наряду с вопросами питания важная роль в жизни человека отводится гигиене, особенно в условиях пандемии. В этой связи в странах Евразийского региона важно обеспечить возможность производства и доступность для населения твердого мыла на натуральной жировой основе.

Асхат Далабаев, зав. лабораторией переработки масличного сырья Астанинского филиала Казахского НИИ перерабатывающей и пищевой промышленности, охарактеризовал перспективные направления исследований в области переработки масличного сырья: биотехнологические способы получения масел с высоким содержанием олеиновой кислоты; получение функциональных и специализированных купажей растительных масел; внедрение энергосберегающих технологий переработки и инновационных технологий подготовки семян к извлечению масла; технологии снижения уровня содержания глицидиловых эфиров в растительных маслах; энзимной перестерификации для получения комбинированных жиров на основе животных жиров и растительных масел; фракционирования растительных масел из гидрогенизированных подсолнечного и соевого масел; получения пищевого лецитина из обезжиренных фосфатидов, а также ферментная гидратация масел с извлечением фосфатидов. Немаловажное значение имеет и разработанная технология получения льноволокна из соломки масличного льна.

Доклад, директора по тех. регулированию Масложирового союза РФ *Екатерины Нестеровой* был посвящен нововведениям в Техрегламенте на масложировую продукцию (ТР ТС 024/2011). Подробно были рассмотрены технологии снижения и методы контроля содержания глицидиловых эфиров в маслах, а также вопросы введения нормирования содержания трансизомеров жирных кислот в спредах, что позволит обеспечить безопасность масложировой продукции. Кроме того, нововведения касаются уточнения требований к маркировке, процессам производства, переработки и условиям перевозки масложировой продукции, а также устранения неоднозначного толкования отдельных норм технического регламента.

Зав. агротехнологическим отделом ВНИИ масличных культур им. В.С. Пустовойта *Александр Бушнев* представил информацию о ключевых факторах повышения эффективности производства рапса и перспективных направлениях его селекции, благодаря которой, например, урожайность озимого рапса за последние 30 лет увеличилась в 2 раза. В качестве возможного сотрудничества для решения актуальной для белорусской стороны проблемы зимостойкости озимого рапса докладчиком было предложено провести испытания российских сортов в условиях Беларуси и отработать технологии для недопущения перерастания или недоразвития растений для перезимовки.

Заведующий кафедрой Факультета почвоведения МГУ, в.н.с. ЕЦПБ МГУ, проф. РАН *Владимир Романенков* выступил с докладом по вопросам влияния климата на урожайность и качество подсолнечника и рапса. Для стабилизации

урожаев масличных к изменению климата рекомендовано активизировать исследования по повышению термоустойчивости культур, а также оперативно скорректировать существующие технологии выращивания путем сдвига сроков посева, улучшения условий питания растений отдельными элементами (например, S для влияния на азотный метаболизм подсолнечника и синтез глюкозинолатов у крестоцветных, Zn для ускорения синтеза ауксинов), использования БАВ, инокуляции семян микроорганизмами (например, *Bacillus tequilensis*) для ускоренного продуцирования антиоксидантов при температурном стрессе.

Обсудив современные вызовы и задачи обеспечения устойчивого развития масложировой отрасли, а также вопросы технико-технологической модернизации масложировых предприятий стран ЕАЭС, участники заседания сошлись во мнении о необходимости более тесного взаимодействия производителей и переработчиков масличных культур, организаций торговли и представителей научного и экспертного сообщества стран ЕАЭС для решения актуальных вопросов развития масложировой отрасли и ориентации национальных продовольственных систем на обеспечение полноценного питания.

Кроме того, целесообразно расширить и активизировать совместные научные исследования в области производства инновационных пищевых продуктов с использованием масличного и масложирового сырья, в том числе с применением ресурсосберегающих технологий, с целью развития конкурентоспособных производств, импортозамещения и наращивания поставок продукции более высоких переделов на внешние рынки. С учетом достижения установленных в ЕАЭС ориентиров и показателей продовольственной безопасности первоочередное внимание следует уделять вопросам качества питания и безопасности продовольственных товаров.

По мнению представителей национальных масложировых площадок, современные экономические вызовы диктуют необходимость дальнейшего укрепления внутрирегионального торгово-экономического сотрудничества в Евразии, а также взаимодействия с третьими странами по вопросам расширения логистических коридоров, упрощения экспортно-импортных процедур и улучшения условий доступа на рынки, привлечения инвестиций и технологий, организации производственных и логистических площадок в странах-партнерах.

Важное значение приобретает реализация политики, направленной на адаптацию сельского хозяйства к климатическим изменениям. В рамках такой политики особое внимание необходимо уделить финансированию исследований по управлению климатическими рисками при возделывании масличных культур на основе агротехнологических подходов, своевременному выявлению и разработке мер противодействия развитию болезней и распространению вредителей масличных культур.

По итогам состоявшегося заседания достигнута договоренность о проведении подобных мероприятий на периодической основе и усилении координации совместных действий с целью обмена опытом, выработки стратегии развития отрасли, транслирования научных достижений в области переработки масличных культур и производства масложировой продукции в странах ЕАЭС.

*Роман РОМАШКИН, к. э. н.,
замдиректора ЕЦПБ МГУ,
Александр МУХЛАЕВ, исп. директор
Масложировой ассоциации ЕАЭС,
Андрей МЕШКОВ, начальник
Управления «Белгоспищепрома»*

NATURE

General Problems of Nature Management Instability of Natural Processes: Global Climate

V.V. Snakin, Dr.Sc. (Biology)

Institute of Basic Biological Problems of Russian Academy of Sciences, Lomonosov Moscow State University (Earth Science Museum)

This work considers the changes in the natural environment and the debatable questions of the interconnection of various global natural processes on the example of climate change. The complexity of these relationships and the subjectivity of forecasting changes in the natural environment are highlighted. It is shown that the hypothesis of the greenhouse effect cannot be fundamental for making environmental decisions. The course of natural processes, as well as the evolution of the biosphere in general, has an unstable, cyclical nature, implemented according to its own laws. The role of the anthropogenic factor is too often exaggerated, which leads to unjustified economic decisions, is used for political purposes and, unfortunately, contributes to the loss of public confidence in science. At the same time, humanity, as a natural product of the development of nature, fulfills its mission in the further evolution of the biosphere.

Keywords: global changes in the natural environment, global warming, sea level change, melting glaciers, environmental forecasting, environmental alarmism, unsustainable development, greenhouse effect, "ozone holes", anthropogenic factor, geoengineering.

Mineral Resources

About Military-Geological and Geoecological Support of Special Military Operation in Ukraine

S.V. Belov, Dr.Sc. (Geology), OZGEO LLC, Moscow

The need for military-geological and geoecological support for a special military operation in Ukraine is justified; the problems and tasks of military geologists and geoecologists in modern conditions and theaters of operations are characterized. Recommendations on the formation of relevant units and their organization forms were given. Show the need to include a military geology course in the programs of geological universities was shown.

Keywords: military geology, military geoecology, special military operation.

The Role of Geothermal Heat Supply in the Power Industry of the Kamchatka Territory

S.Yu. Fomin^{1,2}, V.A. Kudryashov¹, Can.Sc. (Technical)

¹The Federal State Budgetary Institution of Science Research geotechnological center of the FEB RAS

²Regional Center for Energy Development and Energy Conservation

The territory of the Kamchatka Territory occupies the first place in Russia in terms of the possibility of using geothermal resources. This paper analyzes the current situation in geothermal heat supply in the territory of the Kamchatka Territory, and also analyzes the existing problems of its development. The potential of geothermal energy is shown, which can be used for the needs of the region's heat supply in the near future.

Keywords: geothermal resources, geothermal heat supply, energy system, fuel and energy balance, energy efficiency, recreational potential, Kamchatka Krai.

Water Resources

Assessment of Heavy Metal Pollution of Bottom Sediments of a Number of Tributaries and Bays of the Ivankovo Reservoir

G.Yu. Tolkachev, Cand. Sc. (Geograph.), B.I. Korzhenevskiy, Cand. Sc. (Geology),

All-Russian Research Institute for Hydraulic Engineering and Land Reclamation

The article assesses the technogenic load on a number of tributaries and bays of the Ivankovsky reservoir, primarily within the boundaries of settlements and urban agglomerations. An assessment was made of the influence of the three largest watercourses flowing into the reservoir on the inflow of heavy metals into the latter. The results of studies of the contamination of bottom sediments with heavy metals and arsenic, estimated by Igeo-classes — by contamination of the sorbing fraction (less than 0.02 mm) are presented. The main contaminants are chromium and zinc, which are estimated to be low to moderate. The general picture of pollution of bottom sediments of tributaries and bays of the Ivankovo reservoir, the main source of water supply for Moscow, is presented. From the data obtained, it can be concluded that, despite a significant number of pollution sources, at present there is no need to talk about a dangerous load on the studied objects.

Keywords: sediments, heavy metals, i-geo class, pollution, technogenic pressure, sorption fraction, reservoir, mineral phase.

Land Resources

Changes in the Structural Status and a few Soil Characteristics of Various Abandoned Lands in the Yaroslavl Volga Region in the Context of the Evaluation of the Region's Land Resources

A.V. Rusakov, Dr.Sc. (Geograph.), A.I. Popov, Dr.Sc. (Agriculture), Yu.V. Simonova, A.G. Ryumin, D.M. Mirin, Can.Sc. (Biology)
St Petersburg University

The examination of the region's land resources reveals trends of changes in the structural state and a few soil physical characteristics of soils of diverse abandoned sites in the Yaroslavl Volga region. When comparing the higher layers of the postagrogenic strata to the lower ones, it was found that abandoned soils had significantly improved structurally and in a number of fundamental qualities (progradation processes); these processes are especially noticeable in sandy soils. In contrast to loamy soils, monitoring investigations in the row of abandoned arable land for loamy soils revealed an improvement in their agrophysical and a number of physico-chemical and chemical properties. The degree of aggregation according to the Beaver (Kb) can be employed as a standard in investigations of this nature and is a methodological parameter of the aggregate state of soils.

Biological Resources of Land

Comparative Characteristics of the Water Regime of Some Types of Mountain Ash During Introduction in the Orenburg Region

D.G. Fedorov, Can.Sc. (Biology), B.S. Ukenov, Can.Sc. (Biology)

Orenburg State University

The article considers the need to analyze the indicators of the water regime when assessing the introduction stability of species in new climatic conditions, since they are the most significant stress factors that limit the adaptation process and introduction of plants in the steppe

zone. 7 species of mountain ash were selected for the study. Common mountain ash was selected as the control species. During the course of the work, data were obtained indicating a low dynamics of the overall wideness of leaf plates with a slight variation in all study subjects. When assessing the intensity of water loss, one species is distinguished - *Sorbus x thuringiaca*, which probably has a high level of adaptation ability to arid conditions.

Keywords: *Sorbus L.*, introduction, wideness, average differential water loss velocity.

Water Biological Resources

Plant Communities of Lakes on the Territory of the State Reserve «Homeland of Crane»

*N.V. Kuznetsova, Can.Sc. (Biology), A.V. Zdrok, V.V. Vorontsov, Can.Sc. (Biology),
the Dmitrovsky Fishery Technological Institute — the Branch of the Astrakhan*

This paper presents the results of the assessment of the water quality of the lakes of the state reserve «Homeland of crane» by macrophytes, with the help of saprobiological analysis — the assessment of the degree of water pollution was carried out by indicator organisms. The characteristic of the plant communities of lakes is also given, the species composition of macrophytes, the temporal dynamics of phytomass are described.

Keywords: lake, macrophytes, indicator species, phytomass, saprobity.

Climatic Resources

Impact of Climate Change on the Dynamics of Natural Processes in the Kologrivsky Forest Nature Reserve

*N.N. Dubenok¹, the Academician, the Russian Academy of Sciences (RAS), Dr.Sc. (Agriculture),
A.V. Lebedev^{1,2}, Can.Sc. (Agriculture), S.A. Chistyakov^{1,2}*

¹Russian State Agrarian University — Moscow Timiryazev Agricultural Academy

²State Nature Reserve «Kologrivsky Forest» M.G. Sinitsyn

The article presents the results of studying the impact of climate change on the dynamics of natural processes in the Kologrivsky Forest Nature Reserve. A shift in the timing of the onset of phenological dates and the duration of the seasons of the year, depending on the average annual air temperature, was revealed. Therefore, the ongoing climatic changes make adjustments to the course of natural processes that has developed on the territory of the nature reserve. The shift in phenological dates is mainly due to the shortening of the cold period of the year. In the future, it is necessary to continue ecological monitoring of the annual life cycles of biological objects in specially protected natural areas, as this allows taking into account the influence of abiotic factors without negative anthropogenic impacts.

Keywords: climate change, phenological observations, Chronicle of Nature, nature reserve, Kologrivsky Forest.

Recreational Resources and Special Protected Natural Areas

Black Grouse Birds of the Basegi Reserve (Perm Region): Resources, Population Dynamics, Trends

N.M. Loskutova¹, Can.Sc. (Biology), D.V. Naumkin^{1,2}, Can.Sc. (Biology)

¹Basegi State Reserve, Perm Territory

²Mining Institute PFRC UB RAS, Perm

An analysis of the materials collected in the Basegi Nature Reserve (Perm Territory) on the biology of hen birds of the Tetraonidae family over the entire history of its existence since 1982 is presented. data, biocenotic connections (character of nutrition and enemies). The main method of counting birds in the reserve is autumn, according to the methodology of the Central Scientific Research Laboratory of the Ministry of Agriculture of the USSR.

Keywords: reserve "Basegi", black grouse, abundance, phenology, nesting, distribution over the territory, biocenotic relations.

Environmental Protection

Digitalization in Ecology in Conditions Unpredictability and Risk

M.A. Nikitenkova, Dr.Sc. (Economics),

Institute of World Transformations, Institute of USA and Canada Russian Academy of Sciences

The article is devoted to the study of the peculiarities of digitalization of ecology in conditions of uncertainty and issues related to risks and measures of their regulation at the state level. The study presents estimates of the macroeconomic effects of the processes of digitalization of the environment, considers options for socio-economic development, in which economic growth is expected to exceed 4% per year for the period 2017-2030. The author assessed the resources allocated to the digitalization of the environment, necessary to ensure economic growth taking into account risks. Variants of approaches of cooperation of business companies with the state using technologies of a new technological way in ecology are considered, target strategies of maintenance of economic processes in the conditions of geo-economic shift through digitalization tools are analyzed. In particular, the strategic importance of the development of digital infrastructure in the Arctic zone, its scientific and practical significance is revealed.

Keywords: digitalization, ecology, climate change, digital technologies.

Criteria for Typing Various Environmental Situations at the Municipal Level

O.B. Napolov¹, Can.Sc. (Technical), A.P. Kulakov²

¹State Research Institute of Industrial Ecology of Rosprirodnadzor

²Sergeev Institute of Environmental Geoscience RAS

In this paper, the main types of environmental situations at the municipal level are considered. Criteria for typification of various environmental situations have been developed and typification of various environmental situations at the municipal level has been carried out. The main types of environmental situations included: conditionally favorable, satisfactory, stressful, crisis, critical, catastrophic situations. Each of these types is assigned a certain level of dynamics and the nature of the spread of technogenic impacts on the territory, taking into account the maximum permissible concentrations of pollutants and environmental measures, in relation to a given environmental situation. A system of criteria-based assessment of environmental situations at the municipal level was formulated, taking into account the nature of the distribution of pollutants, the level of pollution localization, the scale of pollution, and the dynamics of the spread of environmental pollution. For safer environmental situations (conditionally favorable, satisfactory), there are practically no recommendations for the implementation of environmental measures.

Keywords: environmental situation, criteria for changing environmental situations, typification of environmental situations, municipal level.

Cartography

Designing a Hydrological Map of the Kaluga Region for the Purposes of Teaching Physical Geography

*M.V. Zakharova, Cand. Sc. (Geograph.),
Kaluga State University named after K.E. Tsiolkovski*

This article is devoted to the technology of designing a hydrological map of the Kaluga region. The maps of surface waters placed in the atlases of the Kaluga region of the earlier years of publication were cartographic sources for its creation. The development of such a map is explained by the need to update hydrological data and eliminate the shortcomings of existing maps. As a result, the developed map can be used for the purposes of teaching the physical geography of the Kaluga region.

Keywords: atlas, cartographic material, hydrological map, design, map layer.

AGRICULTURAL RESOURCES AND FOOD SECURITY

Food Security

Soil Resources and Mineral Fertilizers as a Factor of Realization Strategies for the Development of the Agro-Industrial Complex of Russia for the Period up to 2030

*D.M. Khomiakov, Can.Sc. (Biology), Prof.-Dr.Sc. (Technical), D.A. Azikov
Faculty of Soil Science, Lomonosov Moscow State University*

Soils, their characteristics and fertility should be among the mandatory criteria for the effectiveness of agricultural activities. The basis of sustainable agriculture is an adaptive landscape system with contour-reclamation organization of the territory and the constant use of the volume of agrochemical means necessary for the reproduction of fertility. The current situation with the use of agricultural land soils, the prospects for its adjustment, as well as a number of possible scenarios for the implementation of the Strategy for the Development of the agro-industrial complex of Russia for the period up to 2030 are considered.

Keywords: agriculture, soil, fertility, soil resources, sustainable development, strategy.

Soils

Soil and Ecological Zoning of the Oka Basin

*T.A. Trifonova¹, Dr.Sc. (Biology), E.P. Bykova¹, Can.Sc. (Biology),
N.V. Oreshnikova¹, Can.Sc. (Biology), N.V. Mishenko², Dr.Sc. (Biology), N.P. Matekina¹, P.S. Shutov²
¹Lomonosov Moscow State University*

²Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletov

The soil-ecological zoning of the Oka basin was carried out on the basis of the principles of genetic soil science, supplemented by modern ideas about the soil cover as a component of the biosphere and the ecological role of soil in human life. 6 soil-ecological districts and 14 districts have been identified, taking into account natural conditions and regional features affecting the formation of soil cover, as well as the location of agricultural production. Areas with positive dynamics of forest lands have been identified. It is established that the Gorky ancient alluvial-lowland-plain region of the second district is characterized by the maximum negative dynamics of forests (loss is 7,5%). In other studied areas, there is a slight positive dynamic of forests (1,6%-4,1%). The negative dynamics of arable land can be traced in most of the considered areas, with a maximum of 3,1%. A new approach in conducting soil-ecological zoning for river basins is the calculation of the erosion potential of the territory, which reflects the manifestation of relief-forming processes, takes into account the vertical distance between the highest and lowest points of the relief of a given region and its horizontal dissection.

Keywords: basin district, district, land use structure, erosion potential.

Agrolandscapes

Cadastral Value of Agricultural Land in the European Territory of the Arctic Zone of Russia, the North of Siberia and the Far East

*P.M. Sapozhnikov, Prof.-Dr.Sc. (Agriculture), S.E. Zubareva, N.I. Danilova
The Lomonosov Moscow State University*

The cadastral value of agrolandscapes in the Arctic zone of Russia is calculated for hayfields and pastures on the basis of the normative yield of annual and perennial grasses. The range of changes in the cadastral value of agricultural landscapes in the Arkhangelsk and Murmansk regions, the Komi Republic, the Krasnoyarsk and Kamchatka territories, the Republic of Sakha (Yakutia), and the Sakhalin region is shown. The highest values of the cadastral value in the European part of Russia are typical for sod-carbonate and alluvial soils, while for the territory of Siberia and the Far East for brown forest and alluvial soils. A map of the cadastral value of land in the northern territories of Russia has been compiled.

Keywords: agrolandscapes of the Arctic zone of Russia, maximum and minimum indicators of specific indicators of cadastral value, cadastral value map.

Agroecology

Slope Length and Steepness Factor (LS-factor) for Volgograd Region (Russia) in Modeling Soil Erosion by Water

*N.R. Kriuchkov, O.A. Makarov, Dr.Sc. (Biology)
Faculty of Soil Science, Lomonosov Moscow State University*

The Revised Universal Soil Loss Equation 2 (RUSLE 2) being a modified Universal Soil Loss Equation (USLE) model estimates soil erosion by water. It is one of the most popular and user-friendly software models for water erosion estimation. On the basis of several parameters, it provides the most precise estimation of erosion and erosion risks in the area under study. One of the parameters used for the estimation is the LS-factor — Slope Length and Steepness factor. The LS-factor dataset was calculated using a high-resolution (30 m) Digital Elevation Model (DEM) by Shuttle Radar Topography Mission (SRTM). The LS-calculation was performed using the DEM pre-processing according to the method of L. Wang and H. Liu (2005) and the original equation proposed by Desmet and Govers (1996). The calculation was implemented

using the System for Automated Geoscientific Analyses (SAGA). The LS-factor was calculated for the whole territory of Volgograd region and revealed the areas at risk of soil erosion. This is the first regional estimation in Russia using the DEM of such high resolution.

Keywords: Revised Universal Soil Loss Equation 2 (RUSLE -2); LS-factor; soil erosion; Digital Elevation Model (DEM); Russia; Volgograd region, System for Automated Geoscientific Analyses (SAGA).

Determination of Cobalt Content in the Soil-Plant-Animal System

*R.R. Gazetdinov, Can.Sc. (Chemistry), G.K. Abdulgafarova
Bashkir State University, Birsk branch*

Studies of the entry of heavy metals (as hazardous pollutants) into the environment and their migration through the biosystem are of high relevance and practical significance. We have studied the content of cobalt in the soil-plant-animals system in certain areas of the Republic of Bashkortostan in order to assess the degree of cobalt saturation and its migration in biosystems. Using a photometric method using 2-nitroso-1-naphthol, it was found that in the soil-plant-animal biosystem of the Baimak region, the cobalt content is 21.2–0.9–128.7 mg/kg, and that of the Birsk region is 10.3–0.3–111.4 mg/kg, respectively. It is shown that the upward migration of cobalt through the soil-plant-animal system occurs to a limited extent. Critical natural and technogenic polluting effects have not been found. The data obtained can be used in the field of environmental protection, environmental management and public health.

Keywords: cobalt, heavy metals, biosystem, photometric method.

Agronomy

Estimation of Nitrogen Mineralizing Capacity in Various Soil-Ecological Regions

V.N. Bashkin, Prof.-Dr.Sc. (Biology)

Institute of Physico-Chemical and Biological Problems of Soil Science of the Russian Academy of Sciences

A method for determining the nitrogen mineralizing capacity (NMC) of soils has been developed and an assessment of these values has been performed in various soil and environmental conditions when growing a variety of crops. It is shown that the determination of NMC values as a diagnostic indicator of the nitrogen regime of soils allows to increase the efficiency of the use of nitrogen fertilizers and reduce the negative environmental consequences of their irrational use.

Keywords: nitrogen mineralizing ability of soils, method of determination, soil and ecological conditions, agricultural crops, environmental consequences

Agroeconomics

Prospects for the Formation of a Two-Level System of Agro-Logistic Centers in the Face of New Challenges for the Agro-Industrial Complex of Russia

S.V. Lamanov¹, M.R. L², Can.Sc. (Economics), R.A. Romashkin¹, Can.Sc. (Economics), T.V. Surganova¹, Can.Sc. (Philology)

¹Eurasian Center for Food Security under Lomonosov Moscow State University

²National Research University «Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers»

The article examines the development of Russia's agro-logistic infrastructure in the face of the constant threat of expanding sanctions, rising transport costs and the difficulties of ensuring cross-border transactions. As fruits and vegetables and dairy products, which are most dependent on imports, are produced in significant volumes by small farms, it seems necessary to actively involve them in the trade flow. To achieve this goal, it is proposed to form a two-level system of agro-logistic centers (ALC) in the country: the network of district ALCs, which can be called first-level centers, should be supplemented by large regional ALCs, which can be defined as second-level centers. The formation of a two-level system of ALC is seen as a task to be solved on the principles of public-private partnership. At the same time, it is advisable to implement the objects of agro-logistic infrastructure in the plans for the development of the national transport network.

Keywords: agro-logistic infrastructure, agro-logistic center, small farm, commodity distribution system, export.

Anniversaries

Unique long-term experiments in meadow farming - a national treasure of Russia (for the 100th anniversary of the State Meadow Institute)

N.G. Rybalsky^{1,3}, Dr.Sc. (Biology), I.A. Trofimov^{2,3}, Dr.Sc. (Geograph.), E.V. Muravieva¹

¹Eurasian Center for Food Security under Lomonosov Moscow State University

²Federal Williams Research Center of Forage Production & Agroecology

³Russian Ecological Academy

Feed production is the largest and most multifunctional branch of agriculture. It links together crop production, agriculture and animal husbandry, ecology, rational nature management, and environmental protection. It plays a crucial role in the management of agricultural lands and agricultural landscapes of Russia, in ensuring their productivity and sustainability, solving problems of food and environmental security of the country. The leading scientific center of the country on fodder herbs and rational nature management in agriculture is the Federal State Budgetary Scientific Institution «Federal Williams Research Center of Forage Production & Agroecology». Unique land plots where long-term experiments on meadow farming are carried out should be recognized as a national treasure of Russia. Without experimental fields, scientists will not be able to create new varieties of agricultural crops and effective nature-like highly productive and sustainable agricultural technologies that simultaneously preserve soil fertility and our lands.

Keywords: food security, meadow farming, forage grasses, forage lands, forage production, soil fertility, rational nature management.

Calendar of Events

The results of the Round Table “Innovative Technologies for the Production and Advanced Processing of Oilseeds in the EAEU”

October 11, 2022 at the initiative of the Oil and Fat Association of the EAEU, supported by the Eurasian Center for Food Security of Lomonosov Moscow State University a round table meeting “Innovative technologies for the production and advanced processing of oilseeds in the EAEU” was held on the site of the Eurasian Technological Platform in the field of food security and nutrition.