NATIONAL INFORMATION AGENCY «NATURAL RESOURCES»
RUSSIAN ECOLOGICAL ACADEMY
THE MSU EURASIAN CENTER FOR FOOD SECURITY

USE AND PROTECTION OF NATURAL RESOURCES OF RUSSIA

SCIENTIFIC, INFORMATIVE AND ANALITICAL BULLETIN

№ 4 (180)/2024

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, L.A. Gafurova (Uzbekistan), **N.N. Dubenok, A.G. Ischkov, N.S. Kasimov, D.M. Khomiakov, V.N. Lopatin, S.A. Lysenko** (Belarus), **O.A. Makarov, L.V. Oganesyan, S.A. Ostroumov, G.S. Rozenberg, N.G. Rybalsky** (chief editor), **A.V. Shevchuk, S.A. Shoba, E.A. Shvarts** (vice editor-in-chief), **V.V. Snakin** (vice editor-in-chief), **A.A. Tishkov, V.Y. Zharnitckiy**

EDITORIAL COUNSIL:

S.V. Belov (Mineral Resources), **R.S. Chalov** (Water Resources)**, M.M. Cherepansky** (Gidrogeology), **G.M. Chernogaeva** (Climatic Resources), **S.I. Nikonorov** (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. Moscowsky, 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)

ISSN 2222-5633

© NIA-PRIRODA, 2024

В ЭТОМ ВЫПУСКЕ

ПРИРОДА

Водные ресурсы

Г.С. Розенберг, Н.В. Костина, Г.Э. Кудинова, А.Г. Розенберг. Некоторые экологические проблемы великих рек БРИКС 3

Н.Н. Роева, И.А. Зайцева. Определение тяжелых металлов в природных водах Калужской области 11

Биоресурсы суши

Н.И. Кичук. Международная торговля и природные популяции видов флоры Приложений СИТЕС, произрастающих на территории Российской Федерации 16

Климатические ресурсы

В.В. Тетельмин. Расчетные функции обогревающего воздействия антропогенного парникового эффекта 23

В.Ю. Верятин, Б.Г. Данелян, А.В. Осетров. Использование технологий активных воздействий на гидрометеорологические процессы для снижения уровня неблагоприятных воздействий опасных гидрометеорологических явлений 32

С.С. Воронич, А.Г. Хлопаев, Д.А. Зайцев, Д.Р. Буздаков, Н.С. Воронич. Динамика изменений основных климатообразующих факторов на территории Московской области 38

Рекреационные ресурсы и ООПТ

А.В. Шевчук. Социально-экономические вопросы развития ООПТ на основе продвижения экологического и иных видов туризма 42

Охрана окружающей среды

И.А. Сосунова. Экологическое благополучие как фактор национальной безопасности и цивилизационного развития в условиях новых вызовов 53

Н.Н. Клец, М.Г. Петрова, А.В. Здрок, В.Ю. Жарикова, Д.В. Горячев, М.Ю. Кудинов. Оценка качества воды в Угличском водохранилище 57

Картография

М.В. Захарова, В.Е. Иванова. Гидрологическое моделирование водосборной площади реки Яченки на основе цифровой модели поверхности в среде QGIS 62

АГРОРЕСУРСЫ И ПРОДОВОЛЬСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Продовольственная безопасность

Д.М. Хомяков. Россия и страны Центральной Азии: некоторые природно-ресурсные и социально-экономические аспекты обеспечения продовольственной безопасности 68

В.Н. Маслова, Е.Н. Воскресенская. Закономерности изменчивости урожайности агрокультур в новых субъектах РФ 79

Почвы

О.А. Макаров, Д.Р. Абдулханова. Цикличность и потоковость почвообразования 87

П.М. Сапожников, Н.Г. Рыбальский. Итоги и основные проблемы в кадастровой оценке земель сельскохозяйственного назначения 91

Агроэкология

А.В. Ходакова, И.В. Андреева, Е.И. Шаталова. Разведение энтомофага яйцееда *Trissolcus kozlovi (Hymenoptera: Scelionidae)* на нецелевом хозяине — хищном клопе *Podisus maculiventris (Heteroptera: Pentatomidae)* 96

Г.Ю. Толкачёв, Б.И. Корженевский, Н.В. Коломийцев. Возможность использования донных отложений водоёмов для мелиорации почв 102

Агроэкономика

С.В. Ламанов, М.Р. Ли, Р.А. Ромашкин, Т.В. Сурганова. Проблемы развития и перспективы международного транспортного коридора «Север — Юг» 108

Юбилеи 118

Книжная полка 120

Водные ресурсы

EDN ZXZAQB

УДК 556:574.5 + 33.339.976.2

Некоторые экологические проблемы великих рек БРИКС

Г. С. Розенберг, д.б.н., чл.-корр. РАН, Н. В. Костина, д.б.н., Г. Э. Кудинова, к.э.н., А. Г. Розенберг, к.б.н.

Институт экологии Волжского бассейна РАН — филиал Самарского ФИЦ РАН, г. Тольятти

Рассматривается возможность более детального сотрудничества стран БРИКС+ в решении водных и экологических проблем бассейнов великих рек — Амазонки, Янцзы, Волги, Ганга и Оранжевой. Проведено их сравнение по ряду географических параметров (длина, площадь бассейна, объем водных ресурсов и пр.). Чистая пресная вода — это возобновляемый ресурс, ценность которого постоянно возрастает. Наибольшие запасы пресной воды в мире имеют такие страны, как Бразилия, Россия и Канада. Страны БРИКС превосходят страны G7 по запасам пресной воды более чем в 2,3 раза; по потреблению пресной воды на душу населения страны G7 в 10 раз превосходят страны БРИКС. На примере Волги и Янцзы предложена методика сравнения социо-эколого-экономических систем бассейнов. Сделан вывод о необходимости подобного сравнения великих рек БРИКС.

Ключевые слова: содружество государств, бассейн реки, Амазонка, Волга, Ганг, Оранжевая, Янцзы, природные ресурсы, запасы пресной воды.

«Мы приветствуем усилия по дальнейшему развитию инициативы «Чистые реки БРИКС» в рамках Платформы экологически чистых технологий БРИКС (BEST)».
Казанская декларация XVI саммита БРИКС (2024)

Введение

«В определенном смысле ценность воды беспредельна, поскольку жизнь без нее невозможна и замены воде нет. ... Риск недооценки воды слишком велик, чтобы его не замечать» [1, с. 13].

Сотрудничество стран БРИКС+ (Бразилия, Россия, Индия, Китай, Южная Африка) следует рассматривать как важнейший фактор укрепления их суверенитета, политической независимости, экономической конкурентоспособности, успешности национально-культурного и социально-экономического развития. Не последнюю роль такое сотрудничество должно внести и в решение экологических проблем этих стран. Особо это касается бассейнов крупных рек — Амазонки, Волги, Ганга, Янцзы и Оранжевой (*табл. 1*).

В докладе зав. кафедрой экономики природопользования экономического факультета МГУ им. М. В. Ломоносова, проф. С. Н. Бобылева, с которым он выступил 18 апреля 2024 г. на круглом столе «Сохранение окружающей среды и борьба с изменением климата: что БРИКС может предложить миру?» [2], было выделено пять основных факторов, определяющих, почему БРИКС является экологическим донором планеты. Среди них, важную роль играет тот факт, что страны БРИКС обладают огромными запасами пресной воды — ценным критическим ресурсом XXI в. [3, 4].

Одна из ключевых российских инициатив в рамках БРИКС — это платформа экологически чистых технологий (платформа BEST; сокр. от BRICS Environmentally Sound Technology Platform). Об этом было заявлено в ходе Международной конференции «Региональное сотрудничество БРИКС: вопросы рационального природопользования — экология, просвещение, туризм», которая состоялась в Карельском НЦ РАН в сентябре 2024 г. Это универсальная площадка, где каждая из стран объединения определяет приоритетную для себя тематику с учетом своих экологических, экономических, социальных факторов и выдвигает ее в качестве инициативы. Россия выступила инициатором программы «Чистые реки БРИКС», которая направлена на

Таблица 1

Некоторые характеристики сравниваемых рек

*№**	*Река*	*Длина, км*	*CA2*, тыс. км²*	*AWC3*, тыс. м³/с*	*Перепад высот (исток — устье), м*	*Бассейн*	*Страны в водосборном бассейне*
1.	Амазонка	7100	7180 (1)+	230,0 (1)2+	110 — 0	Атлантический океан	Бразилия, Перу, Боливия, Колумбия, Эквадор, Венесуэла, Гайана
4.	Янцзы	6300	1808 (12)	31,9 (5)	~	Восточно-Китайское море	КНР
15.	Волга	3530	1380 (16)	8,06 (32)	228 — -28	Каспийское море	Россия (99,8%), Казахстан (0,2%)
41.	Ганг	2432	1060 (25)	12,0 (13)	~	Индийский океан	Индия, Бангладеш, Непал
61.	Оранжевая	2092	973 (28)	0,365 (2-я сотня)	~	Атлантический океан	ЮАР, Намибия, Ботсвана, Лесото

***** — место в списке великих рек мира (по длине); 2***** — площадь водосборного бассейна; 3***** — средний расход воды; + — место в списке великих рек (по площади водосборного бассейна); 2+ — место в списке великих рек (по среднему стоку).

Таблица 2

Рейтинг стран по общему объёму и потреблению возобновляемых ресурсов пресной воды
(«Справочник ЦРУ по странам мира» [8])

БРИКС					*G7 («Группа семи», Group of Seven)*				
*№**	*страна*	*TVRWR2**	*WC3**	*WC4*/N*	*№**	*Страна*	*TVRWR2**	*WC3**	*WC4*/N*
1.	Бразилия	8233	67,2 (12)+	316,2	3.	Канада	3300	36,3 (20)	960,0
2.	Россия	4498	64,8 (13)	444,2	4.	США	3069	444,4 (3)	1342,3
6.	Китай	2830	568,5 (2)	395,1	25.	Япония	430	78,4 (10)	620,0
9.	Индия	1908	647,5 (1)	551,5	44.	Франция	189	26,3 (27)	402,5
95.	ЮАР	50	20,3 (36)	323,5	45.	Германия	188	24,5 (30)	340,0
		17519	1368,3	84,1	48.	Италия	175	33,7 (22)	560,5
					51.	Великобритания	161	8,4 (54)	124,0
							7512	652,0	842,4

***** — место в списке стран мира; 2***** — общий объём возобновляемых водных ресурсов, км³; 3***** — потребление водных ресурсов, млрд м³/год; 4***** — общий водозабор (м3/на душу населения/год); + — место в списке стран мира (по потреблению водных ресурсов).

улучшение состояния водных бассейнов, прежде всего, крупных рек стран БРИКС (этот пункт вошел в итоговую Декларацию саммита в Казани 22—24 октября 2024 г.). Не взирая на то, что важнейшие реки стран БРИКС не имеют географических границ, эта программа может использоваться как «некий шаблон» по изучению и применению опыта отдельной страны в борьбе с общими (для всего мира) экологическими проблемами применительно к разным речным экосистемам.

Состояние рек БРИКС

В *табл. 2* приведены сведения об объёмах возобновляемых ресурсов пресной воды. Как и для других природных ресурсов, для ресурсов пресной воды существенна проблема допустимого их использования, не нарушающая естественный и сложившийся антропогенный балансы. По нормативам, рассчитанным ЮНЕСКО, критическим считается использование более 10% годовых запасов пресной воды [5]. Эти данные позволяют сделать вывод о том, что для стран БРИКС лишь Бразилия и Россия не подошли к этим критическим величинам, а для стран G7 — Канада и Великобритания. Однако, интересующие нас реки, являясь техногенно-нагруженными, активно используются человеком и имеют несколько иной уровень критичности использования.

Таблица 3

Некоторые экологические проблемы сравниваемых рек [8, 11-18]

Река	*Загрязнение*	*Высокий уровень испаряемости*	*Бесконтрольное использование*	*Зарегулирование (плотины)*	*Другие (некоторые пояснения в тексте)*
Амазонка			++	+ (3)*	Уничтожение тропических лесов (по данным WWF, из-за глобального потепления и вырубки леса через 20-30 лет может быть повреждено или уничтожено около половины тропических лесов Амазонии). Засушливость северо-восточных регионов Бразилии. Сокращение биоразнообразия
Янцзы	++		+	++ (9)	Урбанизация (главный источник воды для 30 крупных городов). Рост промышленной антропогенной нагрузки (ежегодно в реку сбрасывается около 34 млрд т промотходов). Бесконтрольная добыча песка
Волга	+			+++ (13)2*	Цветение водохранилищ. Загрязнение вод нефтепродуктами (аварии). «Кладбище кораблей» (за последние годы поднято со дна Волжского бассейна почти 2000 плавсредств, еще около 400 продолжает лежать на дне реки)
Ганг	+++	++	+	+ (3)	Неравномерность распределения водных ресурсов реки. За последние 50 лет потребление воды увеличилось в 3 раза (демографический бум)
Оранжевая		+	+	+ (6)	Рост потребления воды (развитие сельского хозяйства; урбанизация)

* — на притоках Амазонки (реках Мадейра и Шингу); 2* — Волжско-Камский каскад ГЭС.

Так, например, для России, за счет многоводных, но мало (сравнительно мало) используемых человеком северных, сибирских и дальневосточных рек, индекс критичности равен 1,5%, что много меньше 10%; а вот для Волги этот индекс уже равен 7,1% [6, 7].

Некоторые экологические проблемы бассейнов крупных рек стран БРИКС представлены в *табл. 3*; прокомментируем ряд из них.

Кабмин Индии в ноябре 2008 г. присвоил Гангу статус национальной реки для комплексной её защиты от экологических угроз — здесь и угроза из-за снижения таяния ледников в Гималаях, которые питают реку (если темп этого процесса сохранится, то уже скоро река может стать сезонной и полностью зависеть от периода дождей), и отсутствие очистных сооружений у многих предприятий по берегам реки, и традиция захоронения умерших в водах Ганга, и др. Власти Индии уже добились того, чтобы тела сначала кремировали и затем развеивали над рекой. Был предложен и не ординарный способ: в 1986 г. правительство Индии объявило о выпуске в реку специально выведенных плотоядных черепах («Гангский трионикс» [*Nilssonia gangetica* Cuvier, 1825]), которые едят все, кроме костей. Правда, как писал британский журналист-политолог Р. Д. Коннерни в своей книге «Перевернутое дерево»: «Вместо эффективной политики, предотвращающей сброс полуобгоревших тел в реки и ручьи, Индия обратилась к невинной черепахе для решения своих проблем» [17]. При этом, в проект было инвестировано $32 млн и выпущено (по разным оценкам) 25—30 тыс. жаждущих плоти черепах; однако, это начинание провалилось из-за коррупции и бесхозяйственности [18].

Журналистским клише стало сравнение лесов Амазонки с «зелеными лёгкими Земли». Амазонский тропический лес производит около 50% кислорода на планете и поэтому его гибель может иметь самые тяжкие последствия. За последние 50 лет было утрачено 13—17% площади тропических лесов в бассейне Амазонки.

Это повлекло уменьшение количества дождевой влаги, рост продолжительности сухого сезона, что постепенно ведет к необратимой деградации и превращению некогда процветающей территории в заросли кустарников. А так как, по мнению специалистов, этот регион является «чемпионом по биоразнообразию», то и оно сокращается.

Еще одна проблема, напрямую касающаяся и Волги. Часто приходится слышать (особенно от активных «зеленых»), что необходимо разрушить плотины и вернуть реки в их естественное состояние. Правда, нет никаких руководств о том, как подходить к сносу плотин и устранять последствия их многолетнего функционирования, нет никаких долгосрочных исследований, из которых можно было бы извлечь соответствующие уроки (фактически, каждый снос плотин уникален [19]), нет единых механизмов решения споров по вопросам сноса тех или иных конкретных плотин [20]. Хотя только за 20 лет, начиная, примерно, с 80-х гг. XX в. в США было демонтировано более 500 плотин [21]. Можно назвать, по крайней мере, четыре основные причины для сноса плотин: безопасность, законодательство и политика, экономика и охрана природы, а также три основных препятствия для сноса плотин: финансирование, культурно-исторические ценности и находящиеся под угрозой исчезновения виды. Эффективное восстановление рек путем сноса плотин достигается только при наличии сотрудничества между различными методами защиты и восстановления (для крупных рек, являвшихся долгие годы, своего рода, «коллекторами» при сбросе промышленных и коммунальных стоков, необходима быстрая [практически, до высыхания] утилизация донных осадков со всем «букетом» накопленных загрязнений...). Кроме того, необходимо тщательно объяснять общественности и заинтересованным сторонам причины и последствия сноса плотин — «продемонстрировать на основе неопровержимых фактов, а не сентиментов или мифов, что продолжение эксплуатации плотины отвечает общественным интересам, экономически и экологически» [22, p. 40].

Экомодернизация

Экологическая (а в более широком смысле, социально-экологическая) модернизация — явление многоаспектное и системное (мы уже писали об этом [23–25]). Обозначим тезисно основные моменты. «В современном мире уже нет отдельно «человека» и «природы»: человек экологизирован, природа социализирована. Отсюда следует, что меры по сохранению и улучшению состояния среды обитания есть необходимый компонент «пакета» мер развития. Сегодня «экологический фактор» — растущий по значению ограничитель любых усилий по модернизации производства и его инфраструктуры, так как всякое превышение несущей способности локальных экосистем и биосферы в целом возвращается бумерангом обществу в форме сокращения рождаемости, роста заболеваемости и смертности, роста миграционных расходов и т.д.» [26, с. 95]. Абсолютно справедливо подчеркивается [27], что «природа не нуждается в модернизации — она нуждается в заботе и в бережном отношении к ней».

Становление и развитие представлений об экомодернизации связано с именами социологов и экологов М. Букчина (Murray Bookchin; 1921–2006), О.Н. Яницкого (1933–2020), Дж. Хубера (Joseph Huber; г.р. 1948), Ч. Хэ (*He Chuanqi; г.р. 1957*) и др. Именно китайский проф. Ч. Хэ стал автором представлений и развил оригинальную теорию *вторичной модернизации* (модернизации в целом, а не только экологической модернизации), основные положения которой были впервые опубликованы в 1998 г., а монографически оформлены через год [28]. Автор выделил две основные стадии современной модернизации — *первичную*, связанную с индустриальной эрой цивилизационного процесса, и *вторичную*, связанную с информационной эрой (или эрой знаний). Каждая из стадий включает некоторые фазы (этапы) — начало, развитие, расцвет и переход к следующей стадии. Кроме того, он предложил и третью стадию модернизации (правда, без соответствующей теории) — *интегрированную модернизацию*, которая оптимально сочетает первичную и вторичную модернизации. Следует отметить, что модернизация или техническое перевооружение относится к модели эволюционного перехода общества из одного глобального состояния в другое (...охотничье-собирательское [первобытное, доаграрное] — аграрное — индустриальное — информационное — интегрированное...) [23]. При этом, «модернизация» не равнозначна «инновативации» — если последняя представляет собой «подстегивание» экономико-технологического развития, то модернизация — создание его фундаментальных, инфраструктурных (в самом широком смысле) предпосылок.

На *рис. 1 (см. вклейку)* представлен схематичный пример (в какой-то степени, историко-философский), который рассчитан нами и демонстрирует характерные черты областей (провинций) долины главной китайской реки Янцзы и четырех стадий эволюции общества [29]. Бассейн реки Янцзы имеет широкий диапазон и сложную топографию. В последние годы, на фоне изменения климата и почвенно-растительного покрова, экологический отклик всего экологического качества бассейна реки Янцзы существенно изменился и ухудшился [13, 30].

Этот рисунок следует пояснить. Бо́льшая часть долины р. Янцзы (шесть провинций в верхнем её течении — Цинхай [QH], Тибет [TB], Юньнань [YN], Сычуань [SC], Чунцин [CQ] и Гуйчжоу [GZ]) — сельскохозяйственные районы, в ряде которых все еще прослеживаются черты первобытного общества (так, этническая группа *мосо* хранит устои матриархата [поздний палеолит, 10 тыс. лет назад], а в горных районах провинции Сычуань народности *цян*, *лахк*, *булан* и *хани* всё еще живут, пользуясь подсечно-огневым методом земледелия [неолит, 6 тыс. лет

Таблица 4

Индекс интегрированной модернизации (ИИМ) стран БРИКС и G7 (данные 2006 г.) [29]

Страна	*ИИМ**	*Место*	*ИЧР2**	*Страна*	*ИИМ*	*Место*	*ИЧР*
БРИКС				*G7*			
Россия	59	37	0,806 (52)3*	США	97	1	0,950 (21)
Бразилия	56	41	0,807 (87)	Япония	94	4	0,956 (19)
ЮАР	42	66	0,670 (109)	Германия	92	6	0,940 (9)
Китай	38	75	0,762 (79)	Франция	90	10	0,955 (28)
Индия	28	93	0,609 (132)	Великобритания	89	11	0,942 (18)
				Канада	86	15	0,967 (15)
				Италия	83	18	0,945 (30)

* — ИИМ рассчитан для 131 страны; 2* — индекс человеческого развития; 3* — место по ИЧР в 2021 г.

назад]). Аграрное земледелие связано с четырьмя провинциями среднего течения Янцзы (Хубей [HB], Хуань [HN], Цзянси [JX] и частично Аньхой [AX]); индустриальное — с нижним течением (две провинции — частично Аньхой [AX] и Цзянсу [JS]); наконец, общество знаний ассоциируется с расположенным в эстуарии Шанхаем. Такое разделение подтверждается и рядом экономических (подушевой ВВП, снижение доли занятости в сельском хозяйстве и рост в промышленности и сфере услуг) и социальных показателей (уровень урбанизации, ожидаемая продолжительность жизни, детская смертность, уровень грамотности и пр.). Таким образом, река Янцзы выступает в роли модели модернизации цивилизационных сообществ людей на разных этапах развития (направленность, асинхронность модернизации, культурное и цивилизационное разнообразие и пр.). Наличие в Докладе [29] некоторых исходных данных (перечисленные выше экономические и социальные показатели) позволил провести сравнение развития бассейнов Янцзы и Волги (для последней использовалась база данных REGION [9, 31 и др.]).

Этот результат (см. рис. 1) был получен в пространстве следующих экономических (ВВП на душу населения, структура производства [сельское хозяйство, промышленность, услуги] и структура занятости [сельское хозяйство, промышленность, услуги]) и социальных параметров (уровень урбанизации, ожидаемая продолжительность жизни, уровень детской смертности, доля населения с высшим образованием).

Районирование Волжского бассейна по тем же самым «модернизационным показателям» не дало столь же наглядной картины, как для бассейна Янцзы (*рис. 2, см. вклейку*). Можно назвать несколько причин такого различия. *Во-первых*, географическая: течение реки Волга—Кама направлено с севера на юг (Янцзы — с запада на восток). *Во-вторых*, миграционная: расселение славян на обширных пространствах Центральной, Юго-Восточной и Восточной Европы стало главным содержанием поздней фазы Великого переселения народов (VI—VIII вв.). Сельскохозяйственное освоение территорий Волжского бассейна началось на 4—5 тысячелетий позже, чем в бассейне Янцзы. *В-третьих*, длительная изолированность китайской цивилизации: хотя в более ранние эпохи Древний Китай знал римлян, парфян, поддерживал связи с индийцами, иранскими арабами и Византией, это явно не стимулировало модернизационные процессы, которые активизировались лишь с проникновением в Китай иностранного капитала с середины XIX в. (модернизация Китая по отношению к модернизации России, начатой Петром I, задержалась лет на 200). *Наконец*, различие модернизационных процессов в России и Китае (как, впрочем, между странами БРИКС и G7 [*табл. 4*]) подтверждается и количественными показателями — индексами интегрированной модернизации.

Индекс интегрированной модернизации хорошо скоррелирован с более традиционным индексом человеческого развития, доклады об изменении которого публикуются ежегодно (см., например, [32]).

Проведенный в целях районирования кластерный анализ совместно для территорий бассейнов Волги и Янцзы[1] (*рис. 3*) позволил выделить четыре класса, которые, правда, в этом варианте районирования не так легко интерпретируются для Волги, подобно бассейну Янцзы, на оси «первобытное общество — общество знаний». Легко убедиться, что провинции бассейна р. Янцзы хорошо демонстрируют разбиение на четыре типа модернизационных обществ. Территории Волжского бассейна относятся ко второму и третьему (сюда попали Московская область, Татарстан, Самарская, Саратовская и Ярославская области) типу обществ. Заметим, что если добавить в качестве отдельной территории субъект Федерации г. Москву, то, вполне возможно, Москва (может быть вместе с Московской областью) выделится в четвертую группу территорий — общества знаний (иными словами, различия между Москвой и Шанхаем в 2006 г. были, скорее всего, не столь разительными).

Как модернизацию в целом, так и экологическую модернизацию страны можно рассматривать через призму различных сценариев будущего России. Согласно концепции экомодернизации, экономические и экологические интересы уже стали (вот-вот должны стать) взаимозависимыми, взаимодополняющими

[1] Методику такого рода сравнений («смешанный подход», межрегиональный экологический анализ) см. [33].

Рис. 1. **Районирование бассейна реки Янцзы по параметрам модернизации**

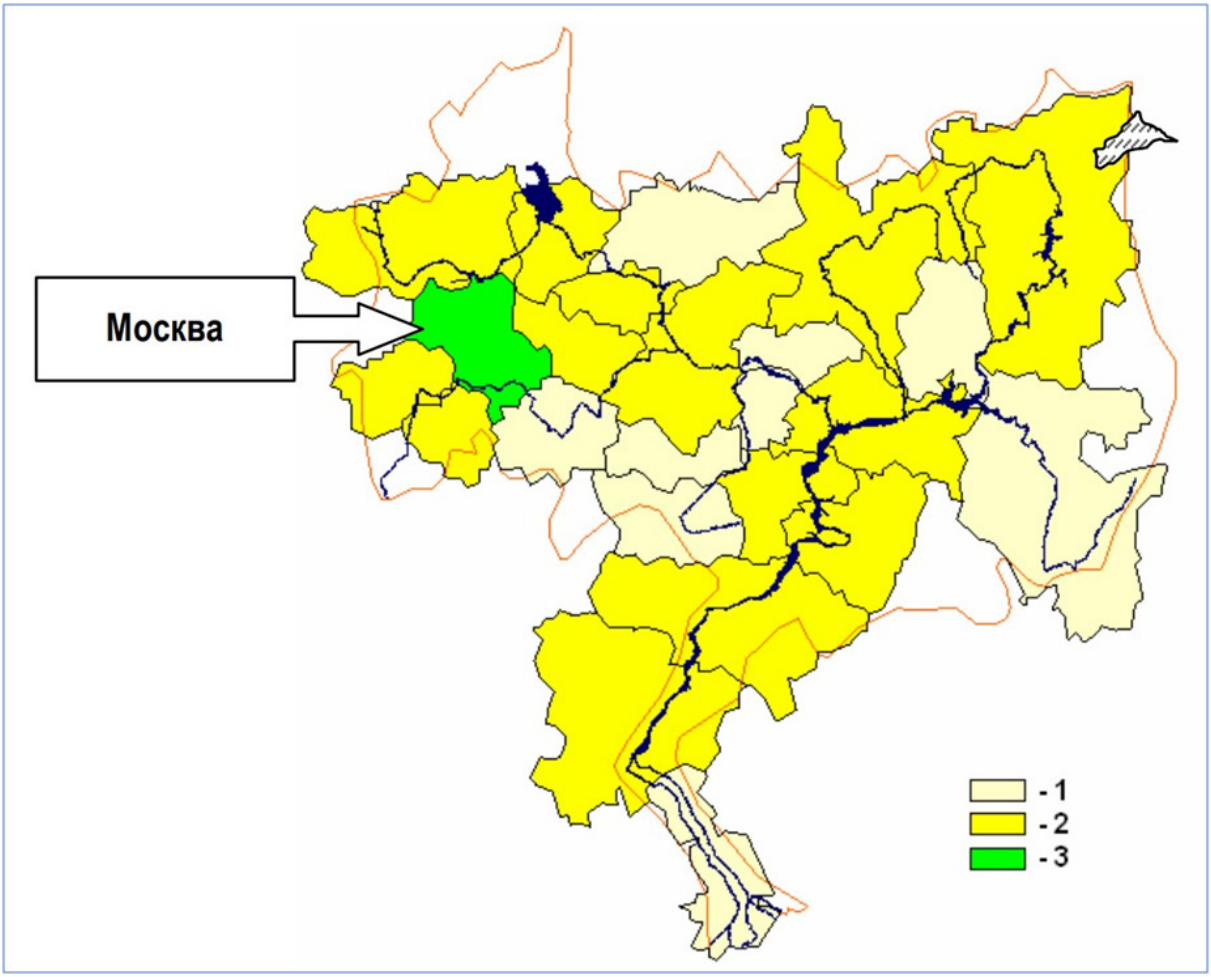


Рис. 2. **Районирование бассейна реки Волги по параметрам модернизации:** 1 – ближе к аграрному обществу; 2 – ближе к индустриальному; 3 – ближе к обществу знаний

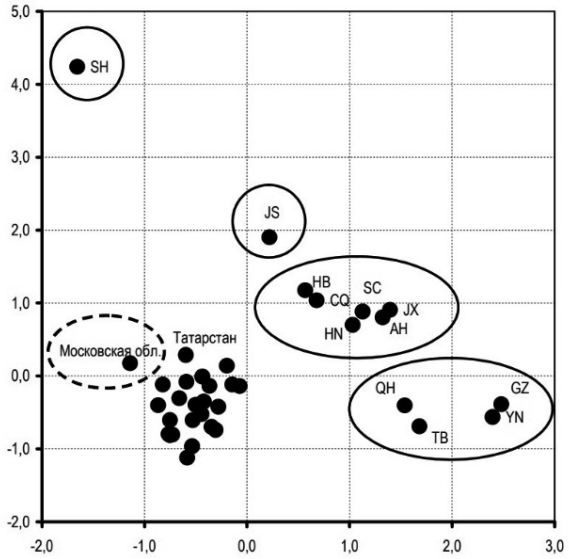


Рис. 3. **Ординация территорий бассейнов рек Янцзы и Волга в факторном пространстве («смешанный подход»)**

и неотделимыми друг от друга. Но экономические интересы во многих странах (в т.ч. и в России) вновь и вновь открыто выдвигаются на приоритетные позиции, отодвигая интересы охраны среды на второй план [34]. Этому способствует отсутствие оценок природного капитала и экосистемных услуг, а также тот факт, что основные проблемы загрязнения среды пока во многом решаются просто путем переноса «грязных» производств в развивающиеся страны. Однако, по мнению сторонников экомодернизации, это временное явление, и в будущем проблемы все же решатся путем распространения экомодернизации в странах бывшего СССР и третьего мира [35].

Заключение

Исторически каждая из стран БРИКС имеет свои основные проблемы и достижения в области экологии («например, Бразилия и Индия сосредоточились на проблемах биоразнообразия и охраны лесов, тогда как Китай и Россия активно занимались вопросами промышленного загрязнения и управления отходами. Южная Африка, в свою очередь, уделяла внимание сохранению биоразнообразия и водных ресурсов» [36, с. 22–23]); однако, водные проблемы и подходы к их решению в среднесрочной и долгосрочной перспективе всегда были в центре внимания всех этих стран. Прошедший в октябре 2024 г. саммит стран БРИКС в Казани сформировал, в том числе, и экологическую политику с учетом экономических условий и национальных стратегий, включающих глобальные экологические вызовы для экономического сектора. Среди совместных экологических инициатив БРИКС выделяется один из старейших (с 2014 г.) и наиболее значимых проект «BRICS Water Forum» — платформа для реализации совместных инициатив по охране и управлению водными ресурсами.

Но, не все так гладко на этом пути. Выше мы писали о провале программы по очистке Ганга «с помощью черепах» из-за коррупции и бесхозяйственности [18]. В России был принят Национальный проект «Оздоровление Волги» (2018–2024 гг.) с бюджетом 127 млрд руб. и основной целью — снизить объемы сброса загрязненных сточных вод в Волгу к концу 2024 г. в три раза (с 3,17 км^3 до 1,05 км^3) за счет строительства и реконструкции около 180 очистных сооружений. Однако, похоже, все происходит [37] в полном соответствии с крылатым выражением, приписываемым писателям М. Е. Салтыкову-Щедрину или Н. М. Карамзину[2].

«В отличие от большинства других природных ресурсов, определение истинной «ценности» воды оказалось исключительно сложным делом. Во многих частях мира всеохватывающая значимость этого жизненно важного ресурса не получает должного политического внимания и финансирования. Это ведет не только к неравенству в вопросах доступа к водным ресурсам и связанным с ними услугам, но и к их неэффективному и неустойчивому использованию и деградации» [1, p. 13]. Развитие партнерства между учеными и специалистами по водным ресурсам стран БРИКС несомненно должно способствовать улучшению ситуации, которая сложилась с их крупнейшими реками. И здесь, предлагаемые нами методы сравнения (на примере Янцзы и Волги; см. также [39]) могут оказаться весьма информативными и в равной степени отвечающими интересам стран БРИКС.

Литература

1. Ценность воды. Всемирный доклад ООН о состоянии водных ресурсов, 2021 г. Рабочее резюме. — Перуджа (Италия): ЮНЕСКО; Всемирная программа оценки водных ресурсов, 2021. — 13 с. [https://unhabitat.org/sites/default/files/2021/07/375750rus.pdf].
2. *Каневская П. А., Литинская Н. А.* Обзор круглого стола «Сохранение окружающей среды и борьба с изменением климата: что БРИКС может предложить миру?» // Современная мировая экономика (Contemporary World Economy), 2024. Т. 2. № 2 (6). — С. 118–123. [https://cwejournal.hse.ru/issue/view/1464/1333].
3. Данилов-*Данильян В. И.* Глобальная проблема дефицита пресной воды // Век глобализации, 2008. № 1. — С. 45–56.
4. *Шимко Д. А., Бондарчик О. Б.* Проблема дефицита пресной воды в мире // Alfabuild, 2017. № 1 (1). — С. 7–15.
5. *Якуцени С. П.* Вода: ресурсы, запасы, рынки // Горная промышленность, 2022. № 4. — С. 120–128.

[1] Однако, по литературным исследованиям последних лет, ни у Щедрина, ни у Карамзина таких слов не найдено и его (высказывание) следует «закрепить» за другим писателем — М. М. Зощенко: «В свое время знаменитый писатель Карамзин так сказал: «Если б захотеть одним словом выразить, что делается в России, то следует сказать: воруют»» [40, с. 31].

6. *Розенберг Г. С.* Волжский бассейн: на пути к устойчивому развитию. — Тольятти: ИЭВБ РАН; Кассандра, 2009. — 477 с.
7. *Джамалов Р. Г., Егоров Ф. Б., Фролова Н. Л.* Водные ресурсы Центрального федерального округа России и масштабы их использования // Недропользование XXI, 2015. Т. 15. № 5. — С. 32—43.
8. The CIA World Fact Book 2008. — N. Y.: Skyhorse Publ. Inc., 2007. — 904 p.
9. *Дмитриевский Ю. Д.* Река Оранжевая и водные проблемы Южно-Африканского Союза // Страны и народы Востока. Вып. I. География, этнография, история. — М.: Изд. Восточ. лит-ры, 1959. — С. 48—60.
10. Атлас теплового баланса Земного шара / Под ред. М. И. Будыко. — М.: Междунар. геофиз. комитет при Президенте АН СССР, ГГО им. А. И. Воейкова, 1963. — 69 л. карт.
11. *Conley A. H.*, van *Niekerk P. H.* Sustainable management of international waters: the Orange River case // Water Policy, 2000. V. 2. № 1/2. — P. 131—149.
12. *Stanley E. H.*, *Doyle M. W.* Trading off: the ecological effects of dam removal // Frontiers in Ecology and the Environment, 2003. V. 1. — P. 15—22.
13. *Wohl E. E.* A World of Rivers: Environmental Change on Ten of the World's Great Rivers. — Chicago; London: Univ. of Chicago Press, 2012. — 368 p.
14. *Попова Л. И.* Глобальные угрозы функционирования стран БРИКС: экологические риски Бразилии и Индии // Национальная безопасность / Nota bene, 2018. № 6. — С. 27—38.
15. *Дёмин А. П.* Водопотребление и водоотведение в бассейне реки Волги, их влияние на качество воды // Изв. РАН. Сер. географ., 2023. Т. 87. № 6. — С. 847—861.
16. Экология в Индии: Проблемы и попытки решения // Онлайн-журнал The WALL. 23.10.2015. [http://thewallmagazine. ru/ecology-india/].
17. *Connerney R. D.* The Upside-Down Tree: India's Changing Culture. — N. Y.: Algora Publ., 2009. — 220 p.
18. *Leckert O.* What became of India's Corpse-Eating Turtles? // Atlas Obscura, 2014. November 17. [https://www. atlasobscura. com/articles/what-became-of-india-s-corpse-eating-turtles].
19. *Hart D. D.*, *Johanson T. E.*, Bushaw-*Newton K. L.*, *Horwitz R. J.*, *Bednarek A. T.*, *Charles D. F.*, *Kreeger D. A.*, *Velinsky D. J.* Dam removal: challenges and opportunities for ecological research and river restoration // BioScience, 2002. V. 52. — P. 669—681.
20. *Lejon A. G.*, *Renofalt B. M.*, *Nilsson C.* Conflicts associated with dam removal in Sweden // Ecology and Society, 2009. V. 14. No 2. — P. 1—19. DOI: 10.5751/es-02931—140204.
21. *Stanley E. H.*, *Doyle M. W.* Trading off: the ecological effects of dam removal // Frontiers in Ecology and the Environment, 2003. V. 1. — P. 15—22.
22. *Klein C. A.* On Dams and Democracy. Oregon Law Review (Fall 1999). — Portland: Univ. Oregon, 1999. — 94 p. [https://www. researchgate. net/publication/228263295_On_Dams_and_Democracy].
23. *Кудинова Г. Э.*, *Розенберг Г. С.* Экологические аспекты модернизации по-китайски и по-нашему (Обзорный доклад о модернизации в мире и Китае [2001—2010] / Под ред. *Хэ Ч.*, *Лапина Н. И.* — М.: Весь Мир, 2011. — 256 с.) // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии: Бюл., 2012. Т. 21. № 4. — С. 20—33.
24. *Розенберг Г. С.*, *Костина Н. В.*, *Кудинова Г. Э.*, *Розенберг А. Г.* Экологическая модернизация: бассейновый подход на примере крупнейших рек Азии и Европы // Вестн. Самар. гос. эконом. ун-та, 2014. Спецвыпуск. — С. 25—34.
25. *Кудинова Г. Э.*, *Розенберг Г. С.*, *Костина Н. В.*, *Розенберг А. Г.* Экомодернизация бассейнов крупных рек как фактор устойчивого развития территории (на примере Волжского бассейна и бассейна реки Янцзы) // Самар. науч. вестн., 2016. № 4 (17). — С. 24—27.
26. *Яницкий О. Н.* Экомодернизация России: проблемы, концепции, решения // История и современность, 2008. № 2, сентябрь. — С. 95—116.
27. *Мосоликов С.* Экологическая модернизация // Движение молодых политических экологов «Местные», 2010. [http://www. mestnie. ru/node/3363].
28. *He C.* Second Modernization: Inspiration From Human Civilization Process (Chinese edition). — Beijing: High Educ. Press, 1999. — 256 p.
29. Обзорный доклад о модернизации в мире и Китае (2001—2010) / Под ред. *Хэ Ч.* / Пер. с англ. под общей ред. Н. И. Лапина. — М.: Весь Мир, 2011. — 256 с.
30. *Yang X.*, *Meng F.*, *Fu P.*, *Zhang Y.*, *Liu Y.* Spatiotemporal change and driving factors of the eco-environment quality in the Yangtze River basin from 2001 to 2019 // Ecol. Indic., 2021. V. 131. No. 1 (108214). — P. 1—12. DOI: 10.1016/j. ecolind.2021.108214.
31. *Костина Н. В.* Анализ состояния и сценарии развития социо-эколого-экономических систем территорий разного масштаба с помощью экспертной информационной системы REGION. — Тольятти: Кассандра, 2015. — 200 с.
32. Доклад о человеческом развитии в Российской Федерации за 2015 год / Под ред. Л. М. Григорьева, С. Н. Бобылева. — М.: Аналит. центр при Правительстве РФ, 2015. — 264 с.
33. *Костина Н. В.*, *Кудинова Г. Э.*, *Розенберг Г. С.*, *Пыршева М. В.* Межрегиональное районирование антропогенно нарушенных территорий // Регион: экономика и социология, 2012. № 2 (74). — С. 227—238.
34. *Аксёнова О. В.* Иллюзия экологической модернизации // История и современность, 2011. № 2, сентябрь. — С. 103—113.
35. *Кулясов И. П.*, *Кулясова А. А.* Возможности экологической модернизации градообразующих предприятий на примере Сокольского ЦБК // Экологическая модернизация лесного сектора в России и США. — СПб.: НИИ химии СПб. ун-та, 2003. — С. 88—91.
36. *Бондаренко Н. Е.* Экологическая политика стран БРИКС в контексте перехода к устойчивому развитию // Прогрессивная экономика, 2024. № 8. — С. 19—33. DOI: 10.54861/27131211_2024_8_19.
37. *Литвинов Д.* Кто провалил федеральный проект «Оздоровление Волги» // Парламентская газета, 03.07.2024. № 25 (3130). — С. 14.
38. *Зощенко М. М.* Деньги // Голубая книга. Повести. — М.: Сов. писатель, 1935. — С. 11—43.
39. Ван Цзюньтао, *Любина Д. Е.* Китайско-российское сотрудничество на территории бассейнов рек Янцзы и Волги // Евразийская интеграция: экономика, право, политика, 2022. Т. 16. № 1. — С. 111—118.

Сведения об авторах:

Розенберг Геннадий Самуилович, д.б.н., чл.-корр. РАН, гл.н.с. Института экологии Волжского бассейна РАН — филиала Самарского ФИЦ РАН (ИЭВБ РАН), г. Тольятти; e-mail: genarozenberg@yandex. ru.

Костина Наталья Викторовна, д.б.н., ст.н.с. ИЭВБ РАН, г. Тольятти; e-mail: knva@pochta. ru.

Кудинова Галина Эдуардовна, к.э.н., доцент, ст.н.с. ИЭВБ РАН, г. Тольятти; e-mail: gkudinova@yandex. ru.

Розенберг Анастасия Геннадьевна — к.б.н., науч. сотр. ИЭВБ РАН, г. Тольятти; e-mail: chicadivina@yandex. ru.

EDN PRBADS

УДК 504.064.36

Определение тяжелых металлов в природных водах Калужской области

Н. Н. Роева, д.х.н., проф., И. А. Зайцева, Российский биотехнологический университет

В статье представлены результаты гидромониторинга поверхностных вод Калужской области с целью определения в них концентрационного уровня содержания цинка, свинца, никеля, меди и хрома. В качестве базового метода анализа выбран атомно-абсорбционный метод с беспламенной атомизацией. Установлены концентрационные уровни содержания исследуемых тяжелых металлов в водных образцах, отобранных в периоды весеннего половодья, летней межени и осеннего паводка в 2022–2023 гг.

Ключевые слова: природные воды, гидромониторинг, цинк, свинец, никель, медь, хром, атомно-абсорбционный метод с беспламенной атомизацией.

Введение

Тяжелые металлы, обладая активными биогеохимическими свойствами, оказывают существенное влияние на качество природных вод. Во-первых, большинство из них биологически активны, способны аккумулироваться в основных составляющих водной экосистемы и оказывать даже в незначительных концентрациях на водные организмы токсическое воздействие, приводя к опасным биологическим последствиям (например, мутагенным, эмбриотоксическим и т.д.) [1].

Кроме того, тяжелые металлы не подвергаются биодеградации, как это свойственно органическим соединениям. Обладая достаточно большой продолжительностью жизни в природных водах и попадая в биохимический цикл, они активно накапливаются в различных звеньях периодических цепей и выводятся из него в течение очень длительного периода времени [2].

Поэтому важным представляется количественная оценка уровня загрязнения природных вод тяжелыми металлами, а для прогнозирования их миграции — изучение распределения этих поллютантов между отдельными компонентами водной экосистемы: вода — донные отложения — гидробионты.

Содержательная часть

Целью данной работы являлось проведение гидромониторинга поверхностных вод Калужской области с целью определения в них концентрационного уровня содержания цинка, свинца, никеля, меди и хрома и анализе буферных свойств этих вод по отношению к контролируемым тяжелым металлам.

В качестве объектов исследования были выбраны реки Ока, Протва, Болва и Жиздра. Отбор проб водных образцов для последующего их анализа осуществлялся в разные гидрологические режимы (весеннего половодья, летней межени и осеннего паводка). Консервация проб осуществлялась добавлением в пробу, объемом 1 л 5 мл концентрированной азотной кислоты. Гидромониторинг осуществлялся в 2022–2023 гг. [3–5].

Определение тяжелых металлов проводили атомно-абсорбционным методом на спектрофотометре «Хитачи-180–70» [4].

В случае определения меди для калибровки прибора использовали стандартный эталонный раствор ГСОРМ-17 с концентрацией меди, равной 500 мкг/мл. Далее готовили серию рабочих стандартных растворов меди с концентрацией 1 мкг/мл. Для этого в колбу, вместимостью 50 мл помещали 0,1 мл стандартного эталонного раствора ГСОРМ-17 и доводили до метки 1%-ным раствором азотной кислоты. Эти рабочие стандартные растворы объемом 0,01 мл последовательно микропипеткой вводили в графитовую кювету, подвергали атомизации и измеряли величину абсорбции растворов меди при λ=324,8 нм. Одновременно в кювету микропипеткой вводили 0,01 мл 1%-ного раствора азотной кислоты, используемой в качестве фонового раствора.

В *табл. 1* представлены результаты мониторинга поверхностных вод Калужской области, проведенного 2022 году.

В случае определения свинца, никеля и цинка использовали стандартный эталонный раствор ГСОРМ-17 с концентрацией свинца, никеля и цинка в нем, равной 500 мкг/мл. Затем готовили серию рабочих стандартных растворов свинца, никеля и цинка с концентрацией 0,5 мкг/мл, помещая в колбу вместимостью 100 мл 0,1 мл стандартного эталонного раствора ГСОРМ-17, и добавляли к нему до метки 1%-ный раствор азотной кислоты. Была использована серия эталонных рабочих стандартных растворов объемом 0,01 мл, которые последовательно вводили микропипеткой в графитовую кювету, подвергали атомизации и измеряли величину абсорбции растворов свинца при λ=283,3 нм, растворов никеля при λ=232 нм, растворов цинка при λ=250 нм

Для атомно-абсорбционного определения хрома был использован стандартный эталонный раствор ГСОРМ-18 с концентрацией хрома, равной 500 мкг/мл. Затем готовили серию рабочих стандартных растворов хрома с концентрацией 1 мкг/мл. В колбу вместимостью 50 мл помещали 0,1 мл стандартного эталонного раствора ГСОРМ-18 и доводили до метки 1%-ным раствором азотной кислоты. Рабочие стандартные растворы хрома, объемом 0,01 мл последовательно вводили микропипеткой в графитовую кювету, подвергали атомизации и измеряли величину абсорбции растворов хрома при λ= 357,9 нм.

Таблица 1

Результаты определения тяжелых металлов в природных водах Калужской области атомно-абсорбционным методом (n=5, P=0,95)

Период пробоотбора	*Река*	*Содержание тяжелых металлов, мг/л*				
		Zn	*Pb*	*Ni*	*Cu*	*Cr*
Октябрь 2022 г.	Ока	0,022	0,017	0,029	0,038	0,004
	Протва	0,014	0,014	0,028	0,044	0,007
	Болва	0,009	0,012	0,022	0,025	0,009
	Жиздра	0,012	0,004	0,002	0,004	0,003
Апрель 2022 г.	Ока	0,026	0,022	0,035	0,036	0,008
	Протва	0,010	0,040	0,018	0,023	0,004
	Болва	0,012	0,039	0,014	0,012	0,003
	Жиздра	0,008	0,009	0,002	0,003	0,003
Июль 2022 г.	Ока	0,038	0,012	0,026	0,045	0,008
	Протва	0,034	0,009	0,042	0,056	0,012
	Болва	0,018	0,006	0,014	0,029	0,006
	Жиздра	0,009	0,006	0,004	0,008	0,003

Проанализируем данные анализа природных вод Калужской области, полученные нами в 2022–2023 гг.

Гидромониторинг, проведённый в 2022 г. показал, что в реке Ока концентрация цинка варьировалась в диапазоне — 0,022–0,038 мг/л; свинца — 0,012–0,022 мг/л; никеля — 0,026–0,035 мг/л; меди — 0,036–0,045 мг/л и хрома — 0,003–0,008 мг/л.

Самая высокая концентрация меди в этой реке была отмечена в период летней межени (0,045 мг/л), никеля — в период осеннего паводка (0,035 мг/л), цинка в период летней межени — 0,038 мг/л; свинца — (0,022 мг/л) и хрома — (0,008 мг/л) в период весеннего половодья.

Результаты проведенного анализа показали, что в реке Ока, если рассматривать поэлементно для цинка, никеля и меди наблюдались практически во всех гидрологических периодах наиболее высокие концентрации по сравнению со свинцом и хромом.

В реке Протва концентрация цинка варьировалась в диапазоне 0,010–0,034 мг/л; свинца — 0,009–0,040 мг/л; никеля — 0,018–0,042 мг/л; меди — 0,023–0,056 мг/л; хрома — 0,004–0,012 мг/л.

Самая высокая концентрация цинка в этой реке была отмечена в период осеннего паводка (0,044 мг/л), а самая низкая — в период летней межени (0,033 мг/л); свинца — в период весеннего половодья (0,040 мг/л), а самая низкая — в период летней межени (0,009 мг/л). Самая низкая концентрация никеля (0,018 мг/л) наблюдалась в период весеннего половодья, а самая высокая его концентрация — (0,042 мг/л) — в период летней межени. Максимальное содержание меди (0,056 мг/л) было отмечено в период летней межени, а минимальное (0,023 мг/л) — в период весеннего половодья. Для хрома была отмечена его наиболее высокая концентрация (0,012 мг/л) в период летней межени, а наиболее низкая — (0,004 мг/л) — в период осеннего паводка.

В *табл. 2* представлены результаты мониторинга поверхностных вод Калужской области, проведенного в 2023 году.

Содержание цинка в реке Ока варьировалось в диапазоне 0,033–0,065 мг/л. Наименьшее его содержание (0,033 мг/л) было отмечено в период летней межени, а наибольшее (0,065 мг/л) — в период весеннего половодья. Диапазон концентраций свинца составил 0,018–0,025 мг/л, причем в период летней межени и осеннего паводка оно было одинаковым. Содержание никеля в реке находилось на уровне 0,022–0,044 мг/л. Наибольшее его содержание было отмечено в период весеннего половодья (0,044 мг/л), а наименьшее — в период летней межени (0,022 мг/л).

Анализ проб водных образцов, отобранных в реке Ока, показал, что содержание меди в ней было достаточно высокое по сравнению с другими тяжелыми металлами. Диапазон ее концентраций составил 0,030–0,052 мг/л. Концентрации меди в реке в период весеннего половодья и осеннего паводка были практически одинаковыми. Максимальное содержание меди (0,052 мг/л) было отмечено в период летней межени.

Содержание хрома варьировалось в диапазоне 0,008–0,022 мг/л. Его максимум приходился на период летней межени (0,022 мг/л), а его минимум (0,008 мг/л) — на период весеннего половодья.

В реке Протва содержание цинка находилось в интервале 0,028–0,044 мг/л. Наименьшее его содержание (0,028 мг/л) наблюдалось в период летней межени, а наибольшее — в период осеннего паводка (0,044 мг/л). Концентрации свинца в периоды весеннего половодья, летней межени и осеннего паводка были практически одинаковые (0,014–0,018 мг/л).

Содержание никеля в реке находилось в диапазоне 0,028–0,062 мг/л. Наименьшее его содержание

Таблица 2

Результаты определения тяжелых металлов в природных водах Калужской области атомно-абсорбционным методом (n=5, P=0,95)

Период пробоотбора	*Река*	*Содержание тяжелых металлов, мг/л*				
		Zn	*Pb*	*Ni*	*Cu*	*Cr*
Октябрь 2023 г.	Ока	0,056	0,018	0,035	0,036	0,015
	Протва	0,044	0,016	0,062	0,074	0,022
	Болва	0,012	0,018	0,023	0,018	0,005
	Жиздра	0,005	0,009	0,003	0,004	0,009
Апрель 2023 г.	Ока	0,065	0,025	0,044	0,030	0,008
	Протва	0,033	0,018	0,028	0,063	0,015
	Болва	0,018	0,022	0,018	0,024	0,007
	Жиздра	0,013	0,013	0,001	0,003	0,006
Июль 2023 г.	Ока	0,033	0,017	0,022	0,052	0,022
	Протва	0,028	0,014	0,043	0,042	0,018
	Болва	0,016	0,010	0,034	0,012	0,003
	Жиздра	0,010	0,004	0,005	0,008	0,014

(0,028 мг/л) было в период весеннего половодья, а наибольшее (0,062 мг/л) — в период осеннего паводка.

В реке Болва содержание цинка находилось на уровне 0,009—0,018 мг/л. Минимум его (0,009—0,01 мг/л) приходился на период осеннего паводка и весеннего половодья, максимум (0,018 мг/л) — на период летней межени. Для свинца концентрации варьировались в диапазоне 0,006—0,039 мг/л. Наибольшее его содержание было отмечено в период весеннего половодья (0,039 мг/л), а наименьшее — в период летней межени — (0,006 мг/л).

В реке Протва концентрация меди была более высокой по сравнению с ее содержанием в реке Ока. Особенно ее высокая концентрация была отмечена в период осеннего половодья (0,074 мг/л), а самая низкая (0,042 мг/л) — в период летней межени.

Содержание хрома варьировалось в интервале концентраций 0,015—0,022 мг/л. В целом, по этому элементу межсезонные колебания концентраций были весьма незначительны.

В реке Болва диапазон концентраций цинка составил 0,012—0,018 мг/л, аналогично содержанию свинца в реке Протва. Межсезонные колебания цинка были незначительны.

Концентрации свинца по сравнению с цинком были более высокими. Минимум его приходился на период летней межени (0,010 мг/л), а максимум (0,022 мг/л) — на период весеннего половодья. Для никеля диапазон концентраций составил 0,018—0,034 мг/л. Минимальное его содержание (0,018 мг/л) было отмечено в период весеннего половодья, а максимальное — в период летней межени (0,034 мг/л). Самая минимальная концентрация меди (0,012 мг/л) была отмечена в период летней межени, а в период весеннего половодья она была превышена в 2 раза (0,024 мг/л).

Из всех анализируемых металлов, концентрации хрома во все гидрологические режимы в реке Болва были самыми минимальными и практически одинаковыми или повышались совсем незначительно.

В реке Жиздра в 2023 г. концентрации всех тяжелых металлов были минимальными и в сравнении с определенными в 2022 году практически сохраняли свое постоянство. Диапазоны концентраций для анализируемых тяжелых металлов составляли: для цинка — 0,005—0,013 мг/л, свинца — 0,004—0,013 мг/л, никеля — 0,001—0,003 мг/л, меди — 0,003—0,008 мг/л, хрома — 0,006—0,014 мг/л. Для хрома было отмечено повышение концентрации в 2,5 раза в период летней межени (0,014 мг/л).

Содержание никеля находилось на уровне 0,014—0,022 мг/л. Наименьшее его содержание в реке Болва (0,014 мг/л) было в периоды летней межени и весеннего половодья, а наибольшее (0,022 мг/л) — в период осеннего паводка. Концентрация меди варьировалась в интервале 0,012—0,029 мг/л. Наименьшее ее содержание было в период весеннего половодья (0,012 мг/л), а наибольшее (0,025 и 0,029 мг/л) — в периоды летней межени и осеннего паводка. Концентрации хрома были достаточно низкие (0,003—0,009 мг/л). Максимум его концентрация (0,009 мг/л) приходился на период осеннего паводка.

В реке Жиздра по сравнению с реками Ока, Протва, Болва во все гидрологические периоды для всех тяжелых металлов были отмечены самые низкие концентрации. Для цинка они составили 0,008—0,012 мг/л. Наибольшее его содержание в реке (0,012 мг/л) было в период осеннего паводка, а наименьшее — в периоды весеннего половодья и летней межени (0,008 и 0,009 мг/л).

Для свинца диапазон концентраций составил 0,004—0,009 мг/л. Наименьшее его содержание было отмечено в период осеннего паводка (0,004 мг/л), а наибольшее (0,009 мг/л) — в период весеннего половодья. Концентрация никеля в реке Жиздра варьировалась в диапазоне 0,002—0,004 мг/л. В период осеннего паводка и весеннего половодья она была

одинаковой (0,002 мг/л). Содержание меди было практически такое, как и содержание никеля в период весеннего половодья. Диапазон ее концентраций составил 0,003–0,008 мг/л. Содержание хрома в реке Жиздра находилось на уровне 0,003–0,009 мг/л. Минимум приходился на период летней межени (0,003 мг/л), а максимум (0,009 мг/л) — на период осеннего паводка.

В *табл. 3–8* представлен сравнительный анализ концентраций цинка, свинца, никеля, меди и хрома в природных водах Калужской области, полученных в 2022–2023 гг.

Таблица 3

Сравнительный анализ концентраций цинка, свинца и никеля в природных водах Калужской области, *мг/л*

Река	*Октябрь 2022 г.*			*Октябрь 2023 г.*		
	Zn	*Pb*	*Ni*	*Zn*	*Pb*	*Ni*
Ока	0,022	0,017	0,029	0,056	0,018	0,035
Протва	0,014	0,014	0,028	0,044	0,016	0,062
Болва	0,009	0,012	0,022	0,012	0,018	0,023
Жиздра	0,012	0,004	0,002	0,005	0,009	0,003

Таблица 4

Сравнительный анализ концентраций меди и хрома в природных водах Калужской области, *мг/л*

Река	*Октябрь 2022 г.*		*Октябрь 2023 г.*	
	Cu	*Cr*	*Cu*	*Cr*
Ока	0,045	0,008	0,036	0,015
Протва	0,056	0,012	0,074	0,022
Болва	0,029	0,006	0,018	0,005
Жиздра	0,008	0,003	0,004	0,009

Таблица 5

Сравнительный анализ концентраций цинка, свинца и никеля в природных водах Калужской области, *мг/л*

Река	*Апрель 2022 г.*			*Апрель 2023 г.*		
	Zn	*Pb*	*Ni*	*Zn*	*Pb*	*Ni*
Ока	0,026	0,022	0,035	0,065	0,025	0,044
Протва	0,010	0,040	0,018	0,033	0,018	0,028
Болва	0,012	0,039	0,014	0,018	0,022	0,018
Жиздра	0,008	0,009	0,002	0,013	0,013	0,001

Таблица 6

Сравнительный анализ концентраций меди и хрома в природных водах Калужской области, *мг/л*

Река	*Апрель 2022 г.*		*Апрель 2023 г.*	
	Cu	*Cr*	*Cu*	*Cr*
Ока	0,036	0,008	0,030	0,008
Протва	0,023	0,004	0,063	0,015
Болва	0,012	0,003	0,024	0,007
Жиздра	0,003	0,003	0,003	0,006

Таблица 7

Сравнительный анализ концентраций цинка, свинца и никеля в природных водах Калужской области, *мг/л*

Река	*Июль 2022 г.*			*Июль 2023 г.*		
	Zn	*Pb*	*Ni*	*Zn*	*Pb*	*Ni*
Ока	0,038	0,012	0,026	0,033	0,017	0,022
Протва	0,034	0,009	0,042	0,028	0,014	0,043
Болва	0,018	0,006	0,014	0,016	0,010	0,034
Жиздра	0,009	0,006	0,004	0,010	0,004	0,005

Таблица 8

Сравнительный анализ концентраций меди и хрома в природных водах Калужской области, *мг/л*

Река	*Июль 2022 г.*		*Июль 2023 г.*	
	Cu	*Cr*	*Cu*	*Cr*
Ока	0,045	0,008	0,052	0,022
Протва	0,056	0,012	0,042	0,018
Болва	0,029	0,006	0,012	0,003
Жиздра	0,008	0,003	0,008	0,014

Сравнительный анализ концентраций тяжелых металлов в природных водах Калужской области показал, что в период осеннего паводка в 2023 г. в реке Ока концентрации цинка, никеля и хрома по сравнению с этим периодом в 2022 г. увеличились в 1,5—2 раза. Концентрация свинца не изменилась. Что касается меди, то ее содержание в реке Ока в период осеннего паводка в 2022 была выше, чем в 2023 г.

В реке Протва в период осеннего паводка в 2023 г. концентрации цинка, никеля увеличились в 2—3, концентрации меди и хрома в 1,5—2 раза по сравнению с этим периодом в 2022 г. свинец сохранил постоянство своих концентраций в периоды осенних паводков 2022—2023 гг.

В реке Болва в период осеннего паводка 2023 г. концентрация цинка, свинца, никеля, хрома практически не увеличилась или сохранила свое постоянство (в случае хрома) по сравнению с этим периодом в 2022 г. Для меди в 2023 г. в этот период было отмечено снижение ее концентраций примерно в 1,5 раза.

В реке Жиздра в период осеннего паводка в 2023 г. было отмечено снижение концентраций для цинка в 2,5 раза и превышение концентраций свинца в 2 раза по сравнению с этим периодом в 2022 г. Никель сохранял постоянство концентраций в периоды осенних паводков 2022—2023 гг. Концентрация меди в 2023 г. уменьшилась в 2 раза, а концентрация хрома увеличилась в 3 раза.

В период весеннего половодья в 2023 г. в реке Ока концентрация цинка увеличилась в 2,5 раза, никеля — 1,5 раза по сравнению с этим периодом в 2022 г. Концентрация свинца, меди и хрома практически сохраняли свое постоянство.

В реке Протва в период весеннего половодья в 2023 г. концентрация цинка увеличилась в 3 раза, никеля в 1,5 раза, а содержание синца уменьшилось в 2,5 раза. Повышенные уровни содержания отмечались также для меди и хрома в 3 раза по сравнению с этим периодом в 2022 г.

В реке Болва в период весеннего половодья более высокие концентрации свинца наблюдались в 2022 г., а в 2023 г. было в этот период отмечено повышение концентрации хрома, меди, цинка и никеля. Только для меди превышение концентрации было в 2 раза, для других вышеуказанных металлов оно было совсем незначительным.

В реке Жиздра в 2022—2023 гг. в период весеннего половодья концентрации меди и никеля не изменились. Для свинца было отмечено в 2023 г. незначительное повышение концентраций, а для хрома превышении концентрации было в 2 раза.

В период летней межени в реке Ока было отмечено в 2023 г. повышение концентраций хрома в 2,5 раза, а значения концентраций остальных мталлов были вполне сопоставимы.

В реке Протва в 2023 г. в период летней межени наблюдалось уменьшение концентрации меди, хрома и свинца в 1,5—2 раза по сравнению с этим периодом в 2022 г. Концентрации цинка и никеля находились при мерног на одном уровне.

В реке Болва в период летней межени было отмечено повышение концентрации никеля в 2 раза уменьшение концентраций меди и хрома в 2 раза в 2023 г.

В реке Жиздра концентраций цинка, свинца, никеля и меди в период летней межени в 2022 г. и в 2023 г. сохраняли свое постоянство, за исключением хрома, повышение концентраций в 3 раза было отмечено в 2023 г.

Выводы

Проведенный гидромониторинг природных вод Калужской области в 2022—2023 гг. показал, что практически для всех анализируемых тяжелых металлов в 2023 г. было отмечено в целом повышение их концентраций по сравнению с 2022 г. Полученные данные позволили оценить с точки зрения загрязнения тяжелыми металлами экологическое состояние этих вод. Наиболее загрязненными тяжелыми металлами оказались река Ока и Протва, а менее загрязненными — реки Болва и Жиздра. В целом концентрации тяжелых металлов в исследуемых объектах не превышали их ПДК.

Литература

1. *Еделев Д. А., Гребенкин Н. Н., Баранов А. Н., Роева Н. Н.* Основы экологии и экотоксикологии. — Рязань: Изд-во «РИД», 2013. — 160 с.
2. *Роева Н. Н., Мешалкин А. В., Кривов С. И.*, Геохимия и геофизика биосферы. — Калуга: Изд-во «Эйдос», 2010. — 560 с.
3. *Роева Н. Н., Гребенкин Н. Н., Арфанитская В. Е.* Современные проблемы эколого-аналитического контроля урбанизированных территорий России / В сб.: Социально-экономическое развитие России, история и современность. I Междунар. научно-практ. конф., 2012. — С. 253—259.
4. *Роева Н. Н., Зайцева И. А., Воронич С. С., Зайцева О. А., Яковлюк Р. О.* Определение кобальта в природных водах / В сб.: Экология речных бассейнов. Труды 11-й Междунар. научно-практ. конф. — Владимир, 2023. — С. 482—486.
5. *Роева Н. Н., Куликова Н. Е., Чернобровина А. Г., Зайцева И. А.* Определение химических форм хрома в природных водах / В сб. статей «Тенденции и проблемы развития современной науки» Междунар. научно-практ. конф. — Петрозаводск, 2023. — С. 274—280.

Сведения об авторах:

Роева Наталья Николаевна, д.х.н., проф., завкафедры химии и экотоксикологии Российского биотехнологического университета, Москва; e-mail: roeva@mgupp. ru.

Зайцева Ирина Андреевна, преподаватель Международного технологического колледжа Российского биотехнологического университета, Москва; e-mail: zay1409@yandex. ru.

Биоресурсы суши

EDN UOITWD

УДК 574.34

Международная торговля и природные популяции видов флоры Приложений СИТЕС, произрастающих на территории Российской Федерации

Н. И. Кичук, к.б.н.
НИЦ «Красная книга» — филиал Федерального центра анализа и оценки техногенного воздействия Росприроднадзора

В статье рассматриваются вопросы влияния международной торговли на природные популяции видов флоры Приложений СИТЕС, произрастающих на территории Российской Федерации. Приведены данные по объемам легальной и нелегальной торговли видов флоры, наиболее востребованных в международной торговле. Дана оценка влияния нелегальной торговли на численность природных популяций женьшеня настоящего и родиолы розовой в местах их произрастания. Предложены меры по повышению численности природных популяций данных видов флоры.

Ключевые слова: приложения СИТЕС, дуб монгольский, ясень маньчжурский, кедр корейский, женьшень настоящий, родиола розовая, международная торговля, природные популяции.

Введение

Российская Федерация как правопреемник СССР стала Стороной Конвенции СИТЕС в 1992 году. Конвенция СИТЕС является одним из самых крупных соглашений по охране дикой природы. В настоящее время в Приложения Конвенции СИТЕС включено более 33000 редких видов животных и растений [1, 2].

В Приложении I СИТЕС — около 800 видов, находящихся под угрозой исчезновения. Торговля образцами этих видов должна особенно строго регулироваться с тем, чтобы не ставить далее под угрозу их выживание, и должна быть разрешена только в исключительных обстоятельствах.

В Приложении II СИТЕС — около 32500 видов, природоохранный статус которых различен. Приложение включает все виды, которые в данное время хотя и не обязательно находятся под угрозой исчезновения, но могут оказаться под такой угрозой, если торговля образцами таких видов не будет строго регулироваться в целях недопущения такого использования, которое несовместимо с их выживанием; а также другие виды, которые должны подлежать регулированию для того, чтобы над торговлей образцами некоторых видов из первого списка мог быть установлен эффективный контроль.

В Приложении III СИТЕС — около 300 видов, требующих специальных мер охраны. Данное Приложение включает все виды, которые по определению любой Стороны Конвенции подлежат регулированию в пределах её юрисдикции в целях предотвращения или ограничения эксплуатации и в отношении которых необходимо сотрудничество других сторон в контроле над торговлей с другими Сторонами СИТЕС.

В рамках Конвенции СИТЕС была создана устойчивая глобальная структура, позволяющая с достаточной степенью эффективности обеспечить в рамках ее сферы правовое регулирование и минимизацию угроз со стороны легальной торговли для редких видов, а также создала основу для борьбы с нелегальной торговлей между государствами.

Результаты и обсуждение

В Российской Федерации произрастает 165 видов редких и исчезающих растений, внесенных в Приложения СИТЕС [1]. Из всех видов флоры Приложений СИТЕС, наиболее востребованы в международной торговле со стороны Российской Федерации: дуб монгольский (*Quercus mongolica)*, ясень маньчжурский *(Fraxinus mandshurica),* кедр корейский

(Pinus koraiensis), женьшень настоящий *(Panax ginseng*), родиола розовая *(Rhodiola rosea)*.

Дуб монгольский, ясень маньчжурский и кедр корейский внесены в Приложение III СИТЕС. Женьшень настоящий и родиола розовая внесены в Приложение II СИТЕС.

Наиболее популярными в международной торговле по экспорту древесины с территории Российской Федерации являются дуб монгольский и ясень маньчжурский. С 2014 г., когда дуб монгольский и ясень маньчжурский были включены в Приложение III СИТЕС, отмечен их ежегодный легальный экспорт. По официально выданным разрешениям СИТЕС с территории России с 2014 по 2023 годы было экспортировано: дуба монгольского — 2614628,1 м^3, ясеня маньчжурского — 1633945,7 м^3 (*табл. 1, рис. 1*).

Экспортеры леса из Приморья в 2023 г. выступили с предложением об исключении дуба монгольского и ясеня маньчжурского из Приложения III СИТЕС, мотивируя это тем, что данные виды не внесены в Приложение данной Конвенции от стран Европы и Америки, которые являются конкурентами на рынке международной торговли данными видами древесины [3].

Менее популярная в международной торговле древесина кедра корейского. С 2010 по 2023 год ее было экспортировано 42663,8 м^3.

В период с 2010 по 2023 год с территории Российской Федерации было экспортировано 85060,0 кг дериватов женьшеня настоящего (см. табл. 1, *рис. 2*). При этом, с 2012 по 2019 год не было зарегистрировано официально выданных разрешений на экспорт корня женьшеня.

С 2010 по 2023 год по разрешениям СИТЕС клубни родиолы розовой вывозили только в 2022 и 2023 годах. За данный период было экспортировано 50120,0 кг дериватов данного вида флоры (см. табл. 1, рис. 2).

Так как женьшень настоящий и родиола розовая внесены в Красную книгу РФ, разрешения СИТЕС выдаются только на искусственно выращенные растения, при этом численность природных популяций не страдает. Наибольшую обеспокоенность вызывает браконьерство, при котором и происходит изъятие растений из естественной среды произрастания.

Особое внимание у правоохранительных и природоохранных органов вызывает браконьерство со стороны Китая, а также китайских перекупщиков, стимулирующих незаконную деятельность российских браконьеров. В настоящее время на территории Приморского края нет ни одного района, где бы не осуществляли свою незаконную деятельность браконьеры и китайские перекупщики. Эта деятельность является мощным фактором, мотивирующим развитие незаконного промысла биоресурсов, в том числе редких видов животных и растений. О распространении браконьерства, целью которого нередко являются заготовки продукции для последующей контрабанды, говорят результаты природоохранных структур Минприроды России, Минсельхоза России и Росрыболовства [5].

На территории российского Дальнего Востока в летне-осенний период в районах с преимущественно сельским населением активно осуществляется сбор, заготовка и сдача в пункты приема и продажи лекарственных растений, в т.ч. и из списка СИТЕС. В некоторых субъектах Дальнего Востока подобным нелегальным и полулегальным бизнесом занято от 40 до 70% населения.

На рынках Китая, торгующих препаратами народной медицины, в открытой продаже имеются продукты, выращенные на специализованных фермах и продукты, добываемые в дикой природе, которые ценятся значительно выше, чем культивируемые. Так, например, дикий женьшень дороже плантационного в 30—100 раз [6].

На границе с Китаем образовались постоянные каналы незаконного вывоза дальневосточных животных, растений и их дериватов. В регионе появились фирмы, специализирующиеся на незаконном промысле, переработке и вывозе за рубеж различных

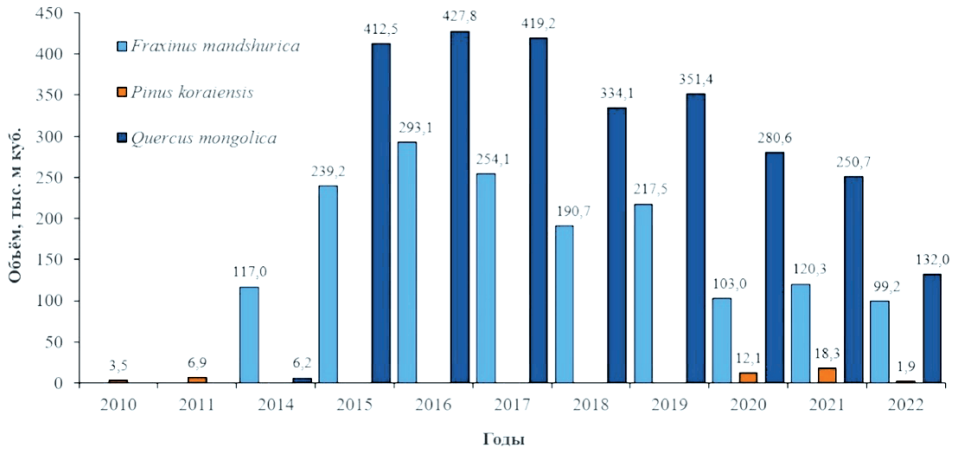


Рис. 1. **Объем вывезенной древесины ясеня маньчжурского** *(Fraxinus mandshurica)*, **дуба монгольского** *(Quercus mongolica)* **и кедра корейского (Pinus koraiensis) по официально выданным разрешениям СИТЕС с территории РФ с 2010 по 2023 годы** [4]

Таблица 1

Статистика официально выданных разрешений СИТЕС с территории РФ с 2010 по 2023 гг. [4]

Вид растений, дериват, ед. измерения	*Год выдачи разрешений СИТЕС*														*Итого*
	2010	*2011*	*2012*	*2013*	*2014*	*2015*	*2016*	*2017*	*2018*	*2019*	*2020*	*2021*	*2022*	*2023*	
Дуб монгольский, древесина, м^3	—	—	—	—	6209,0	412507,9	427777,1	419177,9	334148,4	351444,5	280625,6	250738,3	132000,1	—	2614628,1
Ясень маньчжурский, древесина, м^3	—	—	—	—	116978,6	239209,7	293115,7	254084,1	190661,5	217454,3	102965,3	120265,8	99210,7	—	1633945,7
Кедр корейский, древесина, м^3	3490,0	6896,0	—	—	—	—	—	—	—	—	12075,3	18282,5	1920,0	—	42663,8
Женьшень настоящий, корень, кг	12000,0	1060,0	—	—	—	—	—	—	—	—	1000,0	36000,0	—	35000,0	85060,0
Родиола розовая, клубни, кг	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	43000,0	7120,0	50120,0

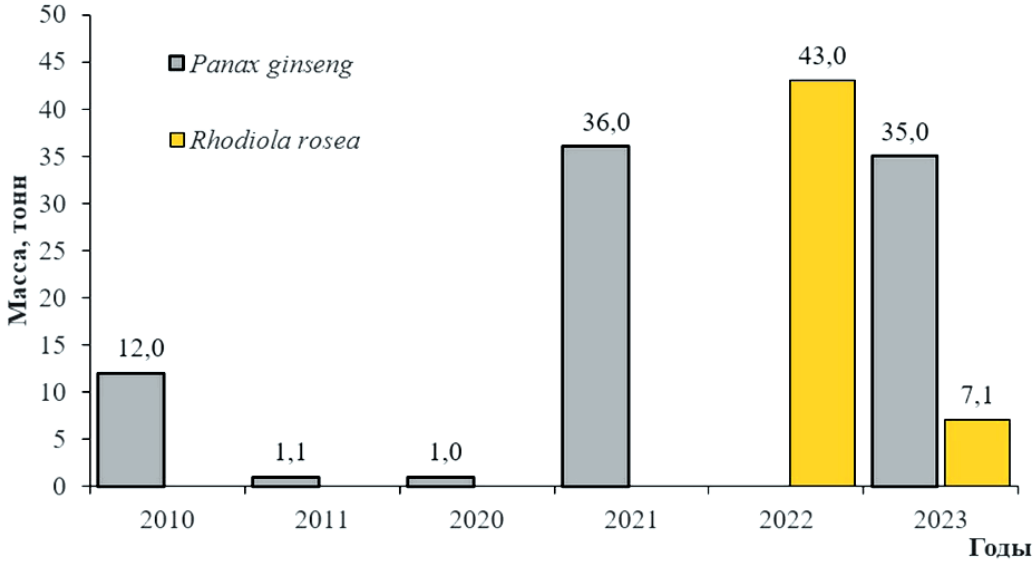


Рис. 2. **Объем вывезенных дериватов женьшеня настоящего** *(Panax ginseng)* **и родиолы розовой** *(Rhodiola rosea)* **по официально выданным разрешениям СИТЕС с территории РФ с 2010 по 2023 годы** [4]

видов биосырья, в том числе дериватов диких животных и дикорастущих растений [7].

По сведениям Дальневосточной оперативной таможни с 2000 по 2009 годы было совершено 46 попыток незаконного перемещения через границу 78631,2 кг корней женьшеня (*табл. 2*). В основном попытки контрабанды женьшеня настоящего выявлялись и пресекались на российско-китайском и российско-корейском направлениях, в зоне ответственности Гродековской, Уссурийской, Хасанской, Хабаровской и Владивостокской таможен [8]. Самые крупные задержания контрабандно вывозимого женьшеня были осуществлены таможенными органами Дальневосточного региона в 2000 и 2007 годах [9].

С 2018 г. по апрель 2024 г. Федеральными таможенными органами РФ, регулярно отмечались значительные партии контрабанды ценных видов флоры, изъятые из природных популяций (*табл. 3*) [10–19]. Так как сырье, добываемое в дикой природе, ценится значительно выше, чем культивируемое, бизнес которым занимаются контрабандисты, довольно прибыльный. Об этом также свидетельствует и стоимость изъятых на границе конфискатов растительного происхождения, включенных в Красную книгу РФ и в Приложение II СИТЕС.

По оценке таможенных органов, уровень доходности нелегальной торговли дикими животными, растениями и их дериватами стоит после торговли наркотиками и оружием. Оборот в этой сфере огромный [20].

С 2010 по 2023 год с территории Российской Федерации официально было вывезено 85060,0 кг дериватов искусственно выращенного женьшеня (см. табл. 1). По неофициальным данным с 2000 г. по апрель 2024 г. было конфисковано более 81000 кг корней женьшеня, незаконно изъятых из дикой природы (см. табл. 2, 3).

За 2022 и 2023 год по разрешительным документам СИТЕС клубней искусственно выращенной родиолы розовой с территории России было вывезено 50120,0 кг (см. рис. 2), а правонарушения по контрабанде, также как и по женьшеню, отмечались ежегодно. С 2021 по 2023 год по неофициальным данным было конфисковано 54600,0 кг клубней родиолы розовой, также незаконно изъятых из дикой

Таблица 2

Сведения о пресеченных попытках незаконного перемещения через таможенную границу (Дальневосточной оперативной таможни) корней дикорастущего женьшеня с 2000 по 2009 гг. [9]

Год	*Количество пресеченных попыток*	*Задержано женьшеня, кг*
2000	11	31728
2001	3	170
2002	5	1234
2003	3	1690
2004	1	82
2005	3	849,3
2006	1	30,4
2007	4	34900
2008	11	3156
2009	4	4791,5
Всего:	46	78631,2

Таблица 3

Статистика таможенных изъятий корней женьшеня и радиолы при попытке незаконной продажи
(2018 г. — первая половина 2024 г.) [10–19]

Дата нарушения	*Вид растения*	*Количество*	*География выявленных случаев (вывоз из РФ)*
Август 2018 г.	Женьшень настоящий	466 шт.	Приморский край
Сентябрь 2018 г.	Женьшень настоящий	5,5 кг	Приморский край
Октябрь 2018 г.	Женьшень настоящий	700 шт.	Приморский край
Сентябрь 2019 г.	Женьшень настоящий	10 кг	Приморский край
Сентябрь 2020 г.	Женьшень настоящий	711 шт.	Приморский край
Сентябрь 2020 г.	Женьшень настоящий	137 шт.	Приморский край
Сентябрь 2021 г.	Женьшень настоящий	1001 шт.	Приморский край
Сентябрь 2021 г.	Женьшень настоящий	2556 шт.	Приморский край
Октябрь 2021 г.	Женьшень настоящий	4000 шт.	Приморский край
Октябрь 2021 г.	Женьшень настоящий	410 шт.	Приморский край
Ноябрь 2022 г.	Женьшень настоящий	1957 шт.	Приморский край
Октябрь 2023 г.	Женьшень настоящий	1709 шт.	Приморский край
Октябрь 2023 г.	Женьшеня настоящего	3,5 кг	Приморский край
Ноябрь 2023 г.	Женьшень настоящий	8,0 кг	Приморский край
Апрель 2024 г.	Женьшень настоящий	24 шт.	Приморский край
2021 г.	Родиола розовая	27 т	Алтайский край
Май 2022 г.	Родиола розовая	12 т	Алтайский край
Июль 2022 г.	Родиола розовая	8 т	Алтайский край
Октябрь 2022 г.	Родиола розовая	12 т	Алтайский край
Январь 2023 г	Родиола розовая	3 т	Санкт-Петербург
Ноябрь 2023 г	Родиола розовая	600 кг	Алтайский край
Октябрь 2023 г	Родиола розовая	4 т	Алтайский край

природы (см. табл. 3). За последние три года было конфисковано больше дериватов родиолы розовой, чем вывезено официально за последние 13 лет.

На территории Приморского края и Дальнего Востока, а также на приграничных территориях ведется интенсивное плантационное выращивание растений женьшеня. При этом эксплуатация земель, используемых для выращивания плантационных растений, сопровождается постоянным внесением высоких доз минеральных удобрений и обеззараживающих растворов, что позволяет увеличить урожайность, но при этом ведет к снижению качества продукции, загрязнению окружающей среды. Решением проблемы является процесс замены минеральных удобрений моно-, бинарными и поликомпонентными микробными препаратами на основе эндофитов растений — микроорганизмов, которые живут во внутренних тканях растений-хозяев, не причиняя им вреда и обеспечивая последних питательными веществами [21]. Подобные взаимодействия растений и микроорганизмов характерны для современных методов устойчивого ведения сельского хозяйства и охраны окружающей среды, которые стремительно развиваются во всем мире [22, 23].

Эффективное и устойчивое использование ресурсов позволит создать бренд «российского женьшеня», превосходящего по цене и качеству такие всемирно известные бренды, как южнокорейский Cheong Kwan Jang.

Основными вызовами науке для развития отрасли женьшеневодства в современных условиях становятся:

- переход к экологически чистому и безопасному воспроизведению данного вида в естественных условиях и в качестве сырья;
- охранение генетического разнообразия дальневосточных популяций женьшеня и получение качественного семенного материала;
- расширение ресурсов редких лекарственных растений для разработки новых лекарственных средств [24].

В октябре 2023 г. вступила в силу ст. 260.1 Уголовного кодекса РФ. Она предусматривает уголовную ответственность за умышленные уничтожение или повреждение, а равно незаконные добыча, сбор и оборот особо ценных растений и грибов, принадлежащих к видам, занесенным в Красную книгу РФ и (или) охраняемым международными договорами Российской Федерации [25].

Согласно Постановлению Правительства РФ от 31 октября 2013 г. № 978 «Об утверждении перечня особо ценных диких животных, водных биологических ресурсов, растений и грибов, принадлежащих к видам, занесенным в Красную книгу РФ и (или) охраняемым международными договорами Российской Федерации, для целей статей 226.1, 258.1 и 260.1 Уголовного кодекса Российской Федерации» в перечень входили особо ценные дикие животные, занесенные в Красную книгу Российской Федерации. С 12 октября 2023 г. в данный перечень были внесены изменения и дополнения. Перечень расширился следующими объектами растительного мира, занесенными в Красную книгу РФ: женьшень настоящий, родиола розовая, рядовка мацутакэ [26].

Заключение

Включение дуба монгольского и ясеня маньчжурского в Приложение III СИТЕС, обеспечило снижение незаконного оборота древесины указанных ценных видов с территории Российской Федерации. Десятилетний период введения дуба монгольского и ясеня маньчжурского в Приложение СИТЕС, является недостаточным сроком для восстановления численности утраченных ранее популяций и преждевременным для их выведения из данной Конвенции.

Численность природных популяций женьшеня настоящего и родиолы розовой на территории Российской Федерации сокращается из-за большого спроса и высокой стоимости дериватов данных видов флоры на прибыльном нелегальном международном рынке торговли. Для сохранения популяций женьшеня настоящего и родиолы розовой, необходимо усилить контроль за нелегальной торговлей дериватами данных видов флоры и развивать их искусственное выращивание с переходом к экологически чистому и безопасному культивированию в условиях, приближенных к естественным, с получением дорогостоящего и качественного сырья.

Принимаемые на государственном уровне меры защиты редких и исчезающих видов флоры способствуют сохранению биоразнообразия и повышению эффективности охраны особо ценных объектов растительного мира на территории Российской Федерации.

Литература

1. CITES Convention on international trade in endangered species of wild Fauna and Flora. Appendices I, II and III valid from 25 May 2024. — 80 c.
2. Конвенция о международной торговле видами дикой фауны и флоры, находящимися под угрозой исчезновения 1973 г. URL: https://www. un. org/ru/documents/decl_conv/conventions/cites. shtml.
3. Лесоэкспортеры Приморья предлагают исключить дуб монгольский и ясень маньчжурский из Приложения III СИТЕС. URL: https://www. eastrussia. ru/material/duby-yaseni-i-desitesifikatsiya-lesnoy-otrasli/.
4. CITES Trade Database [2010—2023]. Compiled by UNEP-WCMC for the CITES Secretariat. Available at: trade. cites. org. Accessed: 01.09.2024.
5. *Вайсман А. Л.* Нелегальный оборот флоры и фауны между Дальним Востоком России и Северо-Восточным Китаем // «Ойкумена. — Регионоведческие исследования», 2013. № 3. URL: ojkum. ru.
6. Торговля объектами фауны и флоры на рынках Китая. URL: https://ozlib. com/1064269/ekonomika/torgovlya_obektami_fauny_flory_rynkah_kitaya?ysclid=m2ec59qaan994609344.

7. Ответственность за преступления и правонарушения, совершенные при трансграничном перемещении объектов фауны и флоры. URL: https://litbit. ru/edition/lyapustina-ns/otvetstvennost-za-prestupleniya.
8. Женьшень и его контрабандный вывоз. URL: https://ozlib. com/1033336/pravo/zhenshen_obyknovennyy_kontrabandnyy_vyvoz?ysclid=m2elpb0bdk413561184.
9. Незаконный оборот объектов фауны и флоры на Дальнем Востоке (2000–2009 гг.). URL: https://ozlib. com/1033336/pravo/zhenshen_obyknovennyy_kontrabandnyy_vyvoz?ysclid=m28s.
10. В Приморье пресекли попытку вывоза в Китай краснокнижного женьшеня. URL: https://rg. ru/2022/11/10/reg-dfo/dalnevostochnye-tamozhenniki-presekli-vyvoz-v-knr-zhenshe.
11. В Приморье пресечена попытка контрабанды в Китай трепанга и женьшеня на 85 млн руб. URL: https://www. kommersant. ru/doc/5049914?ysclid=m2bfab79dc68154.
12. Водитель из Приморья пойман при попытке вывоза большой партии женьшеня в Китай. URL: https://vlad. mk. ru/incident/2023/11/22/voditel-iz-primorya-poyman-pri-popytke.
13. Женьшень на 2,6 млн рублей изъяли таможенники в Приморье. URL: https://ozlib. com/1033336/pravo/zhenshen_obyknovennyy_kontrabandnyy_vyvoz?ysclid=m2elpb0bdk.
14. Изъята особо крупная партия незаконно добытых краснокнижных дикоросов. URL: https://zmnvest. ru/news/novosti/nezakonnaya-varvarskaya-dobycha-zolotogo-ko.
15. Крупная партия незаконно собранного краснокнижного растения выявлена в Алтайском крае. URL: https://minprirody. alregn. ru/news/brakoner/?/2023/11/14/13711_krupnaya_partiya_neza.
16. Пулковские таможенники не дали вывезти в Дубай три тонны высушенного краснокнижного растения. URL: https://47channel. ru/event/pulkovskie-tamozenniki-ne-dali-vyvezti.
17. Таможенники Дальнего Востока за месяц изъяли женьшеня на 9 млн рублей. URL: https://www. dv. kp. ru/online/news/3244969/?ysclid=m2bf104bo94423229.
18. ФСБ задержала в Приморье иностранцев, пересекших границу для сбора дикоросов. URL: https://rg. ru/2023/10/24/reg-dfo/v-primore-dvuh-inostrancev-zaderzhali-za-kontrabandu-zhenshenia.
19. На Алтае за год изъяли более 27 тонн краснокнижного золотого корня. URL: https://zmnvest. ru/news/novosti/nezakonnaya-varvarskaya-dobycha-zolotogo-ko.
20. *Марцева Т. Г., Хараходи Э. В.* Роль таможенных органов в обеспечении национальной безопасности страны (на примере контроля перемещения объектов дикой фауны через таможенную границу ЕАЭС) // Вестник Алтайской академии экономики и права, 2020. № 4–3. — С. 424–430. URL: https://vaael. ru/ru/article/view?id=1104.
21. *Журавлев Ю. Н., Томских А. А., Горпенченко Т. Ю.* История и перспективы генетических исследований женьшеня Дальнего Востока России //Вестник ДВО РАН, 2022. № 4. — С. 101–116.
22. *Um Y., Kim B. R., Jeong J. J., Chung C. M., Lee Y.* Identification of endophytic bacteria in Panax ginseng seeds and their potential for plant growth promotion // *Kotean J.* Med. Crop Sci., 2014. 22 (4). — P. 306–312.
23. *Wang Q., Sun H., Li M., Xu C., Zhang Y.* Different age-induced changes in rhizosphere microbial composition and function of Panax ginseng in transplantation mode // Front. Plant Sci., 2020. № 11.
24. *Журавлев Ю. Н.* Популяция дикорастущего женьшеня как источник генетического разнообразия для селекции сортов // Китайско-Российская конференция по инновационному развитию индустрии медицины, фармацевтики и здоровья в регионе Чанчунь-Цзилинь-Тумэнь, КНР (17–20 октября 2017), 2022. ID Публ: 15081.
25. Уголовный кодекс Российской Федерации от 13.06.1996 № 63-ФЗ (ред. от 04.08.2023).
26. Постановление Правительства Российской Федерации от 31 октября 2013 г. № 978 «Об утверждении перечня особо ценных диких животных, водных биологических ресурсов, растений и грибов, принадлежащих к видам, занесенным в Красную книгу Российской Федерации и (или) охраняемым международными договорами Российской Федерации, для целей статей 226.1, 258.1 и 260.1 Уголовного кодекса Российской Федерации".

Reference

1. CITES Convention on international trade in endangered species of wild Fauna and Flora. Appendices I, II and III valid from 25 May 2024. 2024. — 80 c.
2. Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora, 1973. URL: https://www. un. org/ru/documents/decl_conv/conventions/cites. shtml.
3. Timber exporters of Primorye propose to exclude Mongolian oak and Manchurian ash from Appendix III of CITES. URL: https://www. eastrussia. ru/material/duby-yaseni-i-desitesifikatsiya-lesnoy-otrasli/.
4. CITES Trade Database [2010–2023]. Compiled by UNEP-WCMC for the CITES Secretariat. Available at: trade. cites. org. Accessed: 09/01/2024.
5. *Vaisman A. L.* Illegal turnover of flora and fauna between the Russian Far East and Northeastern China // Scientific and theoretical journal "Oikumena. — Regional studies", 2013. — No. 3. URL: ojkum. ru.
6. Trade in objects of fauna and flora in the markets of China. URL: https://ozlib. com/1064269/ekonomika/torgovlya_obektami_fauny_flory_rynkah_kitaya?ysclid=m2ec59qaan994609344.
7. Responsibility for crimes and offenses committed during the transboundary movement of objects of fauna and flora. URL: https://litbit. ru/edition/lyapustina-ns/otvetstvennost-za-prestupleniya.
8. Ginseng and its smuggling. URL: https://ozlib. com/1033336/pravo/zhenshen_obyknovennyy_kontrabandnyy_vyvoz?ysclid=m2elpb0bdk413561184.
9. Illegal trafficking of fauna and flora objects in the Far East (2000–2009). URL: https://ozlib. com/1033336/pravo/zhenshen_obyknovennyy_kontrabandnyy_vyvoz?ysclid=m28s.
10. An attempt to export red book ginseng to China was stopped in Primorye. URL: https://rg. ru/2022/11/10/reg-dfo/dalnevostochnye-tamozhenniki-presekli-vyvoz-v-knrzhenshe.
11. In Primorye, an attempt to smuggle trepang and ginseng to China for 85 million rubles was stopped. URL: https://www. kommersant. ru/doc/5049914?ysclid=m2bfab79dc68154.
12. A driver from Primorye was caught trying to export a large batch of ginseng to China. URL: https://vlad. mk. ru/incident/2023/11/22/voditel-iz-primorya-poyman-pri-popytke.
13. Ginseng worth 2.6 million rubles was seized by customs officers in Primorye. URL: https://ozlib. com/1033336/pravo/zhenshen_obyknovennyy_kontrabandnyy_vyvoz?ysclid=m2elpb0bdk.
14. A particularly large batch of illegally harvested Red Book wild plants was seized. URL: https://zmnvest. ru/

news/novosti/nezakonnaya-varvarskaya-dobycha-zolotogo-ko.
15. A large batch of illegally harvested red book plants has been identified in the Altai Territory. URL: https://minprirody. alregn. ru/news/brakoner/?/2023/11/14/13711_krupnaya_partiya_neza.
16. Pulkovo customs officers did not allow three tons of dried red Book plants to be exported to Dubai. URL: https://47channel. ru/event/pulkovskie-tamozenniki-ne-dali-vyvezti.
17. Customs officers of the Far East seized 9 million rubles worth of ginseng in a month. URL: https://www. dv. kp. ru/online/news/3244969/?ysclid=m2bf104bo94423229.
18. The FSB detained foreigners in Primorye who crossed the border to collect wild plants. URL: https://rg. ru/2023/10/24/reg-dfo/v-primore-dvuh-inostrancev-zaderzhali-za-kontrabandu-zhenshenia.
19. In Altai, more than 27 tons of red book golden root were seized in a year. URL: https://zmnvest. ru/news/novosti/nezakonnaya-varvarskaya-dobycha-zolotogo-ko.
20. *Martseva T. G., Kharakhodi E. V.* The role of customs authorities in ensuring the national security of the country (on the example of controlling the movement of wild fauna objects across the customs border of the EAEU) // Bulletin of the Altai Academy of Economics and Law, 2020. — No. 4–3. — pp. 424–430. URL: https://vaael. ru/ru/article/view?id=1104.
21. *Zhuravlev Yu. N., Tomskikh A. A., Gorpenchenko T. Y.* History and prospects of genetic research of ginseng in the Russian Far East //Bulletin of the FEB RAS, 2022. — No. 4. — pp. 101–116.
22. *Um Y., Kim B. R., Jeong J. J., Chung C. M., Lee Y.* Identification of endophytic bacteria in Panax ginseng seeds and their potential for plant growth promotion // *Kotean J.* Med. Crop Sci. 2014. — 22 (4). — P. 306–312.
23. *Wang Q., Sun H., Li M., Xu C., Zhang Y.* Different age-induced changes in rhizosphere microbial composition and function of Panax ginseng in transplantation mode // Front. Plant Sci. 2020. № 11.
24. Zhuravlev Yu. N. Wild ginseng population as a source of genetic diversity for cultivar breeding // Sino-Russian Conference on innovative development of the industry of medicine, pharmaceuticals and health in the Changchun-Jilin-Tumen region, China (October 17–20, 2017). 2022. Publication ID: 15081.
25. The Criminal Code of the Russian Federation" dated 06/13/1996 No. 63-FZ (as amended on 08/04/2023) (introduced by Federal Law No. 113-FZ dated 04/04/2023).
26. Resolution of the Government of the Russian Federation dated October 31, 2013 No. 978 "On Approval of the List of Especially Valuable Wild Animals, Aquatic Biological Resources, Plants and Fungi Belonging to Species Listed in the Red Book of the Russian Federation and (or) Protected by International Treaties of the Russian Federation, for the Purposes of Articles 226.1, 258.1 and 260.1 of the Criminal Code of the Russian Federation".

Сведения об авторе:

Кичук Наталья Ивановна, к.б.н., главный специалист Научно-исследовательского центра «Красная книга» — филиала ФГБУ «Федеральный центр анализа и оценки техногенного воздействия» Росприроднадзора; e-mail: nata. kichuk.74@mail. ru.

Короткие сообщения

Закон о биоресурсных центрах и биологических коллекциях

30 ноября Президент РФ Владимир Путин подписал Федеральный закон от №428-ФЗ «О биоресурсных центрах и биологических (биоресурсных) коллекциях и о внесении изменений в статью 29 Федерального закона «О животном мире», принятый Госдумой 26 ноября и одобренный СФ 27 ноября.

Закон устанавливает основы безопасного и гарантированного сохранения генетических ресурсов, содержащихся в биологических (биоресурсных) коллекциях. Кроме того, предусматривается создание Фонда биологических (биоресурсных) коллекций РФ, ведение государственного реестра биологических (биоресурсных) коллекций РФ, а также формирование системы управления подобными коллекциями посредством наделения научных или образовательных организаций статусом биоресурсных центров. Государственный учет национальных каталогов генетических ресурсов и биоколлекций будет осуществляться через государственную информационную систему в области генетической информации «Национальная база генетической информации».

Закон разграничивает полномочия правительства РФ и Минобрнауки России в этой сфере. Так, на кабмин возлагаются обязанности по разработке и реализации в России единой государственной политики в сфере регулирования биологических коллекций и биоресурсных центров, определение полномочий федеральных органов власти, утверждение порядка образования национальных центров генетических ресурсов и организации их деятельности. Также правительство будет определять порядок и условия предоставления генетического материала созданных объектов интеллектуальных прав в биоресурсный центр, порядок финансового обеспечения деятельности, утверждать требований к обеспечению безопасности и защиты объектов (территорий), к порядку ввоза в Россию и вывоза за ее пределы образцов и материалов биологических коллекций и материально-техническому обеспечению биоцентров.

ВИР

Климатические ресурсы

EDN XLBDKA

УДК 551.583

Расчетные функции обогревающего воздействия антропогенного парникового эффекта

В. В. Тетельмин, д.т.н., Институт экологии РУДН им. Патриса Лумумбы

Приводятся семь базовых эмпирических функций, определяющих энергетические характеристики наблюдаемого парникового эффекта. В предлагаемых функциях в качестве граничного условия и независимой переменной используется концентрация антропогенных парниковых газов в атмосфере. Предлагается сбалансированный умеренный сценарий декарбонизации энергетики с накоплением к 2100 г. в атмосфере не более 350 ppm-eq антропогенных парниковых газов. При современном уровне технологического развития ни один из возможных сценариев декарбонизации не остановит процесс глобального потепления до конца XXII века.

Ключевые слова: антропогенные парниковые газы, парниковый эффект, сценарий декарбонизации, глобальное потепление, климатическая система.

Земное пространство пропитано разными видами энергии, которые постоянно переходят из одной формы в другую. Наиболее мощными разновидностями подобных энергетических переходов являются природные стихийные бедствия (ПСБ), которые причиняют ущерб инфраструктуре и влекут за собой человеческие жертвы. Анализ происходящих в мире катастрофических ПСБ фиксирует их неуклонный рост, особенно усилившийся с середины XX века. Причиной активизации ПСБ является глобальное потепление. В этой связи важно уметь правильно оценивать риски от природных катастрофических событий, спровоцированных глобальным потеплением, и планировать соответствующие адаптационные мероприятия по уменьшению человеческих жертв и экономических потерь.

В 60-е гг. прошлого века проф. М. И. Будыко пришел к заключению о неизбежности глобального потепления климата при росте производства и использования энергии [1]. К 2020 г. оказалось, что каждый кВт·ч произведенной человечеством с помощью ископаемого топлива глобальной энергии нагревает через парниковый эффект климатическую систему Земли на 25 кВт·ч [2]. В XXI веке климатологи всего мира пришли к заключению, что наблюдаемое глобальное изменение климата — это следствие роста содержания в атмосфере антропогенных парниковых газов [3].

До 1850 г. объемные концентрации К трех ПГ в атмосфере были следующими: CO_2—280 ppm (млн$^{-1}$); CH_4—0,7 ppm; N_2O — 0,26 ppm. Если использовать общепринятые коэффициенты конверсии (GWP) для метана 28 и для закиси азота 260, то общее начальное содержание трех основных ПГ в доиндустриальной атмосфере в CO_2-эквиваленте составляло 370 ppm-eq ($2{,}84 \cdot 10^{12}$ т-eq). Привнесение в атмосферу антропогенных ПГ сместило веками установившееся равновесие теплового взаимодействия Мирового океана, суши и атмосферы. К 2020 г. за время активной хозяйственной деятельности выбросы и концентрация антропогенных парниковых газов (АПГ) в атмосфере увеличилась до современных экстремальных значений, приведенных в *табл. 1*.

Таблица 1

Показатели роста выбросов антропогенных парниковых газов за указанные периоды и накопленной в атмосфере их объемной концентрации

Период, годы	*CO_2 ppm*	*CH_4 ppm-eq*	*N_2O ppm-eq*	*Суммарное значение, ppm-eq*
1990—2000	14,28	1,75	1,86	17,89
2000—2010	20,0	0,7	2,07	22,77
2010—2020	24,75	1,96	2,6	29,54
1850—2020	132	33	17	182

В Шестом оценочном докладе Межправительственной группы экспертов ООН по изменению

Таблица 2

Накопленные выбросы антропогенных парниковых газов в атмосфере и энергетические характеристики процесса глобального потепления за последние 50 лет наблюдений за климатической системой Земли

Годы	*Содержание выбросов ПГ в атмосфере, K ppm-eq*	*Рост содержания тепла в КС, $\Delta Q \cdot 10^{15}$ кВт·ч / / 10 лет*	*Рост температуры атмосферы, ΔT град / / 10 лет*	*Нетто-поглощение, i Вт / м²*	*Рост уровня Мирового океана, h мм / 10 лет*	*Доля тепла, остающегося в атмосфере, n %*
1970–1980	82,0	14,2	0,165	0,32	20	1,7
1980–1990	101,4	19,4	0,175	0,43	20	1,34
1990–2000	121,0	24,6	0,175	0,55	20	1,05
2000–2010	141,4	31,0	0,175	0,69	30	0,84
2010–2020	168,6	38,3	0,175	0,86	40	0,68

климата (ОД-6 МГЭИК) приводится кривая ускоряющегося роста тепловой энергии, накопленной в климатической системе (КС) Земли в период с 1970 по 2020 гг., из которой следует, что накопление тепловой энергии происходит в основном за счет вод Мирового океана, на долю которого приходится около 91% аккумулированной тепловой энергии [4]. Остальные составляющие КС Земли поглощают примерно следующее количество парниковой тепловой энергии: суша — 5,5%; материковые и морские льды — 2,7%; атмосфера — около 1%.

В *табл. 2* приводятся систематизированные натурные данные об основных энергетических характеристиках процесса глобального потепления за последние 50 лет наблюдений [5]. В каждом последующем десятилетии рост накопленной климатической системой Земли тепловой энергии опережал рост накопленных выбросов АПГ. Например, в период 2010–2020 гг. объемное содержание антропогенных ПГ в атмосфере по сравнению с 1970–1980 гг. увеличилось в 2,1 раза, а накопленная КС Земли тепловая энергия парникового эффекта (ПЭ) увеличилась в 2,7 раза.

Подобный опережающий рост накопленной земной системой тепловой энергии является следствием проявления положительных обратных связей: усиление циклонической деятельности и других конвективных атмосферных явлений по переносу тепла из тропиков в высокие широты [6]; снижение глобального альбедо; деградация криолитозоны арктического шельфа и тундры с выбросом метана из газогидратных кластеров [7]; увеличение абсолютной влажности сухого арктического воздуха, сопровождающееся усилением регионального парникового эффекта — арктическим усилением [8, 9]. Арктическое усиление является одним из важных факторов происходящего опережающего потепления на территории России (0,45°С / 10 лет) и в Арктической зоне (0,75°С / 10 лет) [10].

Эффект опережающего роста накопления парниковой тепловой энергии иллюстрируют графики *рис. 1 (см. вклейку)* [11]. Согласованный рост графиков концентрации антропогенных ПГ в атмосфере, аккумулированной климатической системой Земли тепловой энергии и средней глобальной температуры свидетельствует об антропогенном происхождении изменения климата. Внутренние естественные процессы на Земле искажают монотонность роста глобальной температуры, но в масштабе десятилетий температура растет.

Для прогнозных расчетов глобального потепления строятся математические модели энергетического баланса, учитывающие различные виды вещественного и энергетического взаимодействия между основными составляющими КС Земли: Мировым океаном, атмосферой, сушей, криосферой и биосферой. Например, в ОД-6 МГЭИК приводятся результаты ансамбля модельных расчетов этапа CMIP6, включающего набор пяти иллюстративных сценариев от ОСЭВ1–1,9 до ОСЭВ5–8,5 [4]. Граничным условием в этих моделях является назначаемое тепловое излучение антропогенных парниковых газов (радиационный форсинг) в пределах от 1,9 до 8,5 Вт/м². Математические модели подвергаются настройке путем подбора коэффициентов альбедо, испарения, влажности, облачности и др., чтобы таким образом результаты расчетов приблизить к фактическим данным глобального изменения климата.

Возможен также другой подход к расчету глобального потепления, основанный на использовании ряда эмпирических функций, полученных на основании анализа данных мониторинга глобального потепления, и экстраполяции этих функций для выполнения прогнозных расчетов глобального изменения климата [5, 11–13].

Намечаемая человечеством декарбонизация хозяйственной деятельности будет осуществляться в основном за счет снижения выбросов CO_2 от использования ископаемого топлива, на долю которого приходится около 82% производимой в мире энергии. Наиболее приемлемым с технической и социально-экономической точек зрения вариантом действий по смягчению последствий глобального изменения климата является умеренный сценарий декарбонизации [13]. Сущность этого сценария заключается в уменьшении к 2100 г. на 63% выбросов CO_2 до 4 Гт/год за счет снижения в равной доле использования угля и нефти в соответствии с траекториями 1–1–1 и 2–2–2 (*рис. 2, см. вклейку*), при этом использование природного газа как наиболее эколо-

гичного топлива с выбросами CO_2 около 8 Гт/год остается на современном уровне. При умеренном сценарии декарбонизации выбросы в атмосферу равномерно снижаются на $\Delta K = -2$ ppm-eq/10 лет, в результате чего в атмосфере к 2100 г. накопится не более 350 ppm-eq антропогенных ПГ.

Совокупный спектр поглощения содержащихся в атмосфере антропогенных ПГ формирует в дальнем ИК-диапазоне электромагнитных волн потенциал радиационного усиления J_{max} (Вт/м^2), являющийся основным определяющим фактором антропогенного парникового эффекта (ПЭ). Потенциал радиационного усиления J_{max} присутствует в атмосфере в виде явного тепла [14], которое постепенно нагревает все составляющие КС Земли и увеличивает среднюю глобальную приземную температуру до значения T_{max}, соответствующего радиационно-равновесному состоянию Земли (*рис. 3, см. вклейку*). Рассмотрим ряд основных эмпирических функций, определяющих энергетические параметры ПЭ, обусловленного выбросами АПГ.

Каждому содержанию антропогенных парниковых газов K (ppm-eq) в атмосфере соответствует своя температура максимального глобального потепления T_{max}(K)°C относительно температуры доиндустриального периода 288 град по шкале Кельвина (15°C). Температура T_{max} отвечает радиационно-равновесному состоянию КС Земли при абсолютной температуре $T_{pp} = (288 + T_{max})$. Для вывода функции T_{max}(K) использовались данные палеореконструкции изменения температуры и содержания ПГ в атмосфере в стадии выхода планеты Земля от состояния ледникового периода к современному межледниковому состоянию, продолжавшейся около 10 тысяч лет [15].

Медленный процесс выхода Земли к современному межледниковому состоянию можно рассматривать как последовательную смену ряда квазистационарных состояний КС Земли. Это допущение позволяет вывести следующую функцию зависимости максимальной температуры глобального потепления T_{max} от содержания антропогенных ПГ в атмосфере [16,17]:

$$T_{max} = (20{,}9 \cdot 10^{-3} \cdot K - 12{,}3 \cdot 10^{-6} \cdot K^2)^{\circ}C, \qquad (1)$$

где K (ppm-eq) — объемное содержание в атмосфере АПГ.

Температура T_{max} отвечает радиационно-равновесному состоянию КС Земли. Параболическая функция (1) подтверждает следующую известную особенность: с возрастанием концентрации K уменьшается чувствительность КС Земли и климата на вариации содержания АПГ (рис. 3*а*). Исследуя функцию (1) на экстремум, получаем, что при $K_{НАС} = 850$ ppm-eq наступит «парниковое насыщение» КС Земли. При этой концентрации средняя температура глобального потепления достигнет своего максимально возможного значения $T_{max} = 8{,}9$°C (296,9 град по шкале Кельвина), после чего атмосфера перестанет откликаться повышением температуры на дальнейшие выбросы АПГ.

Функция (1) позволяет прогнозировать максимальную температуру глобального потепления при известном постоянном содержании АПГ в атмосфере. В *табл. 3* приводится ряд примеров расчета. Например, если бы человечество задалось целью ограничить глобальное потепление сегодняшней средней температурой +1,2°C, то оно должно было прекратить выбросы ПГ в 1965 г., когда концентрация АПГ в атмосфере составляла около K = 60 ppm-eq. Другой пример: для того чтобы ограничить рост средней глобальной температуры значением +2°C, как это рекомендует Парижское соглашение, человечество должно было прекратить выбросы АПГ в 1985 г., когда их концентрация в атмосфере составляла примерно K = 100 ppm-eq (см. табл. 3). В настоящее время ставить перед человечеством такую призрачную цель бессмысленно.

Если представить, что человечество чудесным образом прекратит выбросы ПГ в 2025 г. при соответствующей накопленной концентрации около 200 ppm-eq, то глобальное потепление будет гарантированно продолжаться до достижения атмосферой радиационно-равновесной температуры $T_{max} = 3{,}7$°C (см. табл. 3). Однако и этот гипотетический вариант недостижим, потому что человечество не в состоянии мгновенно обеспечить углеродную нейтральность хозяйственной деятельности.

Наиболее реальным представляется климатическое будущее, которое может себе обеспечить человечество при умеренном сценарии декарбонизации энергетики. При реализации этого сценария концен-

Таблица 3

Примеры расчета максимальной температуры глобального потепления (радиационно-равновесной температуры) для четырех значений объемной концентрации антропогенных парниковых газов в атмосфере

Задаваемые начальные условия для расчета	*Результат реализации задаваемого условия*	*Год реализации задаваемого условия*
Сохранение температуры глобального потепления на современном уровне +1,2°C	K = 60 ppm-eq	1960
Сохранение температуры глобального потепления на уровне роста до +2°C	K = 100 ppm-eq	1985
Стабилизация концентрации АПГ в атмосфере в 2025 г. на уровне K = 200 ppm-eq	+3,7°C	2180
Стабилизация концентрации АПГ в в атмосфере в 2100 г. на уровне K = 350 ppm-eq	+5,8°C	2320

трация АПГ в атмосфере к 2100 г. увеличится до 350 ppm-eq. При условии обеспечения в дальнейшем углеродной нейтральности глобальное потепление будет продолжаться до 2320 г. до достижения радиационно-равновесной температуры $T_{max} = 5{,}8^{o}C$ (табл. 3). Пожалуй, это наилучшее климатическое будущее, которое может обеспечить современная цивилизация будущим еще не родившимся жителям планеты Земля.

Каждому значению концентрации АПГ в атмосфере соответствует свой спектр поглощения в ИК-диапазоне, формирующий определенное значение потенциала радиационного усиления J_{max}. Именно J_{max}, присутствующий в атмосфере в виде явного рассеянного тепла, является определяющим фактором антропогенного ПЭ. При известном значении T_{max} значение потенциала J_{max} определяется с помощью уравнения Стефана-Больцмана [18]:

$$J_{max} = \sigma(288 + T_{max})^4 - (240 + 150)\ Вт/м^2, \quad (2)$$

где $\sigma = 5{,}67 \cdot 10^{-8}$ ($Вт/м^2 \cdot K^4$) — постоянная Стефана-Больцмана; 240 $Вт/м^2$ — солнечная инсоляция; 150 $Вт/м^2$ — потенциал радиационного усиления всех ПГ, которые присутствовали в атмосфере в доиндустриальный период.

На рис. 3 приводятся графики зависимости максимальной температуры глобального потепления T_{max} и потенциала радиационного усиления J_{max} от концентрации антропогенных ПГ в атмосфере. Потенциал радиационного усиления J_{max} проявляется в форме рассеянного в атмосфере явного тепла, которое постепенно нагревает приземный слой атмосферы до значения радиационно-равновесной температуры T_{max}. Например, точка 1 рис. 3 соответствует потенциалу радиационного усиления $J_{max} = 20\ Вт/м^2$ и температуре $T_{max} = 3{,}7^{o}C$, которые соответствуют современному значению (в 2025 г.) концентрации антропогенных ПГ в атмосфере K = 190 ppm-eq. Точка 2 рис. 3 определяет соответствующие параметры J_{max} и T_{max} при концентрации антропогенных ПГ в атмосфере K = 350 ppm-eq, которая установится в 2100 г. при умеренном сценарии декарбонизации. Точка 3 соответствует состоянию насыщения атмосферы антропогенными ПГ и максимальному проявлению антропогенного парникового эффекта.

В соответствии с законом Стефана-Больцмана по мере роста текущего значения глобальной температуры T соответствующая мощность отраженной земной поверхностью радиации J растет и приближается к J_{max}. Планета Земля будет в полной мере получать от антропогенных ПГ при K = const дополнительную энергию потенциала радиационного усиления J_{max}, когда придет в радиационно-равновесное состояние, нагревшись до температуры T_{max}.

Следует отметить, что уравнение Стефана-Больцмана (2) подтверждает справедливость параболической функции (1). Земная поверхность отражает тепловое излучение в ИК-диапазоне мощностью 240 $Вт/м^2$, из которых около 40 $Вт/м^2$ свободно проходят через «окно прозрачности» атмосферы в пределах длин волн от 7,5 до 13 мкм. Из оставшихся 200 $Вт/м^2$ около 150 $Вт/м^2$ перехватывалось всеми ПГ еще в доиндустриальный период. Таким образом, на долю антропогенных ПГ остается примерно $J_{max} = 50\ Вт/м^2$ нереализованного потенциала радиационного усиления (рис. 3б). При подстановке этого значения в уравнение Стефана-Больцмана (2) получаем максимальную температуру глобального потепления $T_{max} = 8{,}7^{o}C$, которую могут обеспечить антропогенные ПГ. Таким образом, параболическую функцию (1) можно уверенно использовать в прогнозных расчетах глобального потепления.

При фиксированном значении концентрации КС Земли будет на протяжении десятилетий с убывающим темпом накапливать тепловую энергию. По натурным данным табл. 2 построены графики зависимости интенсивности поглощения парниковой тепловой энергии всей земной поверхностью ΔQ (кВт·ч/10 лет) от концентрации антропогенных ПГ в атмосфере (*рис. 4, см. вклейку*). В начальной фазе глобального потепления до середины 70-х гг. XX в. в отсутствии спровоцированных потеплением конвективных атмосферных явлений интенсивность поглощения тепловой энергии ΔQ земной поверхностью практически определялась только радиационным форсингом. В диапазоне концентраций антропогенных ПГ в атмосфере ($0 \leqslant K \leqslant 90$ ppm-eq) зависимость ΔQ(K) представляется линейной функцией (график 0—1): $\Delta Q = 172 \cdot 10^{12} \cdot K$ (кВт·ч/10 лет) [5].

В середине 70-х годов график ΔQ(K) претерпел излом (точка 1 рис. 4), после чего КС Земли начала быстрее набирать тепловую энергию, следуя линейному графику (1—2—3). Усиление интенсивности поглощения отраженной парниковыми газами радиации ИК-спектра вызвано усилением положительных обратных связей. В первую очередь это связано с активизацией конвективных атмосферных явлений и усилением горизонтального переноса тепла из тропического пояса в высокие широты [9]. Эмпирическая функция, описывающая график (1—2—3), имеет следующий вид [5]:

$$\Delta Q = 276 \cdot 10^{12} \cdot (K - 30)\ (кВт \cdot ч / 10\ лет), \quad (3)$$

где K (ppm-eq) — среднее значение объемной концентрации антропогенных ПГ в атмосфере в расчетном 10-летнем периоде времени. Это выражение справедливо при изменении концентрации антропогенных ПГ в пределах ($90\ ppm\text{-}eq \leqslant K \leqslant 320$ ppm-eq).

Функция (3) интенсивности поглощения тепловой энергии всей земной поверхностью получена на основании натурных данных, поэтому учитывает все виды радиационной и нерадиационной передачи парниковой тепловой энергии, которые существовали на Земле в период с 1970 по 2020 гг. Параметр интенсивности ΔQ можно представить в размерности «нетто-поглощения» следующим образом:

$$i = 22{,}2 \cdot 10^{-18} \cdot \Delta Q = 6{,}13 \cdot 10^{-3} \cdot (K - 30)\ (Вт/м^2). \quad (4)$$

Натурные данные показывают, что после 1970 г., когда интенсивность поглощения тепловой энергии превысила значение $\Delta Q \geqslant 18 \cdot 10^{15}$ кВт·ч/10 лет, средняя глобальная приземная температура атмосферы получает постоянное приращение $\Delta T = 0{,}175^{\circ}C/10$ лет (см. рис. 1). В расчетах глобального потепления следует учитывать эту важную особенность энергообмена между Мировым океаном и атмосферой [11]:

$$\Delta T = 0{,}175^{\circ}C/10 \text{ лет} = const;$$
$$n \leqslant 1{,}4\% \text{ при } \Delta Q \geqslant 18 \cdot 10^{15} \text{ (кВт·ч/10 лет).} \quad (5)$$

При фиксированном значении концентрации $K_{ун} = const$ и соответствующем начальном значении интенсивности ΔQ_0 (кВт·ч/10 лет) продолжительность перехода КС Земли от начальной глобальной температуры T_0 к радиационно-равновесному состоянию при температуре T_{max} (1) определяется с помощью следующего выражения [19]:

$$t_{рр} = 10^2 \cdot (T_{max} - T_0) \cdot m \cdot c_p / 0{,}5n \cdot \Delta Q_0 \text{ (годы)}, \quad (6)$$

где $m = 5{,}18 \cdot 10^{15}$ т — масса тропосферы; $c_p = 0{,}286$ кВт·ч/т·град — удельная теплоемкость воздуха при постоянном давлении; n% — среднее значение доли парниковой тепловой энергии, остающейся в атмосфере в каждом расчетном 10-летнем акте теплообмена.

При фиксированном значении концентрации $K_{ун} = const$ интенсивность поглощения тепловой энергии будет с течением времени t по мере приближения КС Земли к радиационно-равновесному состоянию уменьшаться от начального значения ΔQ_0 (кВт·ч/10 лет) до нулевого значения. В этот период количество аккумулированной земной системой тепловой энергии в зависимости от времени t будет увеличиваться в соответствии с функцией [5]:

$$Q(t) = \Delta Q_0 (2t_{рр} - t)t / 2t_{рр}. \quad (7)$$

В *табл. 4* приводятся расчетные данные о средней чувствительности различных энергетических параметров ПЭ к изменению концентрации АПГ в атмосфере в пределах от 200 ppm-eq в 2025 г. до 350 ppm-eq в 2100 г. при умеренном сценарии декарбонизации энергетики.

Чувствительность энергетических показателей ПЭ к изменению содержания АПГ в атмосфере уменьшается по мере роста их концентрации. Например, при современном значении концентрации K = 200 ppm-eq «температурная чувствительность» максимальной температуры глобального потепления $dT_{max}/dK = 0{,}016$ град/ppm-eq, а при K = 350 ppm-eq «температурная чувствительность» уменьшается до 0,012 град/ppm-eq. Среднее значение этой чувствительности в рассматриваемом диапазоне концентраций равно 0,015 град/ppm-eq (см. табл. 4).

При умеренном сценарии декарбонизации и по мере накопления АПГ в атмосфере потенциал радиационного усиления J_{max} будет увеличиваться от начального значения $J_{max} = 20{,}8$ Вт/м^2 в 2025 г. до 32,35 Вт/м^2 в 2100 г. с темпом $\Delta J_{max} = 0{,}077$ (Вт/м^2·ppm-eq). Нетто-поглощение парниковой тепловой энергии земной поверхностью будет увеличиваться (см. табл. 4) от i = 1,05 Вт/м^2 в 2025 г. с темпом 0,00613 (Вт/м^2·ppm-eq).

Увеличение ПЭ от роста выбросов АПГ можно представить в виде эквивалента уменьшения расстояния от Земли до Солнца (см. табл. 4). Каждому значению радиационно-равновесной температуры T_{max} (1) при условии отсутствия в атмосфере ПГ соответствует определенное увеличенное эквивалентное значение Солнечной постоянной $S_{экв}$. Эквивалентное значение этой постоянной $S_{экв}$ находится из уравнения Стефана-Больцмана:

$$S_{экв} = 4\sigma \cdot (288 + T_{max})^4 / (1 - a) \text{ Вт/м}^2, \quad (8)$$

где $\sigma = 5{,}67 \cdot 10^{-8}$ (Вт/м^2·K^4) — постоянная Стефана-Больцмана; *a* — глобальное альбедо; 288 — средняя

Таблица 4

Чувствительность энергетических параметров ПЭ к изменению концентрации АПГ в пределах от 200 ppm-eq в 2025 г. до 350 ppm-eq в 2100 г. при умеренном сценариия декарбонизации энергетики

Энергопараметр ПЭ, формируемого АПГ	*Ср. значение параметра в 2020–2030 гг. (K = 200 ppm-eq)*	*Удельное приращение чувствительности параметра, Δ/ppm-eq*
Потенциал радиационного усиления (явное тепло), J_{max} (Вт/м^2)	20,8 Вт/м^2	+0,077 (Вт/м^2·ppm-eq)
Радиационно-равновесная температура (максимальное глобальное потепление), T_{max} ($^{\circ}$C)	3,7°C	+0,015 ($^{\circ}$C/ppm-eq)
Интенсивность накопления тепловой энергии всей земной поверхностью, ΔQ кВт·ч/10 лет	$47{,}2 \cdot 10^{15}$ кВт·ч/10 лет	$+0{,}276 \cdot 10^{15}$ (кВт·ч/10 лет·ppm-eq)
Нетто-поглощение тепловой энергии Землей, i Вт/м^2	1,05 Вт/м^2	+0,00613 (Вт/м^2·ppm-eq)
Эквивалент уменьшения расстояния от Земли до Солнца за счет усиления ПЭ, ΔR км	$114{,}3 \cdot 10^6$ км	$-10{,}7 \cdot 10^3$ (км/ppm-eq)

глобальная температура в градусах Кельвина в доиндустриальный период.

Функция для определения эквивалентного расстояния от Земли до Солнца $R_{экв}$ имеет следующий вид [11]:

$$R_{экв} = (3{,}85 \cdot 10^{26} / 4\pi S_{экв})^{0{,}5}, \qquad (9)$$

где $3{,}85 \cdot 10^{26}$ Вт — общая мощность (светимость) испускаемого Солнцем изотропного излучения.

Из функций (8) и (9) находится уменьшенное расстояние от Земли до Солнца, эквивалентное соответствующему современному усилению парникового эффекта в 2025 г. $R_{экв} = 114{,}3 \cdot 10^6$ км (см. табл. 4). Увеличение выброса в атмосферу единицы объема антропогенных ПГ на $\Delta K = 1$ppm-eq увеличивает обогревающее действие ПЭ на величину, эквивалентную приближению Земли к Солнцу на $\Delta R_{экв} = -10{,}7 \cdot 10^3$ км/ppm-eq.

Приведенный ряд эмпирических функций (1—7) положен в основу разработанного алгоритма аналитического расчета глобального потепления и его последствий для любых возможных сценариев декарбонизации мировой энергетики и экономики в целом [5,11]. Результатом расчета климатического будущего является динамика роста во времени следующих показателей: средней глобальной температуры приземного слоя атмосферы; накопленной климатической системой Земли парниковой тепловой энергии; уровня Мирового океана, а также их предельных значений, соответствующих радиационно-равновесному состоянию, к которому в конечном счете приходит климатическая система Земли.

С начала XX в. увеличивается доля площади Мирового океана (МО) с волнами экстремальной морской жары. Глобальное потепление увеличивает площадь МО с высокой поверхностной температурой, отчего увеличивается число термических депрессий и зон пониженного атмосферного давления, которые обеспечивают возникновение ТЦ. Теплая вода действует как мощный аккумулятор, из которого циклоны черпают энергию. Тепловое расширение воды и таяние материковых льдов увеличивают рост уровня МО. Функцию общего роста уровня МО можно определить из натурных данных, полученных за период 1970—2020 гг. (см. табл. 2). За этот период КС Земли получила $127 \cdot 10^{15}$ кВт·ч парниковой тепловой энергии, за счет чего уровень МО поднялся на 136 мм. Линейная зависимость роста уровня МО от накопленной парниковой тепловой энергии $Q_{КС}$ (кВт·ч) имеет следующий вид [20]:

$$h = 1{,}1 \cdot 10^{-15} Q_{КС} \text{ (мм)}. \qquad (10)$$

После реализации к 2100 г. умеренного сценария декарбонизации и обеспечения в дальнейшем углеродной нейтральности (K = const) глобальное потепление будет продолжаться при следующих начальных параметрах климатической системы (КС) Земли: концентрация антропогенных ПГ стабилизировалась на уровне K = 350 ppm-eq; средняя приземная глобальная температура атмосферы $T_0 = 2{,}6^{\circ}$C; средняя температура максимального глобального потепления (радиационно-равновесная температура) $T_{max} = 5{,}8^{\circ}$C; начальная интенсивность поглощения тепловой энергии климатической системой (КС) Земли $\Delta Q_0 = 82 \cdot 10^{15}$ кВт·ч/10 лет; общая накопленная к 2100 г. всеми составляющими КС Земли парниковая тепловая энергия $Q_{КС} = 758 \cdot 10^{15}$ кВт·ч.

Для умеренного сценария декарбонизации из функции (7) определена динамика роста количества аккумулированной после 2100 г. тепловой энергии Q(t) на любой момент времени t. Далее с помощью функции (10) выполнен прогноз соответствующего роста уровня МО. На *рис. 5 (см. вклейку)* приводится график будущего роста уровня МО, вызванного глобальным потеплением, при умеренном сценарии декарбонизации. Общий рост уровня увеличится примерно от значения 230 мм в 2020 г. до 800 мм в 2100 г. и до 1700 мм в 2320 г. Приведенный расчетный график коррелирует с результатами расчета по сценарию высокого уровня выбросов парниковых газов ОСЭВ5—8,5, который прогнозирует к 2100 г. рост уровня МО в пределах 0,63—1,01 м, а к 2150 г. в пределах 0,98—1,88 м [4].

После того как при умеренном сценарии декарбонизации в 2100 г. концентрация АПГ в атмосфере установится на постоянном уровне $K_{УН} = 350$ ppm-eq, глобальное потепление будет продолжаться до 2320 г. На *рис. 6 (см. вклейку)* для умеренного сценария декарбонизации приводятся расчетные графики, характеризующие будущее состояние КС Земли. До 2240 г. глобальная температура в соответствии с условием (5) будет расти с постоянным темпом $\Delta T = 0{,}175^{\circ}$C/10 лет до 5°C, и далее глобальная температура с убывающим темпом роста будет приближаться к своему максимальному радиационно-равновесному значению $T_{max} = 5{,}8^{\circ}$C в 2320 г.

В случае, если человечеству при умеренном сценарии декарбонизации не удастся обеспечить после 2100 г. углеродную нейтральность при K = 350 ppm-eq, то концентрация АПГ в атмосфере будет расти с минимально возможным темпом 13 ppm-eq/10 лет [21]. В таком случае концентрация «парникового насыщения атмосферы» $K_{НАС} = 850$ ppm-eq будет достигнута в 2450 г., а соответствующая «максимальная температура антропогенного глобального потепления» будет достигнута примерно в 2550 г. [21].

Выводы

Предлагаемые функции зависимости предельной радиационно-равновесной температуры глобального потепления (1), потенциала радиационного усиления (2) и интенсивности накопления климатической системой Земли тепловой энергии (3) от концентрации антропогенных парниковых газов в атмосфере позволяют выполнять прогнозные расчеты глобального потепления для любых возможных сценариев декарбонизации хозяйственной деятельности человечества.

Выброс в атмосферу 1ppm-eq антропогенных парниковых газов увеличивает потенциал радиационного

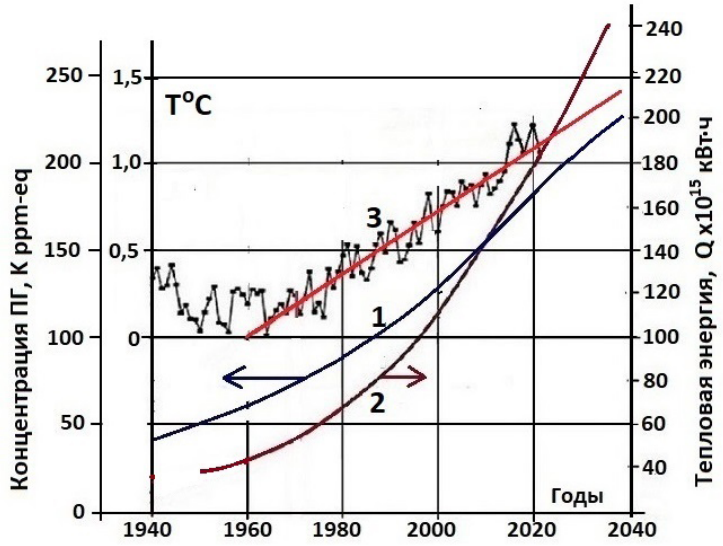


Рис. 1. **Графики согласованного роста основных показателей глобального потепления:** 1 – рост объемной концентрации антропогенных выбросов ПГ в атмосфере; 2 – рост накопленной с 1930 г. тепловой энергии в КС Земли; 3 – рост средней глобальной приземной температуры атмосферы

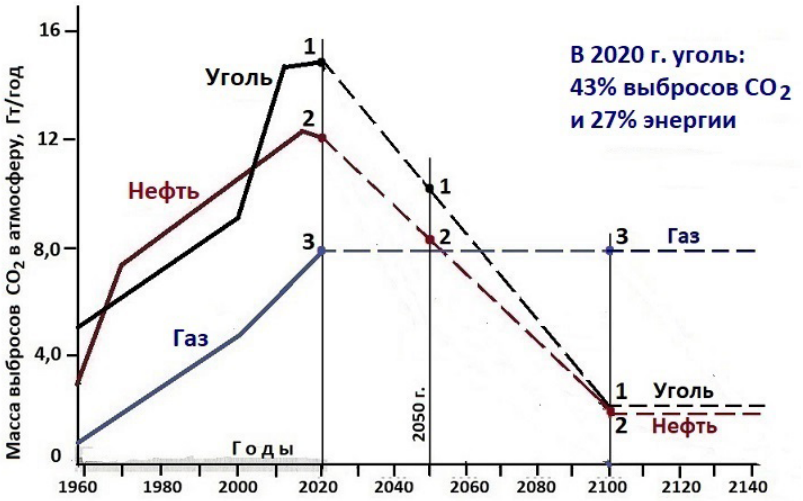


Рис. 2. **Графики роста реальных выбросов CO_2 от сжигания трех видов ископаемого топлива до 2020 г. и графики умеренного снижения выбросов к 2100 г. до 4 Гт/год за счет сокращения сжигания угля и нефти**

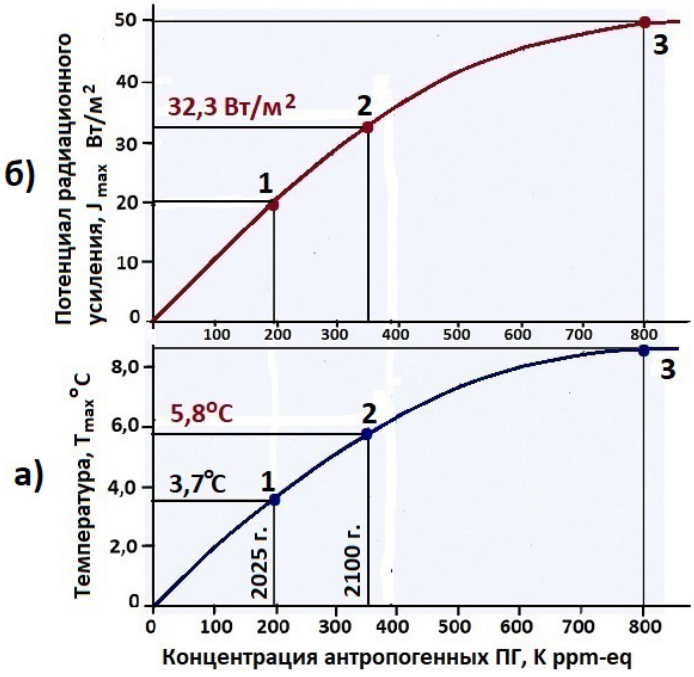


Рис. 3. **Графики зависимости максимальной температуры глобального потепления T_{max} (а) и потенциала радиационного усиления J_{max} (б) от концентрации антропогенных ПГ в атмосфере**

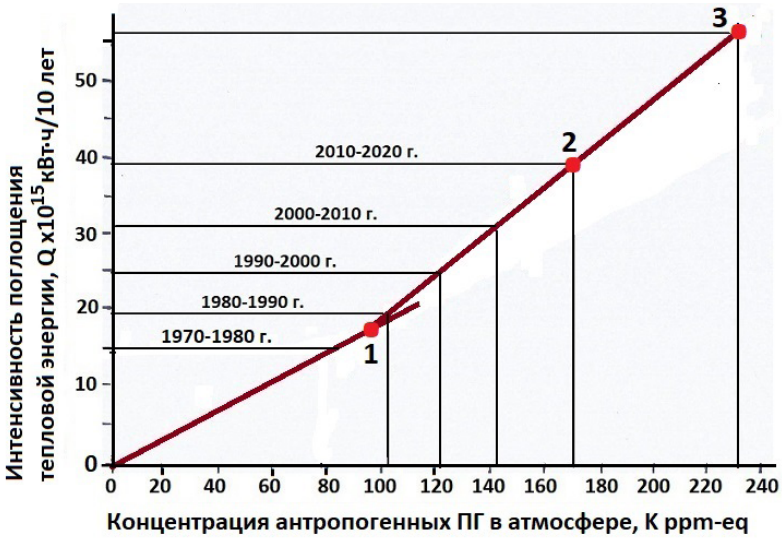


Рис. 4. **Графики зависимости интенсивности поглощения тепловой энергии КС Земли от концентрации антропогенных ПГ в атмосфере:** график (0-1) интенсивности поглощения тепловой энергии в отсутствии спровоцированных потеплением конвективных атмосферных явлений; график (1-2-3) реальной интенсивности поглощения, усиленной положительными обратными связями

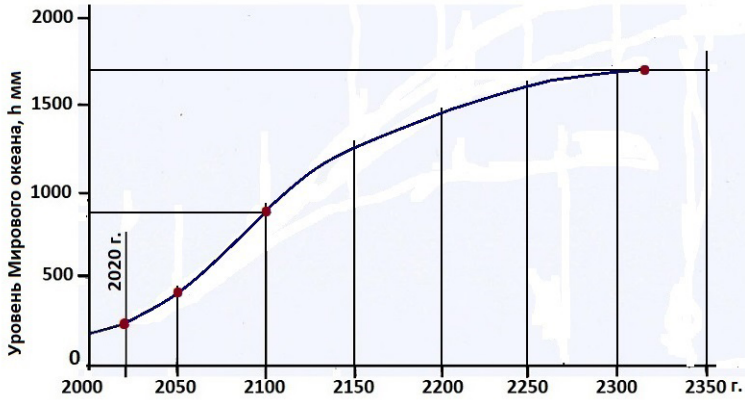


Рис. 5. **График роста уровня Мирового океана, вызванного глобальным потеплением, при умеренном сценарии декарбонизации**

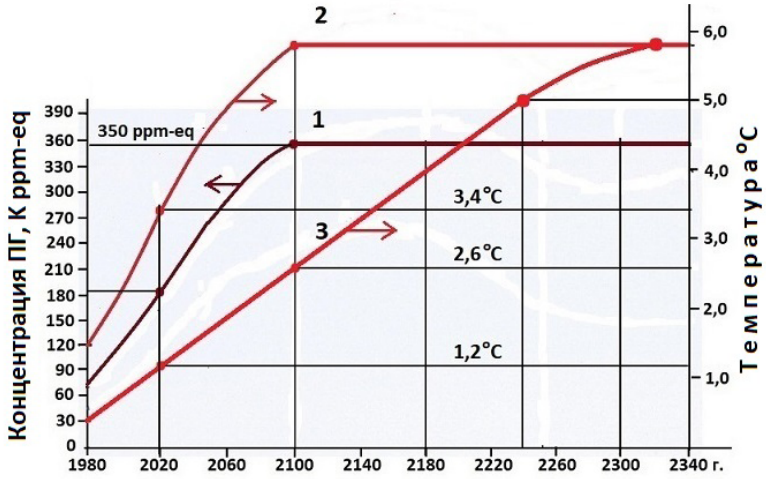


Рис. 6. **Расчетные графики изменения параметров КС Земли при умеренном сценарии декарбонизации:** 1 – рост концентрации АПГ в атмосфере; 2 – соответствующий рост максимальной температуры глобального потепления; 3 – рост средней глобальной температуры приземного слоя атмосферы до достижения в 2320 г. климатической системой Земли радиационно-равновесного состояния

усиления на $\Delta J_{max} = 0{,}077$ Вт/м^2, что по кумулятивному тепловому воздействию на планету эквивалентно приближению Земли к Солнцу примерно на 11 тыс. км.

Чтобы ограничить рост средней глобальной температуры значением +2°С, как это рекомендует Парижское соглашение, человечество должно было прекратить выбросы парниковых газов в 1985 г., когда их концентрация в атмосфере не превышала 100 ppm-eq. В настоящее время ставить перед человечеством такую призрачную цель бессмысленно.

Наиболее сбалансированным и приемлемым для человечества является умеренный сценарий декарбонизации энергетики от современного значения выбросов парниковых газов 29 (ppm-eq/10 лет) до значения 13 (ppm-eq/10 лет) в 2100 г. с темпом снижения выбросов $\Delta K = -2$ (ppm-eq/10 лет) с накоплением к 2100 г. в атмосфере около 350 ppm-eq антропогенных парниковых газов.

При достижении к 2100 г. углеродной нейтральности и при фиксированном значении концентрации антропогенных парниковых газов $K_{ун} = 350$ ppm-eq, формирующих в атмосфере потенциал радиационного усиления (антропогенный парниковый эффект) $J_{max} = 32{,}3$ Вт/м^2, глобальное потепление будет продолжаться до 2320 г. до достижения радиационно-равновесной температуры 5,8°С.

В случае, если человечеству при умеренном сценарии декарбонизации не удастся обеспечить после 2100 г. углеродную нейтральность при K = 350 ppm-eq, то концентрация антропогенных ПГ в атмосфере будет расти с минимально возможным темпом 13 ppm-eq/10 лет. В таком случае концентрация «парникового насыщения атмосферы» $K_{НАС} = 850$ ppm-eq будет достигнута в 2450 г., а соответствующая «максимальная температура антропогенного глобального потепления» будет достигнута примерно в 2550 г.

При современном уровне технологического развития ни один из возможных сценариев декарбонизации хозяйственной деятельности человечества не остановит процесс глобального потепления до 5°С в 2250 г.

Литература

1. *Будыко М. И.* Климат в прошлом и будущем. — М.: Гидрометеоиздат. 1980.
2. *Тетельмин В. В.* Современная энерго-климатическая история цивилизации // Гидротехника, 2021. № 3. — С. 42—46.
3. МГЭИК, 2014: Изменение климата: Обобщенный доклад. Вклад рабочих групп I, II, III в Пятый оценочный доклад. — Женева: МГЭИК, 2014. — С. 44.
4. Technical Summary. In Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. — Cambridge University Press, 2021. — Pp. 33—144.
5. *Тетельмин В. В.* Энергетический анализ особенностей глобального потепления и его последствий // Вестник РАЕН, 2023. № 3. Т. 23. — С. 91—99.
6. *Голицын Г. С.*, *Васильев А. А.* Изменение климата и его влияние на частоту экстремальных гидрометеорологических явлений // Метеорология и гидрология, 2019. № 11. — С. 9—13.
7. *Осипов В. И.* Природные катастрофы: анализ развития и пути минимизации последствий / Проблемы анализа риска. — М.: Деловой экспресс, 2015. Т. 12. — С. 84—93.
8. *Латонин М. М.*, *Башмачников И. Л.*, *Бобылев Л. П.* Явление арктического усиления и его механизмы // Фундаментальная и прикладная гидрофизика, 2020. Т. 13. № 3. — С. 3—19.
9. *Мохов И. И.* Анализ условий формирования арктического усиления в земной климатической системе // ДАН. Науки о Земле, 2022. Т. 505. № 1. — С. 102—107.
10. Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории России. Общее резюме / Росгидромет. — СПб.: Наукоемкие технологии, 2022. — 144 с.
11. *Тетельмин В. В.* Алгоритм аналитического расчета глобального потепления и примеры расчета его основных последствий // Использование и охрана природных ресурсов в России, 2024. № 2. — С. 21—32.
12. *Тетельмин В. В.* Расчет глобального потепления и его последствий для трех возможных сценариях декарбонизации энергетики // Использование и охрана природных ресурсов в России, 2024. № 1. — С. 34—42.
13. *Тетельмин В. В.* Расчетное подтверждение недостижимости климатических целей Парижского соглашения // Экология промышленного производства, 2024. № 2. — С. 58—63.
14. *Trenberth K. E.*, *Fasullo J. T.*, *Kiehl J.* Earthglobal energy budget // American Meteorological Society, march 2009. — P. 311—323.
15. Джирард Дж. Основы химии окружающей среды. — М.: Физматлит. 2008. — 640 с.
16. *Тетельмин В. В.* Формула максимального глобального потепления // Вестник РУДН. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности, 2022. № 1. Т. 30. — С. 45—57.
17. *Тетельмин В. В.* Энергетические особенности и пределы глобального потепления // Энергия: экономика, техника, экология, 2023. № 3. — С. 27—34.
18. *Бринкман Э.* Физические проблемы экологии (пер. с англ.). — М.: Интеллект. 2012. — 288 с.
19. *Тетельмин В. В.* Количественная оценка глобального потепления // Горная промышленность, 2023. № 3. — С. 64—70.
20. *Тетельмин В. В.* Особенности глобального потепления и роста уровня Мирового океана//Гидротехника, 2024. № 3. — С. 22—28.
21. *Тетельмин В. В.* Недостижимые (ложные) цели Парижского соглашения и наиболее вероятное климатическое будущее цивилизации//Использование и охрана природных ресурсов в России, 2024. № 3. — С. 41—49.

Сведения об авторе:

Тетельмин Владимир Владимирович, д.т.н., проф., академик Российской экологической академии, гл. специалист Института экологии РУДН им. Патриса Лумумбы, член Общественного совета при Минэнерго России; e-mail: v-tetelmin@rambler. ru.

EDN XQBQHU

УДК 551.5

Использование технологий активных воздействий на гидрометеорологические процессы для снижения уровня неблагоприятных воздействий опасных гидрометеорологических явлений

В. Ю. Верятин[1], к.г.н., Б. Г. Данелян[2], к.ф.-м.н., А. В. Осетров[2]
[1]НИЦ «Планета» Росгидромета
[2]Центральная аэрологическая обсерватория (ЦАО) Росгидромета

Рассматриваются изменения в повторяемости числа опасных гидрометеорологических явлений. Сделаны выводы об экономической эффективности от использования гидрометеорологической информации. Рассмотрена деятельность Росгидромета и его вклад в минимизацию социальных потерь и ущербов экономике от опасных гидрометеорологических явлений. Определены задачи и описаны виды работ по активным воздействиям на гидрометеорологические процессы. Сделан вывод об эффективности от работ по активным воздействиям на гидрометеорологические процессы.

Ключевые слова: опасные гидрометеорологические явления, активные воздействия на гидрометеорологические процессы, противоградовая служба, противолавинная служба, регулирование осадков.

Введение

Региональные изменения средних значений климатических характеристик, обусловленные глобальным изменением климата, сопровождаются увеличением числа экстремальных (аномальных) погодных явлений [1]. Воздействия, связанные с экстремальными погодными явлениями, такие как засухи, паводки, природные пожары, причиняют ущерб экономике и населению Российской Федерации. С середины 1990-х гг. на территории РФ наблюдается увеличение числа опасных гидрометеорологических явлений, которые нанесли существенный ущерб экономике и населению.

1. Рост числа опасных гидрометеорологических явлений на территории Российской Федерации

Последствия изменения климатических условий на территории Российской Федерации проявляются в росте повторяемости опасных гидрометеорологических явлений (далее — ОЯ). Такие ОЯ как паводки, наводнения, снежные лавины, сели, град, ураганы, засуха, пожароопасность и др. приводят к огромному социально-экономическому ущербу и непосредственно влияют на такие жизненно-важные сектора экономики, как энергетика, сельскохозяйственное производство, лесное хозяйство, водопользование, речное и морское судоходство, ЖКХ и другие не менее важные сектора экономики.

В *табл. 1* приведено общее количество опасных гидрометеорологических явлений за период с 2008 по январь 2023 года. Из *рис. 1* следует, что на территории России наблюдается тенденция на увеличение числа ОЯ. Среднее число ОЯ за эти последние 16 лет составило 986, за последние три года 1124. В 2021 и 2023 гг. было отмечено 1205 и 1191 ОЯ соответственно.

Таблица 1

Распределение общего числа опасных гидрометеорологических явлений в период с 2008 по 2023 гг. на территории РФ

	2008	*2009*	*2010*	*2011*	*2012*	*2013*	*2014*	*2015*	*2016*	*2017*	*2018*	*2019*	*2020*	*2021*	*2022*	*2023*
Общее число ОЯ	1090	923	972	760	987	963	898	973	988	907	1040	903	1000	1205	976	1191

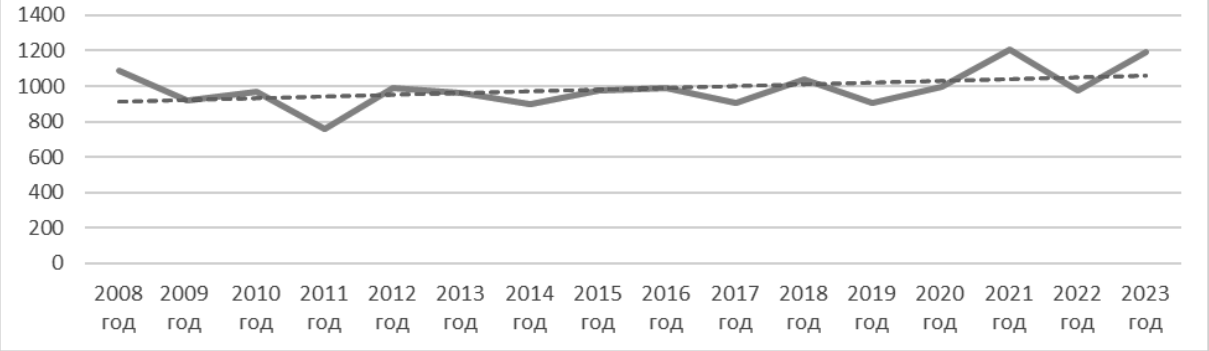


Рис. 1. **Распределение общего числа опасных гидрометеорологических явлений в период с 2008 по 2023 гг. на территории РФ**

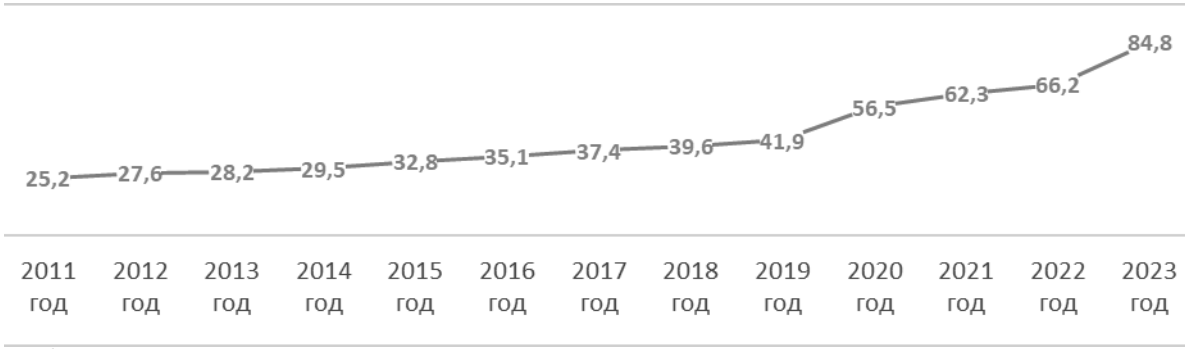


Рис. 2. **Применение ГМИ в топливно-энергетическом секторе экономики**

Наблюдаемые на территории РФ изменения климата характеризуются ростом температуры в холодные сезоны года, ростом испаряемости при снижении количества атмосферных осадков в теплые сезоны и соответственно увеличением повторяемости засух, а также изменением годового стока рек и его сезонным перераспределением,

Тенденция к уменьшению осадков и, следовательно, увеличению числа засух наблюдается примерно на 15—16% территории РФ (юг Западной Сибири, Ростовская область, Ставропольская область и Краснодарский край). На этих территориях находятся значимые для аграрнопромышленного комплекса зернопроизводящие районы. В связи с этим очевидны риски продовольственной безопасности. С уменьшением количества осадков сильно взаимосвязано увеличение пожароопасной обстановки. Повышение температуры только на 1°С может приводить к увеличению продолжительности пожарных сезонов, росту числа лесных пожаров и площадей, которые затрагиваются пожарами, в среднем от 12 до 16% [2].

Суммарная доля погодозависимых отраслей в РФ составляет примерно треть производства ВВП. Это АПК, лесное хозяйство, транспорт, ТЭК, водное хозяйство, и некоторые другие виды деятельности, критически важные для экономики страны. Наносимый им ущерб от неблагоприятных погодных условий может наносить существенный урон общему ВВП.

2. Использование гидрометеорологической информации в отраслях экономики для снижения ущерба от опасных явлений погоды

Деятельность Росгидромета — это в первую очередь, предоставление актуальной гидрометеорологической информации (ГМИ). Эта информация вносит существенный вклад в минимизацию социальных потерь и ущербов экономике от ОЯ. Эффективное и своевременное использование ГМИ о настоящем и прогнозируемом состоянии условий погоды при осуществлении деятельности, которая зависит от ее состояния, позволяет получить существенный экономический эффект. В качестве примера на *рис. 2* отображено каким образом ГМИ применяется в топливно-энергетическом секторе экономики.

Общий экономический эффект от использования ГМИ в отраслях экономики, по данным УГМС, растет с каждым годом. Если в 2011 году его величина составляла 25,2 млрд руб., то на 2023 год его значение — 84,8 млрд руб. (*рис. 3*).

Причем, если обратить внимание на рис. 3, то можно наблюдать, что в последние годы ежегодный прирост экономического эффекта наиболее заметный.

Исходя из вышеизложенной информации о ежегодном росте ОЯ и ежегодном приросте экономического эффекта можно сделать вывод о высокой эффективности от использования гидрометеорологической информации.

Деятельность гидрометслужбы не ограничена только предоставлением гидрометеорологической информации. Наряду с этим одной из наиболее важных задач является принятие мер, направленных на снижение ущерба от прогнозируемых ОЯ. В целях выполнения этих задач гидрометслужбой осуществляется работы по активным воздействиям (АВ) на гидрометеорологические процессы.

3. Активные воздействия на гидрометеорологические процессы и их эффективность

Применение АВ могут использоваться для:

1) защиты населения, железных дорог, автомагистралей и других важных объектов экономики от снежных лавин проводится предупредительный спуск снежных лавин. Этот процесс осуществляется путем профилактического спуска снега малыми дозами до накопления критической массы, необходимой для схода опасных объемов снежных лавин. (для этой цели противолавинная служба использует артиллерийские системы, а также специализированные противолавинные комплексы, пушки, пусковые установки и ручные противолавинные заряды);

2) рассеивания туманов на автомагистралях и в аэропортах проводятся опытные работы по АВ — для таких работ используются пиротехнические, азотные и пропановые генераторы льдообразующих частиц; также рассеивание туманов осуществляется путем электростатического осаждения капель тумана на сеточные электрофильтры;

3) защиты сельскохозяйственных растений от градобития военизированные службы (ВС) по АВ запускают в облака ракеты, которые в своем составе имеют кристаллизующий реагент.

Применение гидрометинформации в топливно-энергетическом комплексе

Используемая ГМИ	Хозяйственные решения	Неблагоприятные явления погоды			Социально-экономический эффект
		Перечень и критерии	Воздействия	Предупредительные мероприятия	
Фактическая Метеорологическая: -температура воздуха и атмосферное давление; -облачность и освещенность; -параметры ветра; -осадки, отложения гололеда. Гидрологическая: -температура воды; -уровень и расход воды; -волнение; -ледовые явления; -толщина льда и высота снежного покрова.	-Планирование снижения нагрузки в ясный день и повышение нагрузки в пасмурный день. -Заблаговременный ввод в действие дополнительных агрегатов в связи с ожидаемым ростом нагрузки. -Регулирование выработки электрической и тепловой энергии. -Эксплуатация ТЭЦ. -Оптимизация режимов работы ГЭС и каскадов. -Обслуживание ЛЭП и открытых распределительных устройств.	Ветер ≥30м/сек	Обрыв проводов, поломка опор. Запыленность и загазованность воздуха в карьерах. Перенос угольной пыли на значительные расстояния.	Прекращение работ на открытом воздухе и в карьерах. Персонал поднимается наверх.	1. Рациональное освоение новых перспективных территорий. 2. Обоснованное проектирование, строительство и эксплуатация объектов ТЭК. 3. Экономия капитальных и эксплуатационных затрат, трудовых ресурсов. 4.Оптимизация работы предприятий ТЭК, экономия топливно-энергетических ресурсов. 5. Сохранение природной среды. 6. Заблаговременное накопление резервных мощностей. 7. Сокращение относительных затрат на выработку электроэнергии. 8. Сокращение материальных потерь от воздействия на объекты ТЭК неблагоприятных и опасных явлений погоды. 9. Безопасность эксплуатации магистральных трубопроводов и других сооружений. 10. Предотвращение аварийных ситуаций по причине неблагоприятной погоды. 11. Оптимизация режимов работы ГЭС и каскадов. 12. Ускорение ликвидаций аварий на объектах ТЭК.
		Отложения гололеда на ЛЭП ≥20мм, мокрого снега или сложного отложения льда >35мм.	Снижение разрядных характеристик и повреждение изоляции. Потери электрической энергии. Обрыв проводов.	Проведение дополнительных объездов и осмотров воздушных ЛЭП.	
		Дождь ≥50мм/12час. Ливни >30мм/1час.	Образование дождевых паводков и подтопление подстанций находящихся в низкой местности. Повреждение оборудования.	Предотвращение аварийных ситуаций. Своевременное переключение режима выработки электроэнергии.	
Прогностическая Штормовые предупреждения. Специализированные краткосрочные прогнозы. Двух и трех суточные прогнозы погоды. Долгосрочные прогнозы. Гидрологический прогноз водного режима. Прогноз ледовой обстановки. Прогноз весеннего половодья.	-Разработка режимов работы энергосистемы. -Планирование расхода топлива и профилактического ремонта оборудования -Уточнение сроков и объемов поставок газа и мазута.	Продолжительные морозы (-30°С и ниже).	Деформация металлических конструкций или разрыв труб. Затруднение работ на открытом воздухе.	Все агрегаты ставятся под полную нагрузку. Прекращение работ на открытом воздухе.	
		Продолжительная жара (+30°С и выше)	Изменение натяжения проводов. Нагрев генераторов.	Охлаждение генераторов. Перевод части оборудования на ремонт.	
		Резкие изменения температуры воздуха (10°С в сутки и более).	Быстрое старение и разрушение (коррозия) материалов и конструкций.	Регулирование режима работы ТЭЦ при экономном расходовании топлива.	
		Грозы	Массовое отключение ЛЭП, трансформаторных подстанций, недоотпуск электроэнергии потребителям.	Использование молниеотводов и грозозащитной аппаратуры. Прекращение буровых работ, работ по восстановлению опор ЛЭП.	
Режимно-справочная Метеорологическая. Гидрологическая. Актинометрическая. Консультативный материал.	-Выбор параметров электростанций, ТЭС, ГЭС, ЛЭП, других сооружений и оборудования. -Выбор защитных конструкций -Определение начала и окончания отопительного периода.	Глубокое промерзание почвы.	Резкое изменение механических свойств почвы, вспучивание грунта и создание дополнительного напряжения на трубопроводы.	Предотвращение аварийных ситуаций. Надежная изоляция трубопроводов.	

Рис. 3. **Рост экономического эффекта от гидрометеорологической информации в период с 2011 по 2023 годы**

При искусственном регулировании осадков могут решаться следующие задачи:

- уменьшение негативных последствий от интенсивных дождей, а также создание благоприятных метеорологических условий в дни проведения праздничных мероприятий путем искусственного уменьшение осадков;
- предотвращение засух и лесных пожаров путем искусственного увеличения осадков.

Внесения реагентов в облака с целью увеличения или уменьшения осадков осуществляется с помощью самолетов, которые оборудуются соответствующими устройствами и приборами.

Далее более подробно рассмотрены вышеперечисленные технологии АВ, а также эффективность их применения с целью снижения ущерба от воздействия неблагоприятных погодных условий на экономику и социальную сферу.

3.1. Рассеивание туманов

Важное значение для авиации имеют работы по рассеянию туманов. Экспериментальные работы проводились в аэропортах Моздок, Алма-Ата, Кишинев, Шереметьево и Минеральные Воды с использованием различных генераторов льдообразующих частиц (пропановых, пиротехнических, азотных) и методом электростатического осаждения туманных капель на сеточные электрофильтры.

В большинстве случаев, благодаря проведенным работам, удалось увеличить такую метеорологическую величину, как дальность видимость, и тем самым обеспечить безопасные взлеты и посадки, что в свою очередь помогло избежать задержек авиарейсов. Экономисты аэропортов Шереметьево и Алма-Ата оценили, что предотвращенные потери превысили затраты на работы по рассеянию туманов более чем в 10 раз.

В настоящее время на территориях РФ и стран СНГ работы по рассеиванию туманов проводятся только по отдельным хоздоговорным проектам.

3.2. Предупредительный спуск снежных лавин

Площадь лавиноопасных территорий в РФ — 3077,8 тыс. км^2. Это около 18% от всей площади РФ. 829,4 тыс. км^2 территории являются потенциально лавиноопасными. Снежные лавины характеризуются короткой продолжительностью, внезапностью и большой разрушительной силой. Населенные пункты, горнолыжные курорты, объекты горнодобывающей промышленности объекты инфраструктуры, линейные объекты, участки, прилегающие к государственной границе, и другие не менее важные объекты и территории ежегодно подвергаются опасности от риска схода снежных лавин. Около 13% государственной границы РФ простирается в горах.

Противолавинная служба Росгидромета, включающая региональные противолавинные центры Камчатского, Среднесибирского, Сахалинского, Колымского и Забайкальского УГМС, СЦГМС ЧАМ и Северо-Кавказской ВС, занимается прогнозированием и предупреждением о лавинной опасности

в горных районах Камчатки, Сахалина, Колымы, Забайкалья, Бурятии, Хакасии, Тывы, Красноярского края, Краснополянского горного кластера и республик Северного Кавказа. Информация о лавинной опасности и штормовых предупреждениях передается региональным органам власти, юридическим и физическим лицам в соответствии с установленными регламентами и схемами передачи информации.

Прогнозы лавинной опасности и штормовые предупреждения о лавинной опасности, предоставляемые противолавинной службой, имеют высокий процент оправдываемости (более 90% за период с 2019 по 2023 годы), что свидетельствует об эффективности ее работы.

Противолавинная служба также осуществляет работы по предупредительному спуску снежных лавин с использованием средств АВ, как правило из специальных артиллерийских установок. АВ на снеголавинные процессы являются финальным этапом комплекса противолавинных работ.

Перед непосредственным воздействием специалистами противолавинной службы проводится обследование лавиноопасных территорий, после чего принимается решение о проведении работ по предупредительному спуску снежных лавин.

За период с 2018 по 2022 гг. противолавинной службой Росгидромета было принудительно спущено 1201 лавина [5].

Ежегодно осуществляется инспекция противолавинных центров, а также анализ и контроль эффективности их деятельности.

3.3. Защита сельскохозяйственных растений от градобития

Не менее половины сельскохозяйственных угодий РФ находятся в зоне рискованного земледелия. Одним из главных негативных факторов для таких угодий является такое явление как град, которое чаще всего сопровождается паводками и шквалами.

Затраты на ликвидацию последствий стихийных природных явлений увеличиваются ежегодно, достигая сотен миллиардов рублей, что негативно сказывается на социально-экономическом развитии страны. Градобития преимущественно отмечаются в южных регионах РФ, где они ежегодно уничтожают существенную часть урожая.

На Северном Кавказе ежегодно уничтожается от 5 до 7% урожая, а в некоторые годы этот процент достигает 14%. Каждый год погибает в среднем 142 тысячи гектаров сельхозугодий. Это приводит к прямым потерям агропромышленной продукции, которые составляют более 8 млрд рублей в год. В этих расчетах не учитывается стоимость продукции после переработки, затраты на восстановление поврежденных насаждений, а также ущерб, нанесенный флоре, фауне, постройкам, автомобилям и коммуникациям. Такой же ущерб наносят сопровождающие градобития, шквалы, смерчи, интенсивные грозы и ливневые паводки. Они разрушают линии электро-, газо-, водоснабжения и другие коммуникации, вызывают подтопление населенных пунктов, эрозию почвы и человеческие жертвы.

В РФ защита сельскохозяйственных растений проводится на территориях Краснодарского и Ставропольского краёв, Кабардино-Балкарии, Карачаево-Черкессии, Северной Осетии-Алании, а также на территории Адыгеи на суммарной площади около 2,6 млн га, из которой 1,97 млн га составляет культивируемая территория. Защита осуществляется Краснодарской ВС, Северо-Кавказской ВС и Ставропольской ВС.

На защищаемой территории в 2023 году в результате градобитий погибло 8,61 тыс. га сельскохозяйственных растений (до организации противоградовой защиты на этой же территории ежегодно от градобитий погибало около 100 тыс. га сельскохозяйственных растений) [3,4].

На территории, защищаемой от градобитий произрастает примерно 90% стратегически важных для экономики РФ сельскохозяйственных культур, которые являются ключевыми для агропромышленного комплекса страны.

Экономический эффект от противоградовой защиты ежегодно увеличивается. В 2019 г. он составил 3,09 млрд рублей, а к 2023 г. достиг 7,8 млрд рублей. За последние 5 лет экономический эффект от противоградовой защиты, осуществляемой вышеуказанными ВС, составил около 22,92 млрд рублей.

Одновременно с этим средняя эффективность противоградовой защиты также увеличивается: в 2019 г. — 91%, в 2020 г. — 77,8%, в 2021 г. — 97,1%, в 2022 г. — 97,9%, в 2023 г. — 93,9% (*рис. 4*).

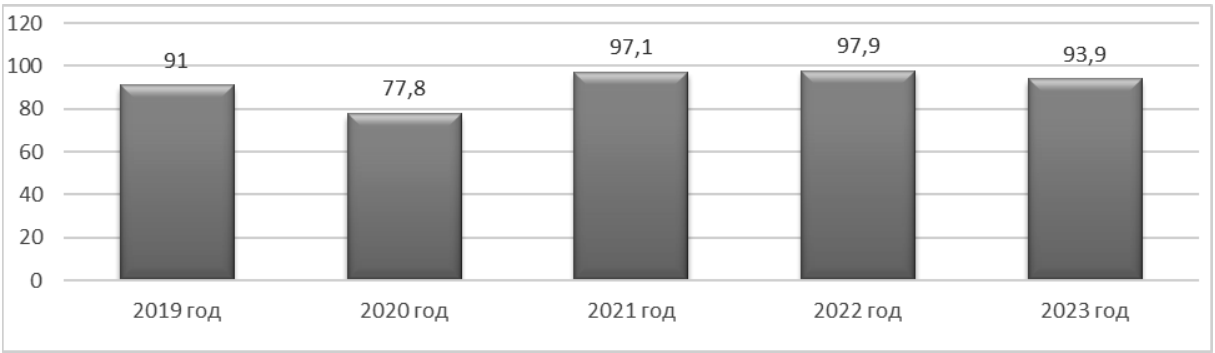


Рис. 4. **Средняя физическая эффективность противоградовой защиты**

Влияние на показатель в 2020 году оказали карантинные мероприятия, проводимые для предотвращения распространения COVID-19, что привело к перебоям в поставках противоградовых ракет и их дефициту на пунктах воздействия.

Указанные выше данные подтверждают эффективность противоградовой защиты, обеспечиваемой ВС.

3.4. Работы по искусственному регулированию атмосферных осадков

Дефицит пресной воды в некоторых регионах РФ с недостаточным естественным увлажнением приводит к существенным потерям в сельскохозяйственном производстве и других отраслях народного хозяйства. Недостаток влаги способствует росту количества и площади пожаров, а также продолжительности пожароопасных сезонов.

Практически ежегодно на разных территориях РФ отмечаются засухи. Самыми засушливыми специалисты называют 1891, 1911, 1921, 1931, 1936, 1946, 1954, 1957, 1967, 1971 и 2010 годы.

По данным Минсельхоза, ущерб РФ от засухи в 2010 году оценен в 41,6 млрд руб.

Согласно статистике на территории РФ ежегодно происходит 10—35 тыс. лесных пожаров, охватывающих площади от 500 тыс. до 5,5 млн га, большая часть которых приходится на районы Сибири и Дальнего Востока. По данным Рослесхоза ущерб от лесных пожаров ежегодно составляет около 20 млрд руб., из них от 3 до 7 млрд — ущерб лесному хозяйству (потери древесины). Остальные потери — расходы на тушение и последующую расчистку горелых площадей, ущерб от гибели животных, загрязнения продуктами горения, затраты на восстановление леса и т.д. [6].

Существует различные методы для целей пополнения водных ресурсов, среди которых метод искусственного увеличения атмосферных осадков. В результате многолетних исследований и экспериментов НИИ Росгидромета были разработаны эффективные методы и технологии искусственного увеличения осадков из разных форм облаков, а также технические средства необходимые для их реализации. Экспериментами было доказано, что благодаря искусственному воздействию на облака наблюдается существенный прирост количества выпавших атмосферных осадков, а это в свою очередь влияет на продуктивность сельскохозяйственного производства, улучшение режима водопользования, пожароопасною обстановку в лесах и др. отрасли экономики.

Так, в 2020 г. специалистами Центральной аэрологической обсерватории (ФГБУ «ЦАО») были проведены экспериментально-производственные работы по искусственному увеличению осадков в Ставропольском крае и в Республике Крым в целях борьбы с засухой и интересах сельского хозяйства. В районах проведения этих работ наблюдался прирост количества осадков. В 2022—2024 гг. работы были проведены для снижения класса пожарной опасности и увлажнения территорий в центральной части Республики Саха (Якутия). В результате выполненных авиационных работ на опытной территории были увеличены атмосферные осадки в местах вероятного 3—5 классов пожароопасности, что способствовало улучшению пожароопасной обстановке.

Также специалисты ЦАО осуществляют научно-методическое сопровождение работ по искусственному регулированию атмосферных осадков с целью улучшения погодных условий в Москве во время проведения праздничных мероприятий. Эффективность проведенных работ проявлялась в предотвращении или ослаблении осадков [3].

Заключение

Воздействия, связанные с экстремальными погодными явлениями, такие как засухи, паводки, природные пожары, причиняют ущерб экономике и населению РФ.

На территории нашей страны наблюдается ежегодные рост ОЯ, при этом растет экономический эффект от применения гидрометеорологической информации, что позволяет сделать вывод о высокой значимости деятельности гидрометслужбы.

Подразделения гидрометслужбы также осуществляет работы по АВ, включающие: предупредительный спуск снежных лавин; рассеивания туманов; защита сельскохозяйственных растений от градобития; искусственное регулирование осадков (уменьшение или увеличение в зависимости от целей).

Экономисты аэропортов Шереметьево и Алма-Ата оценили, что предотвращенные потери превысили затраты на работы по рассеянию туманов более чем в 10 раз.

Прогнозы лавинной опасности и штормовые предупреждения о лавинной опасности, предоставляемые противолавинной службой, имеют высокий процент оправдываемости (более 90% за период с 2019 по 2023 годы), что свидетельствует об эффективности ее работы.

Экономический эффект от противоградовой защиты ежегодно увеличивается. В 2019 г. он составил 3,09 млрд руб., а к 2023 г. достиг 7,8 млрд рублей.

Проведенные работы по искусственному увеличению осадков в Ставропольском крае в Республике Крым в целях борьбы с засухой, и в Республике Саха (Якутия) в целях снижения класса пожарной опасности и увлажнения территорий показали свою высокую эффективность.

Литература

1. Доклад о научно-методических основах для разработки стратегий адаптации к изменениям климата в Российской Федерации (в области компетенции Росгидромета). — Санкт-Петербург; Саратов: Амирит, 2020. — 120 с

2. *Грибановская С. В., Курочкина А. А., Панова А. Ю.* Экономика гидрометобеспечения: Учебное пособие. — СПб.: РГГМУ, 2020. — 148 с.
3. Итоговый доклад «О деятельности Росгидромета в 2023 году и задачах на 2024 год». URL: https://www.meteorf.gov.ru/about/coordination/377/final/#DATE_FROM=01.01.2024&DATE_TO=31.12.2024&PAGEN_1=1&ID=377.
4. Обзор деятельности Росгидромета за 2023 год. URL: https://www.meteorf.gov.ru/upload/iblock/68b/%D0%A4%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D0%BB%202023%20obzor_%D1%81%D0%B0%D0%B9%D1%82.pdf.
5. Отчет по плану мероприятий реализации Стратегии деятельности в области гидрометеорологии и смежных с ней областях на период до 2030 года. URL: http://global-climate-change.ru/index.php/ru/oficial-documents/strategiya.
6. *Панкин К. Е.* Совершенствование мероприятий по борьбе с лесными низовыми пожарами в лесостепной и степной зонах Поволжья: диссертация д.с.-х.н.: 06.03.03. — Саратов: Вавиловский университет, 2022. — 387 с.

Сведения об авторах:

Верятин Валерий Юрьевич, к.г.н., главный технолог ФГБУ «НИЦ «Планета», Москва; e-mail: veryatin@planet.iitp.ru.

Данелян Баграт Григорьевич, к.ф.-м.н., начальник Центра физики облаков и активных воздействий ФГБУ «ЦАО», Московская область, г. Долгопрудный; e-mail: bagratd@mail.ru.

Осетров Александр Викторович, ведущий инженер-метеоролог Центра физики облаков и активных воздействий «ЦАО»; e-mail: alexandr-lexo702@mail.ru.

Короткие сообщения

Съезд метеорологов и гидрологов

29 октября в Санкт-Петербурге в Конгрессно-выставочном центре «ЭкспоФорум» состоялось открытие VIII Всероссийского объединённого метеорологического и гидрологического съезда, приуроченного к 190-летию основания гидрометеорологической службы России. Тема Съезда — «Воздух, вода и устойчивое развитие».

В этом году специалисты сразу двух отраслевых направлений — гидрологии и метеорологии — впервые собрались на одной площадке, чтобы обсудить целесообразность разработки новой стратегии деятельности гидрометеорологии и смежных областей.

Как заявил в ходе торжественного открытия Съезда зампредседателя Правительства Дмитрий Патрушев: «Росгидромет как основное координирующее ведомство в своей сфере входит в пятёрку лучших служб мира. Тем не менее следует продолжать работу по всем основным направлениям. В частности, сейчас реализуется Стратегия деятельности в области гидрометеорологии до 2030 года. Однако, учитывая новые задачи, поставленные Президентом, считаю, что надо заблаговременно подумать об актуализации документа в горизонте планирования до 2036 года». По словам вице-премьера, прежде всего необходимо повышать качество прогнозов и в том числе наращивать оперативность предупреждения ЧС. Для этого нужна дальнейшая модернизация государственной наблюдательной сети, которая является главным источником информации.

Говоря о стратегических задачах, вице-премьер напомнил, что в соответствии с указом Президента о национальных целях развития в городах с самым высоким уровнем загрязнения атмосферы объём вредных выбросов должен быть снижен вдвое. В 12 городах, которые стали первыми участниками федерального проекта «Чистый воздух» в рамках нацпроекта «Экология», полностью модернизирована мониторинговая сеть. В будущем система комплексного мониторинга загрязнения воздуха должна охватывать всю территорию нашей страны.

Дмитрий Патрушев рассказал о работе, организованной в Арктике и Антарктике, сообщил, что обновление научно-исследовательского флота обязательно будет продолжаться. Как отметил зампред Правительства, одним из наиболее важных направлений работы гидрометслужбы является анализ и прогнозирование климатических процессов. В России создаётся система мониторинга климатически активных веществ в атмосфере. Её полноценный запуск ожидается к 2030 году. «Перед вами стоят очень серьёзные задачи. Со своей стороны стараемся делать всё возможное для улучшения условий работы специалистов. Это касается не только материально-технической базы, но и оплаты труда. По поручению Президента на повышение уровня зарплат работников Росгидромета в ближайшие годы будет дополнительно направлено 24 млрд рублей», — подвёл итоги Дмитрий Патрушев.

В ходе торжественного открытия Съезда с приветственным словом выступили: министр природных ресурсов и экологии РФ Александр Козлов и губернатор Санкт-Петербурга Александр Беглов. С докладами на пленарном заседании Съезда выступили руководитель Росгидромета Игорь Шумаков, глава Росводресурсов Дмитрий Кириллов, замруководителя Росгидромета Владимир Соколов и др.

Съезд продлился 3 дня, число участников превысило 1000 человек, это представители центрального аппарата Росгидромета, его территориальных органов и подведомственных учреждений, институтов РАН и МЧС, организаций водохозяйственного комплекса страны, образовательных учреждений, Российского гидрометеорологического общества. В рамках работы съезда состоялась международная выставка «Погода. Климат. Вода/Дистанционное зондирование Земли/Зеленая экономика». Выставочная экспозиция Росгидромета, состоящая из 9 тематических стендов, посвящена деятельности службы и её достижениям за последние годы. Также в работе съезда приняли участие 30 представителей зарубежных гидрометслужб и международных организаций, включая руководство ВМО. В ходе торжественной церемонии закрытия были награждены победители учрежденного Росгидрометом Всероссийского конкурса «Гидрометеорология в современном мире» на лучшую научную работу среди студентов высших учебных заведений России и Беларуси.

Закрывая съезд, Игорь Шумаков сказал: «Благодарю всех, кто принимал участие в дискуссиях. Нам предстоит большая работа по анализу и обобщению поступивших предложений, которые здесь прозвучали. Будет сформирована рабочая группа, которая проведет глубокий анализ всех материалов и завершит разработку проекта решения съезда. Как здесь отмечалось, целесообразна разработка стратегии деятельности в области гидрометеорологии и смежных с ней областях на период до 2036 года. Первым шагом к этому было проведение тех дискуссий, которые прошли в рамках съезда. Думаю, что нам нужно возобновить традицию регулярно проводить мероприятия подобного рода».

НИА-Природа

EDN XZPHBU

УДК 504.064.36

Динамика изменений основных климатообразующих факторов на территории Московской области

С. С. Воронич[1], к.т.н., А. Г. Хлопаев[2], Д. А. Зайцев[2], Д. Р. Буздаков[2], Н. С. Воронич[2]
[1]ГКУ МО «Мособлэкомониторинг»
[2]ФГБОУ ВО «Российский биотехнологический университет»

Статья посвящена изучению динамики изменений климатообразующих факторов на территории Московской области за период 1960–2023 гг. Исследование акцентируется на анализе термического режима, осадков, радиационного фона и связанных экологических последствий. Обнаружено, что за последние 30 лет среднегодовая температура воздуха увеличилась на 1,5°С. Осадки также продемонстрировали тенденцию к увеличению, хотя их пространственно-временная изменчивость остается высокой. Исследование радиационной обстановки выявило стабильные уровни радиационного фона, соответствующие гигиеническим нормативам. Основным источником дозообразования остаются природные изотопы, в то время как техногенные источники вносят незначительный вклад. Анализ основывался на данных 13 метеостанций и 3 постов, а также публикациях и архивных материалах. Результаты подчеркивают важность мониторинга климатических изменений для прогнозирования их влияния на экосистемы и принятия решений в области экологии и природопользования.

Ключевые слова: изменение климата, Московская область, радиационный режим, температура, атмосферные осадки, режим ветров

Введение

Изменение климата представляет собой глобальную проблему. Его локальные проявления становятся всё более ощутимыми в различных регионах, включая Московскую область. В последние годы для этого региона отмечается наличие проблем, связанных с повышением среднегодовой температуры, изменением структуры осадков, усилением экстремальных погодных явлений и деградацией экосистем. Исследования показывают, что последствия изменения климата уже проявляются в увеличении числа аномально жарких дней и снижении уровня поверхностных вод, что безусловно связано с экологическими проблемами Московского региона [1–3].

Содержательная часть

Согласно общепринятым подходам, выявление региональной динамики изменения климата должно базироваться на глубоком анализе длительных временных рядов по данным максимально возможного количества метеостанций и на сравнении с фоном глобальных климатических изменений. Для интерпретаций также могут представлять интерес сопоставление изменений климатических показателей с циркуляцией атмосферы, солнечной и вулканической активностью и другими циклическими характеристиками, влияющими на режимы температуры воздуха и осадков.

Анализ динамики изменений основных климатообразующих факторов на территории Московской области проводился за период 1960–2023 гг. Для этого авторами использовались официальные данные Центрального УГМС Росгидромета, архивы погоды, климатические справочники, а также опубликованные материалы научных исследований, освещавших проблему изменения климата в Московской области.

Наблюдательная сеть Центрального УГМС состоит из 13 метеостанций и 3 метеопостов, местоположение которых представлено в *табл. 1* [1, 4, 5].

Радиационный режим. Радиационный мониторинг на территории МО проводится Центральным УГМС Росгидромета, Центром гигиены и эпидемиологии в Московской области Роспотребнадзора, ветеринарными лабораториями в рамках своих полномочий по контролю за показателями радиационной безопасности и Минэкологии Московской области в рамках подпрограммы «Радиационная безопасность Московской области» Госпрограммы Московской области «Экология и окружающая среда Подмосковья на 2017–2026 годы».

В системе радиационного мониторинга на территории области действуют пункты наблюдения по измерению мощности амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения (ежедневно) — 17 шт., пункты по отбору проб радиоактивных атмосферных выпадений с помощью марлевых планшетов (экспозиция проб — одни сутки), пункт по отбору проб радиоактивных атмосферных аэрозолей с помощью ВФУ на фильтр ФПП-15–1,5 с экспозицией пять суток, пункты по отбору проб поверхностных вод для анализа на содержание 90Sr (Бабьегородская плотина, Звенигород, Южный порт, р. Москва).

По результатам радиационно-гигиенической паспортизации, проведенной в 2022 году, показатели радиационной обстановки на территории Московской области оставались стабильными и не превышали допустимых нормативов. Сохраняется средний диапазон значений естественного радиационного фона на территории области, который составлял 0,10–0,15 мкЗв/ч.

Ведущими факторами дозообразования для населения области являются природные источники — 74,55% и медицинское облучение — 25,26%, суммарный вклад которых составляет 99,81%. При этом по сравнению с предыдущим годом наблюдается незначительное колебание показателя вклада медицинского облучения в общее дозообразование населения.

По данным Управления Роспотребнадзора по Московской области, коллективная доза населения

Таблица 1

Характеристика местоположения метеостанций и постов Московской области

№	Станция	Адрес
	Метеостанции	
1	Ново-Иерусалим	143550, Истринский р-н, с. Лучинское, ул. Центральная, д. 31
2	Клин	141601, г. Клин, ул. Дурыманова, д. 26а
3	Дмитров	141800, г. Дмитров, ул. Внуковская, д. 57
4	Волоколамск	43600, г. Волоколамск, Тенистый пер., д. 3
5	Можайск	143204, г. Можайск, ул. Стрелковая, д. 10
6	Наро-Фоминск	143310, г. Наро-Фоминск, ул. Ноябрьская
7	Серпухов	142205, Серпуховский р-н, восточнее г. Серпухова
8	Коломна	140483, Коломенский р-н, пос. Радужный, Песковское ш.
9	Черусти	140742, Шатурский р-н, п. Черусти, Переездный пер., д. 2
10	Павловский Посад	142530, г. Павловский Посад, Мишутинское ш., д. 13
11	Немчиновка	143026, Одинцовский р-н, р/п Новоивановское, ул. Калинина, д. 1
12	Кашира	142900, г. Кашира, ул. Стрелецкая, 67
13	Подмосковная	143033, Одинцовский р-н, п/о Горки-2, д. Большое Сареево
	Метеопосты	
1	Солнечногорск	Солнечногорский р-н, п. Смирновка, ЗАО “Солнечное”
2	Зарайск	Зарайский район, д. Мендюкино, сельхозтехника
3	Загорск	г. Сергиев Посад, Новоугличское ш.

при проведении медицинских процедур составила 6396,71 чел-Зв/год, средняя индивидуальная доза населения составила 0,52 мЗв/ процедуру. На долю всех остальных источников, в том числе облучение за счет техногенно-измененного радиационного фона, приходится 0,19% годовой дозы.

Наибольший вклад в годовую дозу облучения населения от природных источников ионизирующего излучения вносят природные изотопы радона и его короткоживущие дочерние продукты, содержащиеся в воздухе жилых и общественных зданий, а также природных радионуклидов, содержащихся в строительных материалах и окружающей среде.

Показатели радиационной обстановки по другим природным источникам (внешнему облучению, почве, продуктам питания) на протяжении ряда лет находятся на стабильном уровне.

По данным Росгидромета и Роспотребнадзора уровни содержания радионуклидов в почвах области не представляют опасности для получения качественной сельскохозяйственной продукции. Среднее содержание цезия-137 в почве составило 3,9 кБк/м^2. Среднегодовое значение суммарной бета-активности радиоактивных выпадений в 2022 году составило 1,2 Бк/м^2 в сутки. Максимальные суточные выпадения были зареги-стрированы в августе и составили 11,5 Бк/м^2 в сутки, что не превышало расчетных уровней.

Среднегодовая объемная суммарная бета-активность аэрозолей составила 13,1х10^{-5} Бк/мз. Максимальная среднемесячная объемная суммарная бета-активность аэрозолей наблюдалась в марте и составила 42,8х10^{-5} Бк/мз, что ниже расчетных уровней. Среднегодовая объемная активность цезия-137 в приземном слое атмосферы составила 2,474 Бк (или 0,1097х10^{-5} Бк/мз). Из естественных радионуклидов в составе глобального фона Московского региона определялись берилий-7, калий-40 и натрий-22, среднегодовая объемная активность которых от года к году меняется в пределах одного порядка величины, но не превышает гигиенических нормативов.

Радиохимический анализ проб воды из поверхностных водоемов, которые расположены на территории области и являются источниками питьевого водоснабжения, показал, что в целом средние показатели суммарной альфа- и бета-активности также не превышают установленных санитарно-гигиенических нормативов.

По данным радиационно-гигиенической паспортизации за 2022 год, на территории области действует 1630 организаций, использующих в своей деятельности источники ионизирующего излучения, в том числе организации Госкорпорации «Росатом», которые эксплуатируют особо радиационные опасные и ядерноопасные производства, включенные в федеральный перечень ядерных и радиационных опасных объектов. Общее количество источников ионизирующего излучения, которые эксплуатируются на данных предприятиях, составляет 6245.

В Московской области в 2022 г. не было зарегистрировано чрезвычайных ситуаций радиационного характера, а также случаев влияния радиационоопасных объектов на экологическую обстановку [1—3,6].

Температурный режим. Изменения термического режима и количества осадков принято оценивать исходя из средних значений 30-летнего периода. При оценке долгопериодных изменений климата используется период 1961—1990 гг., рекомендованный ВМО в качестве базовой климатической нормы. Начиная с 2020 г. ВМО рекомендовало метеорологическим организациям и при принятии хозяйственных решений использовать новые климатические нормы за период 1991—2020 г., а также пересматривать их каждые 10 лет из-за нарастающего процесса глобального изменения климата. В Московской области новые климатические нормы периода 1991—2020 гг. введены Росгидрометом и применяются с 1 июля 2022 г.

Таблица 2

Среднегодовые температуры (°С) за период 1960–2023 гг.

Станция	*Период наблюдения*					*Климатическая норма*
	1960–1980	*1980–1990*	*1990–2000*	*2000–2010*	*2010–2023*	
Волоколамск	3,8	7,5	7,7	8,3	5,7	5,4
Кашира	4,0	7,0	7,5	8,3	6,5	5,8
Клин	3,8	7,2	7,2	7,9	5,9	5,4
Коломна	4,3	7,7	7,6	8,4	6,3	6,0
Дмитров	3,8	7,0	7,0	7,7	5,9	5,5
Можайск	4,0	6,9	7,0	7,6	6,0	5,6
Наро-Фоминск	3,8	7,0	7,0	7,9	6,1	5,5
Немчиновка	4,2	7,1	7,1	7,8	6,7	6,0
Ново- Иерусалим	3,7	7,2	7,2	7,9	6,0	5,3
Павловский Посад	4,1	7,3	7,2	8,0	6,3	5,7
Подмосковная	3,9	7,3	7,2	8,0	6,2	5,6
Серпухов	4,4	7,4	7,4	8,1	6,3	6,0
Черусти	4,0	7,2	7,1	7,9	5,5	5,2

Авторами проведен анализ данных по температуре на станциях Московской области, отображенный в *табл. 2* [1,4,5].

Как видно из обобщенных денных, по всем метеостанциям наблюдается тенденция к росту среднегодовых температур относительно климатической нормы: за последние 30 лет рост температуры в среднем по станциям в МО составил 1,5°С.

Режим атмосферных осадков. Обобщённые данные по количеству выпадения осадков на станциях Московской области представлен в *табл. 3* [1,4,5].

Как видно из обобщенных денных, по всем метеостанциям наблюдается тенденция к росту количества среднегодовых осадков относительно климатической нормы.

Режим ветров. Межгодовая климатическая норма скорости ветров по всем метеостанциям МО отсутствует. Обобщённые данные по скорости ветра представлены в *табл. 4* [1,4,5].

Выводы

Таким образом, одной из наиболее актуальных проблем развития мирового сообщества в XXI веке является глобальное изменение климата и его разноплановые преимущественно негативные экологические и социально-экономические последствия.

Изменение температурного режима на территории Московской области выражается в увеличении среднегодовых температур воздуха в последние 30 лет на 1,5°С. Повышение температуры воздуха наблюдается во всех районах области (по результатам анализа данных на метеостанциях), но отличается по интенсивности прироста. Исходя из тенденций повышения температуры за последние 30 лет средняя скорость прироста среднегодовых температур составляет 0,5°С/10 лет и по районам изменяется в пределах 0,4–0,7°С/10 лет. Максимальные среднегодовые отклонения температуры воздуха от нормы характерны для Волоколамского г.о. (метеостанция «Волоколамск»), минимальные для Одинцовского г.о. (метеостанция «Немчиновка»). В целом отклонения среднегодовой температуры от нормы имеют тенденцию постепенного нарастания с северо-западного направления на север, юг и юго-восток региона, что согласуется с направлениями перемещения основных потоков воздушных масс, формирующих погоду на территории Московской области.

Таблица 3

Среднегодовое количество осадков (мм) за период 1960–2023 гг.

Станция	*Период наблюдения*					*Климатическая норма*
	1960–1980	*1980–1990*	*1990–2000*	*2000–2010*	*2010–2023*	
Волоколамск	622	792	741	759	765	665
Кашира	560	721	695	713	1165	601
Клин	637	823	763	768	1322	679
Коломна	561	710	692	703	959	590
Дмитров	630	809	744	745	1062	650
Можайск	611	802	752	774	808	657
Наро-Фоминск	632	777	730	760	1272	649
Немчиновка	594	765	725	753	961	-
Ново- Иерусалим	616	790	745	765	1221	611
Павловский Посад	583	741	703	714	1241	658
Подмосковная	598	774	727	741	977	-
Серпухов	621	745	707	732	982	600
Черусти	620	723	688	699	984	614

Таблица 4

Среднегодовые скорости ветра (м/с) за период 1960–2023 гг.

Станция	*Период наблюдения*				
	1960–1980	*1980–1990*	*1990–2000*	*2000–2010*	*2010–2023*
Волоколамск	3,4	3,4	3,4	3,3	2,3
Кашира	4,5	3,4	3,4	3,3	2,5
Клин	3,6	3,4	3,4	3,3	1,7
Коломна	3,1	3,4	3,4	3,3	1,6
Дмитров	3,5	3,4	3,4	3,3	2,2
Можайск	3,5	3,4	3,4	3,3	2,2
Наро-Фоминск	2,8	3,4	3,4	3,3	2,3
Немчиновка	3,5	3,4	3,4	3,3	2,0
Ново-Иерусалим	2,8	3,4	3,4	3,3	2,1
Павловский Посад	3,3	3,3	3,4	3,3	2,1
Подмосковная	2,7	3,4	3,4	3,3	2,0
Серпухов	3,4	3,4	3,4	3,3	2,4
Черусти	3,	13,3	3,3	3,2	1,8

Изменение солнечной радиации в целом находится на уровне ее естественной изменчивости, что не пересекается с исследованиями в других регионах страны.

Осадки более неоднородны во времени и в пространстве, однако, в целом на фоне повышения температуры воздуха они также подвергаются изменениям. Наиболее вероятными причинами изменений режима осадков являются как повышение температуры воздуха, о чём свидетельствуют обратные корреляционные связи между этими показателями, так и особенности местных циркуляций.

Изменения в режимах основных климатических параметров приводят к изменению гидрологического режима рек, в силу увеличения объема осадков, сокращается период ледостава, местами увеличивается количество неблагоприятных погодных явлений (увеличение суточных максимумов осадков на фоне сокращения среднемесячных норм, увеличение продолжительности с засухой и жарой, рост годовых температур).

Литература

1. *Роева Н. Н., Воронич С. С., Доос К. М., Хлопаев А. Г., Зайцева И. А.* Экологические проблемы и климатические особенности и изменения в Московской области: анализ, прогноз и практические рекомендации. — М.: Франтера, 2024.
2. *Роева Н. Н.* Безопасность продовольственного сырья и продуктов питания: Учебное пособие. — СПБ.: Троицкий мост, 2010. 256 с.
3. *Воронич С. С.* Мониторинг атмосферных загрязнений урбанизированных территорий. — М.: Наука, 2013. — 127 с.
4. Бюллетень загрязнения окружающей среды Московского региона за 2023 г. URL: http://ecomos. ru/Assorti/sostojanieZagrOSgod. pdf
5. Информационный сборник о состоянии окружающей природной среды Подмосковья в 2022 году. URL: https://mep. mosreg. ru/download/document/12181217
6. Экология и безопасность жизнедеятельности: учеб. пособие для вузов / Д. А. Кривошеин, Л. А. Муравей, Н. Н. Роева и др.; под ред. Л. А Муравья. — М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2000. — 447 с.

References

1. *Roeva N. N., Voronich S. S., Doos K. M., Hlopaev A. G., Zajceva I. A.* Jekologicheskie problemy i klimaticheskie osobennosti i izmenenija v Moskovskoj oblasti: analiz, prognoz i prakticheskie rekomendacii [Environmental problems and climatic features and changes in the Moscow region: analysis, forecast and practical recommendations]. — M.: Frantera, 2024.
2. *Roeva N. N.* Bezopasnost' prodoval'stvennogo syr'ya i produktov pitaniya. Uchebnoe posobie [Safety of food raw materials and food. Study guide.]. — SPB.: Troickij most, 2010. 256 s.
3. *Voronich S. S.* Monitoring atmosfernyh zagrjaznenij urbanizirovannyh territorij [Monitoring of atmospheric pollution in urban areas]. — M.: Nauka, 2013. 127 s.
4. Byulleten' zagryazneniya okruzhayushchey sredy Moskovskogo regiona za 2023 g. [Bulletin of environmental pollution of the Moscow region for 2023] [Elektronnyy resurs] // URL: http://ecomos. ru/Assorti/sostojanieZagrOSgod. pdf
5. Informatsionnyy sbornik o sostoyanii okruzhayushchey prirodnoy sredy Podmoskov'ya v 2022 godu [Information collection on the state of the natural environment of the Moscow region in 2022] [Elektronnyy resurs] // URL: https://mep. mosreg. ru/download/document/12181217
6. Ekologiya i bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti: Ucheb. posobiye dlya vuzov [Ecology and life safety: Proc. manual for universities]/ D. A. Krivoshein, L. A. Muravey, N. N. Royeva i dr.; Pod red. L. A Murav'ya. — M.: YUNITI-DANA, 2000. 447 s.

Сведения об авторах:

Воронич Сергей Сергеевич, к.т.н., ГКУ МО «Мособлэкомониторинг», руководитель аналитической лаборатории, г. Красногорск; e-mail: s-v80@mail. ru.

Хлопаев Александр Геннадьевич, ФГБОУ ВО «Российский биотехнологический университет», аспирант, Москва.

Зайцев Денис Андреевич, Российский биотехнологический университет, аспирант.

Буздаков Даниил Романович, Российский биотехнологический университет, аспирант.

Воронич Наталья Сергеевна, Российский биотехнологический университет, аспирант.

Рекреационные ресурсы и ООПТ

EDN YWVTGM

УДК 502.4

Социально-экономические вопросы развития ООПТ на основе продвижения экологического и иных видов туризма

А. В. Шевчук, д.э.н., проф.
СОПС ВАВТ Минэкономразвития России

В статье рассматриваются вопросы повышения вклада ООПТ в развитие туризма. Представлено общее состояние развития туризма в целом, в том числе на ООПТ. Приводится информация о развитии экологического туризма в странах СНГ (Белоруссия и Казахстан), а также в КНР. Дан анализ нормативно-правового поля в сфере экотуризма, включая реализацию национального проекта «Экология» и федеральных проектов. На основе исследований на базе НП «Смоленское Поозерье» разработана Методика оценки вклада ООПТ в социально-экономическое развитие региона. Приводятся расчеты на примере НП «Смоленское Поозерье», даются рекомендации по дальнейшему развитию экотуризма на ООПТ.

Ключевые слова: ООПТ, туризм, экологический туризм, СНГ, КНР, национальный проект, федеральный проект, Методики оценки, расчеты.

Развитие туризма, в том числе экологического

В последние годы все более возрастает роль как туристической отрасли в целом, так и экологического туризма, и туризма по иным направлениям на ООПТ в экономике многих стран.

По некоторым оценкам стоимость услуг, связанных с туризмом и путешествиями в мире, оценивается почти в $10 трлн. В некоторых странах доходы от туризма приближаются к 14% их ВВП. Так, во Франции они оцениваются в 8,5%, в Китае — в 11,3%, в Испании — в 14,3%. При этом, в связи с изменениями в потребительском поведении связанными с трендами на экосознание и восстановление экосистемы Человека и Природы, вклад именно экологического туризма весьма велик. Экотуризм, в том числе, посещение ООПТ приносят весьма ощутимые выгоды. По некоторым оценкам еще в 2015 г. стоимость экотуризма оценивалась в $600 млрд [1]. Сейчас эта величина значительно возросла. Связано это с формированием новой культуры путешествий по природным территориям: желанием людей больше свободного времени проводить на природе, посещать необычные и просто привлекательные и красивые природные территории, знакомиться с редкими природными объектами и животным миром не затронутых хозяйственной деятельностью территорий, а также развитием комфортной инфраструктуры для путешествий, транспортной доступности данных территорий. Кроме предоставления возможностей для отдыха и изучения природы, туризм на ООПТ может способствовать физическому, психическому и культурному благополучию человека и улучшению здоровья населения.

Стоимость медицинских услуг, предоставляемых на ООПТ посредством природного туризма, оценивается на уровне 8% от общего мирового ВНП в 2017 году [1]. Прямым следствием увеличения туристической деятельности на ООПТ стало рассмотрение экологического туризма в качестве важного инструмента реализации принципов устойчивого развития и сохранения биоразнообразия. Международный союз охраны природы связывает экотуризм на ООПТ с повышением эффективности управления охраняемыми природными территориями на принципах устойчивого развития, поскольку он создает финансовые условия и источники для охраны природы и биоразнообразия на таких территориях, а также предоставляет возможность реализации предпринимательских инициатив и создания новых

рабочих мест для местного населения в экономически не развитых и депрессивных регионах.

Вклад туризма в экономику России также в последние годы закономерно увеличивается и составляет сейчас около 4% ВВП страны [2]. Значительную часть этого вклада приходится на экотуризм и посещение людьми различных категорий ООПТ. Все российские ООПТ разного уровня, включая заповедники в части специально выделенных мест, туристских и экологических троп, являются важными туристскими направлениями, что подтверждается статистическими данными о росте количества посетителей таких территорий.

Однако реальное значение экотуризма в России до сих пор не оценено и не измерено в экономических показателях. Еще существует мнение, что ООПТ выводят из хозоборота значительные территории и создают большие проблемы местному населению и бизнесу из-за прямого запрета вести хозяйственную деятельность, и тем самым замедляют экономический рост и развитие регионов.

При этом оценки вклада ООПТ в социально-экономическое развитие регионов отсутствуют. Такое положение приводит к отсутствию понимания необходимости инвестиций в данное направление развития ООПТ и обоснованию их объемов как для отдельных территорий, так и для страны в целом. В том числе это является и фактором, тормозящим такое направление как международное сотрудничество национальных парков в продвижении трансграничного экологического, активного, оздоровительного, научного и познавательного туризма на природных территориях.

В этой связи, весьма актуально для развития туризма на ООПТ иметь методические документы, обеспечивающие необходимые расчеты по экономической оценке деятельности ООПТ и эффективности возможных инвестиций.

Основная часть

Поток туристов, посещающих ООПТ, во многом зависит именно от инфраструктурной обустроенности, отвечающей современным требованиям, и транспортной доступности таких территорий. Поэтому требуются инвестиции в мероприятия, предотвращающие и устраняющие негативные последствия для ООПТ от их массового посещения. Последнее обстоятельство сопряжено с необходимостью проведения исследований по оценке допустимой рекреационной ёмкости ООПТ и, соответственно, финансированию таких исследований.

Всего в России 295 федеральных ООПТ (108 государственных природных заповедников, 63 национальных парков, 60 федеральных заказников, 17 памятников природы, 47 дендрологических парков и ботанических садов) и почти 12 000 природных территорий регионального значения различных категорий (*табл. 1*). Доля площади ООПТ федерального, регионального и местного значения в общей площади территории страны, составляет 14,3 процентов [3].

Затраты на содержание ООПТ составили в 2023 г. более 18 млрд руб. (*рис. 1, см. вклейку*), в т.ч. 12457 млн руб. на ООПТ федерального значения и 5262 млн руб. на ООПТ регионального значения. Конечно, эти объемы несравнимы с суммой, выделенной на содержание нацпарков в США, поэтому перед ООПТ всегда стоит задача поиска внебюджетных средств [3].

Таблица 1

Количество особо охраняемых природных территорий по категориям [3]

Категория ООПТ	*Количество ООПТ (по состоянию на 2023 г.)*
ООПТ федерального, регионального и местного значения, в т.ч.:	11930
ООПТ федерального значения, из них:	297
государственные природные заповедники	107
национальные парки	70
государственные природные заказники	62
памятники природы	17
дендрологические парки и ботанические сады	41
ООПТ регионального и местного значения, в том числе:	11633
природные парки	121

Наиболее приемлемыми ООПТ для развития экологического и иных видов туризма, соответствующих данным территориям, являются национальные парки (НП). На федеральном уровне прорабатывались варианты стратегий развития экотуризма на ООПТ, однако большая часть документов не имела прикладного характера.

Согласно Концепции развития системы особо охраняемых природных территорий федерального значения на период до 2020 года, познавательный туризм на ООПТ это специализированный вид экотуризма, основной целью которого является ознакомление с природными и тесно связанными с природой культурными достопримечательностями. В Стратегии развития туризма в РФ на период до 2035 года уделяется существенное внимание вопросам развития экотуризма на ООПТ, расположенных в пределах всех федеральных округов [4, 5].

Во многих стратегических документах предусматриваются мероприятия в сфере туризма: закрепление и удержание достигнутых результатов; переориентация части потребительского спроса россиян на внутренний туризм; привлечение иностранных туристов; реализация стратегической роли туризма в духовном развитии, воспитании патриотизма и просвещении; обеспечение роста качества жизни населения.

В соответствии со стратегическими направлениями развития РФ, осуществляемыми Правительством

России на основании Указа Президента РФ от 7 мая 2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года», с 2019 г. в рамках национальных проектов и госпрограмм должны быть предусмотрены к реализации мероприятия по развитию инфраструктуры для экотуризма в нацпарках. В национальном проекте «Экология» отмечены направления по развитию экологического туризма, в том числе, выделен федеральный проект «Сохранение биологического разнообразия и развитие экологического туризма» [6].

Однако, существующие объемы финансирования ООПТ несравнимы с потенциалом российских природных территорий и значительно отстают от зарубежных аналогов. Например, США вкладывают из госбюджета в развитие нацпарков порядка $2,6 млрд, а получают обратно в разные бюджеты около $18 млрд, что на порядки выше доходов, которые формируют российские ООПТ [1]. В этой связи, необходимо и по российским нацпаркам выстраивать механизмы, дающие возможность развиваться этим территориям и в тоже время участвовать в социально-экономических программах регионов локации и страны в целом, принося косвенный доход в бюджеты.

На сегодня имеется целый ряд стратегических документов, проектов, которые направлены на развитие туризма в целом, в том числе экологического.

Можно отметить нацпроект «Туризм и индустрия гостеприимства», реализующий, согласно Указа Президента России от 21 июля 2020 г. «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года», национальную цель «Возможности для самореализации и развития талантов» [7].

В Указе Президента РФ от 7 мая 2024 г. № 309 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года» установлены целевые показатели и задачи, выполнение которых характеризует достижение национальной цели «Экологическое благополучие». В нацпроект включены направления по сохранению лесов и биоразнообразия, устойчивое развитие ООПТ и создание условий для экотуризма во всех нацпарках [8,9]. Федеральный проект «Сохранение биологического разнообразия и развитие экологического туризма», входящий в нацпроект, определяет меры по повышению эффективности госуправления в указанной сфере и сохранению природного и культурного наследия в ходе развития познавательного туризма, мероприятия и направления развития экотуризма в ООПТ. На реализацию данного федерального проекта в 2022 г. было выделено 1126,80 млн руб. [10]. Однако ООПТ, в первую очередь нацпарки, могут и должны окупать свою деятельность, в т.ч. за счет развития экологического туризма.

Длительное время правовое оформление экотуризма в России не соответствовало международной практике, поэтому требовался законопроект, позволяющий решать неотложные перспективы развития этой отрасли в стране. Единого нормативно-правового акта, регулирующего реализацию и развитие экотуризма в России до марта 2023 г. не существовало. Закон от 18 марта 2023 г. № 77-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» внес принципиальные изменения, направленные на развитие рекреационной деятельности, включая туризм, на ООПТ [11]. Согласно нормам закона отдых в нацпарках и заповедниках разрешено организовывать в пределах допустимой туристской нагрузки. Она рассчитывается отдельно для каждого такого объекта. Утверждать нагрузку будут федеральные органы власти, в чьем ведении находится территория. При этом, можно использовать только те объекты туристической инфраструктуры, которые оказывают минимально возможное негативное воздействие на окружающую среду. Правительство России, региональные и местные власти — в зависимости от статуса ООПТ — вправе определять особенности рекреационной деятельности, перечни некапитальных строений, объектов благоустройства.

Запрещено изменение площади, местоположения и границ заповедных зон. Строительство жилых домов на ООПТ также запрещается, но при этом можно создавать объекты для временного размещения посетителей, культурного просвещения, общественного питания и бытового обслуживания. Предусмотрено обязательное согласование плана рекреационной деятельности нацпарков с главой региона. Для нацпарков введен институт соглашений о рекреационной деятельности, а также система планирования развития и функционирования ООПТ на долгосрочную перспективу. Соглашения заключаются через торги на срок до 49 лет. В них предприниматели обязуются предупреждать причинение вреда окружающей среде и соблюдать предельно допустимую рекреационную нагрузку. Экономический эффект от рекреационных услуг, предоставляемых с использованием имеющейся на ООПТ туристской инфраструктуры, в первую очередь, ведет к пополнению региональных и муниципальных бюджетов и увеличению добавленной стоимости регионального туристского продукта. В этой связи, весьма актуальным становится задача определения вклада ООПТ в социально-экономическое развитие регионов.

По итогам послания Президента России Федеральному собранию 29 февраля 2024 г., Правительству было поручено обеспечить в 2025—2030 годах создание во всех нацпарках страны инфраструктуры для экотуризма (в т.ч. в целях возможности посещения таких парков детьми), включающей в себя площадки для отдыха, музеи, визит-центры, экотропы и туристские маршруты, предусмотрев выделение в 2025—2030 гг. на эти цели дополнительных бюджетных ассигнований федерального бюджета в размере не менее 30 млрд рублей [12]

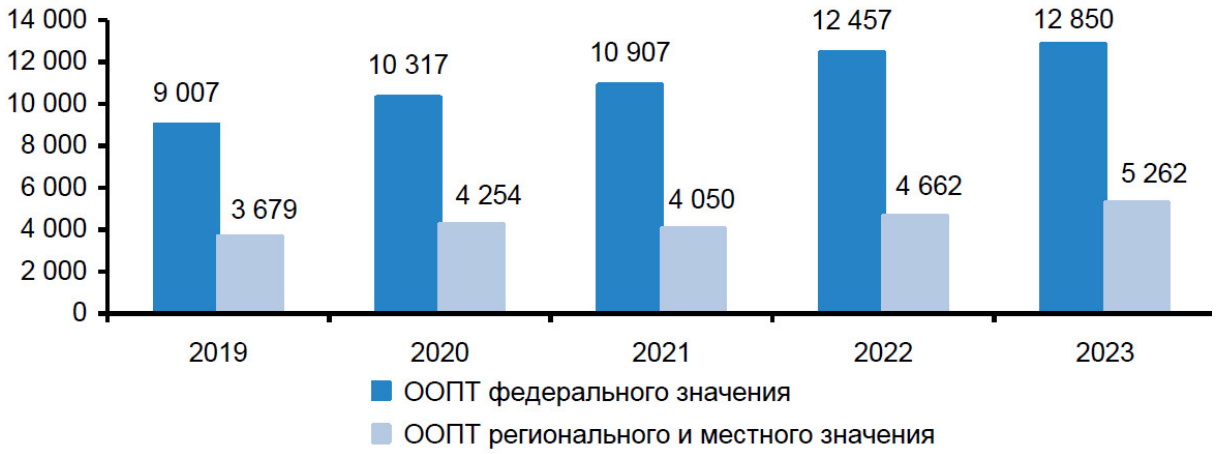


Рис. 1. **Затраты на содержание ООПТ**, млн руб. [3]

Рис. 2. **Китайские национальные парки** [20]

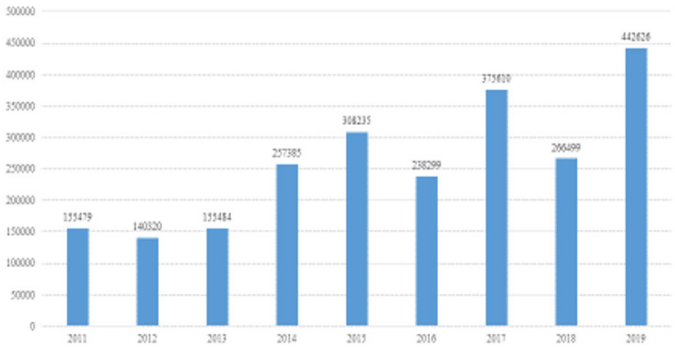


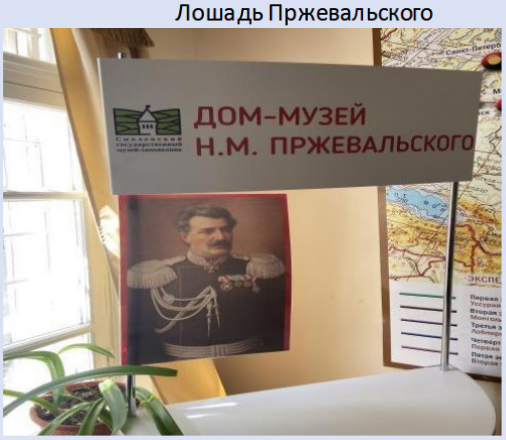
Рис. 3. **Инвестиции в охрану дикой природы Китая** [20]

У директора нацпарка Кочергина А.С.

На озере Чистик

Лошадь Пржевальского

Вид на озеро



В Доме-музее Н.М.Пржевальского

Создание музея старины

Рис. 4. **Полевые обследования в НП «Смоленское Поозерье»** [21]

На заседании Госсовета по проблеме развития туризма от 18 ноября 2024 г. было отмечено, что главными направлениями работ в сфере туризма являются:

- решение кадрового вопроса;
- развитие инфраструктуры и привлечение инвестиций;
- вопросы транспорта;
- развитие современных технологий в сфере туризма.

При этом, министр экономического развития России М. Решетников, сообщил о завершении работы над обновлённым нацпроектом «Туризм и гостеприимство». В нём выделяется пять федеральных проектов, два из которых направлены на развитие инфраструктуры и, прежде всего, на наращивание номерного фонда [13]. Для понимания направлений развития экотуризма, в т.ч. роли ООПТ в обеспечении этого сегмента туризма, полезен зарубежный опыт.

Развитие экотуризма в отдельных странах СНГ

В *Белоруссии* развитие экотуризма на ООПТ рассматривают как вклад в достижение Целей устойчивого развития. В Белоруссии площадь ООПТ превышает 1,8 млн га и продолжает увеличиваться. Ценность белорусских ООПТ имеет международное значение, что подтверждается их соответствующим статусом в рамках ЮНЕСКО, Рамсарской конвенции и других международных соглашений. ООПТ занимают 9% площади Беларуси. Именно эти территории, уникальные с точки зрения биологического и ландшафтного разнообразия, представляют наибольший интерес для развития экотуризма. Экотуризм, как перспективное направление заложено в Национальную стратегию развития системы особо охраняемых природных территорий до 1 января 2030 года, которая утверждена Правительством Белоруссии. Цели экотуризма на ООПТ — изучение природного и культурного наследия, получение положительных эмоций от общения с природой и ознакомления с культурными ценностями при отсутствии негативного воздействия на природные комплексы и объекты. Экотуризм рассматривается в республике инструментом для повышения уровня знаний о важности природного наследия и тем самым способствует сохранению естественных экосистем, обладает значительным потенциалом для устойчивого развития регионов, улучшения благосостояния местного населения, является одним из направлений зеленой экономики и таким образом вносит важный вклад в достижение Целей устойчивого развития [14]. Экотуризм — один из самых привлекательных и активно развиваемых вариантов отдыха в Белоруссии. В стране насчитывается 2319 агроусадеб, предлагающих туристам самобытный деревенский отдых. Можно привести следующие агроусадьбы: «Аколіца», «Сосновая роща», «Стары Млын» (Минская обл.), «Беловежское поместье» (Брестская обл.), туристическая деревня «Белые Луга» (Гродненская обл.) и др. [15].

Казахстан обладает значительным потенциалом для развития экотуризма. Десятки природных парков и заповедников включены в перечень территорий, охраняемых государством. В новом Экологическом кодексе РК предусмотрены обязательства, которые должны учитывать туроператоры при организации экскурсий в заповедные зоны. Туры должны тщательно планироваться, требуется использовать транспорт, наименее влияющий на природу, а также сведены к минимуму оставляемые твердые бытовые отходы. Общая площадь охраняемых природных территорий в Казахстане составляет 26 млн га. Среди заповедных зон особенно популярны и хорошо известны иностранным и отечественным туристам окрестности озера Алаколь, заповедник Аксу-Жабаглы, природный парк Бурабай, Катон-Карагайский нацпарк, Коргалжынский заповедник, горный массив Кызыларай [16,17].

Развитие экотуризма в национальных природных парках Казахстана осуществляется в рамках госпрограммы развития туристской отрасли на 2019—2025 годы. Минприроды РК был изучен международный опыт ряда стран (США, Андорры, Австралии и др.), где определены основные принципы развития экотуризма. В зарубежных странах применяется комплексный подход с обеспечением сохранности значимых природных объектов. На основе международного опыта был разработан мастер-план развития экотуризма в Иле-Алатауском государственном национальном природном парке, в основу которого была заложена американская модель работы нацпарков [18].

В Казахстане развитию экотуризма посвящена деятельность ряда частных организаций. Так, например, у фирмы «Авалона» имеется опыт работы в центральной части страны (Кызыларай, Кент, Улытау, Сарлык, Буйратау) и на Северном Тянь-Шане (Тургень, Кольсай). Работа в подобных проектах обычно заключается в сотрудничестве с местным населением (обучение хозяев гостевых домов, местных гидов и т.д.), развитию «мягкой» инфраструктуры на ООПТ (маркировка троп, установка наблюдательных пунктов, строительство горных приютов и т.д.), а также в комплексном продвижении создаваемого турпродукта, как правило, в сотрудничестве с компанией «Nomadic Travel Kazakhstan». Основные проекты в направлении экотуризма, осуществленные фирмой «Авалона»:

- внедрение устойчивых методов сохранения биоразнообразия и альтернативных видов деятельности для местного населения посредством развития экотуризма на примере государственного национального природного парка «Буйратау»;
- сохранение биоразнообразия в трансграничном регионе Северного Тянь-Шаня;

- развитие в Улытау экотуризма, основанного на местных сообществах;
- экотуризм в Центральном Казахстане: сохранение природных ресурсов ООПТ и создание экономических возможностей для сельских регионов;
- экотуризм и общественная осведомленность в Центральном Казахстане.

Развитие туризма на ООПТ в Китае

Значительную роль в развитии туризма в нацпарках может иметь международный туризм на основе сотрудничества российских и зарубежных ООПТ, в т.ч. со странами БРИКС. Так, в рамках «Соглашения между Правительством Российской Федерации и Правительством Китайской Народной Республики о сотрудничестве в области туризма» от 03.11.1993 г. [19], в первую очередь необходимо продолжить развивать достигнутые результаты, и следует разрабатывать новые варианты сотрудничества с КНР в сфере туризма, как одним из главных торговых партнеров России в новых геополитических условиях.

Создание системы собственно национальных парков в КНР было предложено в 2013 г. В КНР эквивалентом термина «национальный парк» является также «Район природных достопримечательностей». Статус нацпарка или района природных достопримечательностей присваивается Госсоветом КНР. За управление природными парками национального и провинциального уровня по всей стране отвечает Министерство жилья, городского и сельского строительства КНР.

Национальный природный заповедник. Согласно «Положению Китайской Народной Республики о природных заповедниках», национальными природными заповедниками являются территории, обеспечивающие особую охрану в соответствии с законом репрезентативных природных экосистем, естественные места сосредоточения редких и находящихся под угрозой исчезновения видов диких животных и растений, а также природные реликвии. По состоянию на конец 2021 г. в Китае насчитывается 474 национальных природных заповедника, таких как река Тайкуань в Шаньси, Цзэнфэнлин в провинции Цзилинь, река Силинь в Хэйлунцзяне, река Даша в Гуйчжоу и др. [20]

Национальный парк. Нацпарки создаются и управляются с одобрения государства с основной целью защиты крупных природных экосистем, репрезентативных на национальном уровне. На данный момент официально создано только 5 нацпарков (*рис. 2, см. вклейку*). Например, Национальный парк амурского тигра и леопарда расположен на обширной территории на стыке провинций Цзилинь и Хэйлунцзян. В парке обитает самое большое и единственное гнездящееся семейство диких популяций амурского тигра и леопарда в Китае.

Местные природные заповедники. Помимо национальных заповедников, в Китае также есть местные заповедники на уровне провинций, муниципалитетов и уездов для защиты уникальных местных экосистем, видов и природных ландшафтов. Нацпарки КНР стали важными базами естественного образования, а благодаря различным научно-популярным образовательным мероприятиям улучшилось понимание и осведомленность общественности в вопросах охраны природы. С увеличением количества туристов нагрузка на экологическую среду возрастает с каждым днем, и необходимо сбалансировать отношения между защитой окружающей среды и развитием туризма. Правительство КНР ставит задачу разрешения противоречия между защитой окружающей среды и развитием туризма. В целом растет и объем бюджетного финансирования мероприятий в области дикой природы (*рис. 3, см. вклейку*), хотя проблема нехватка финансирования природоохранной деятельности остается.

Представленный выше опыт развития экотуризма в Белоруссии, Казахстане и Китае показывает, что российские ООПТ могут также эффективно использовать природный потенциал территорий для привлечения российских и зарубежных туристов.

Разработка Методики оценки вклада ООПТ в социально-экономическое развитие региона

Развертывание в России достаточно амбициозных планов и федеральных проектов развития туризма, в том числе на ООПТ, требует практической работы с ООПТ, в первую очередь с национальными парками, на предмет их готовности к участию в подобных проектах, оценке перспективных планов их развития.

Для выполнения задачи по подготовке методических подходов оценки вклада ООПТ в развитие регионов при поддержке зампреда Комитета Госдумы по экологии, природным ресурсам и охране окружающей среды А. Н. Грешневикова и гранта Фонда «Заповедное посольство» (президент Фонда — Н. Р. Данилина) в 2023 г. была сформирована Рабочая группа из числа ученых и специалистов: СОПС ВАВТ Минэкономразвития России, Института географии РАН, Государственного университета управления, Экспертного совета по туристским кластерам НП «Российская гильдия управляющих и девелоперов» и экспертов. Рабочая группа осуществила разработку и провела апробацию проекта «Методики оценки вклада ООПТ федерального значения в социально-экономическое развитие региона» на примере Национального парка «Смоленское Поозерье» (Смоленская обл.). При проведении оценки учитывались такие направления функционирования нацпарка, как: (1) деятельность по организации туризма; (2) сохранение биологического и ландшафтного разнообразия; (3) научная деятельность; (4) просветительская и образовательная деятельность; (5) организация мероприятий (эколого-просветительских, культурных, спортивно-оздоровительных и др.); (5) привлечение и развитие волонтерства.

В результате проведения обследования (*рис. 4, см. вклейку*), анализа деятельности НП «Смоленское

Поозерье», рассмотрения нормативно-правовой базы и практики организации туризма в Смоленской области, разработчиками Методики была представлена уточненная методология оценки социально-экономических эффектов от деятельности ООПТ, обзор международного и российского опыта такой оценки (показатели, прямые эффекты, косвенные эффекты, мультипликативный эффект для локальной и региональной экономик), предложены меры, направленные на увеличение социально-экономических эффектов от деятельности ООПТ [21].

Предложенная авторами Методика позволяет оценивать вклад ООПТ федерального значения в социально-экономическое развитие региона и может быть использована органами государственной власти при подготовке предложений по развитию ООПТ и экотуризма на своих территориях. Основные положения Методики сводятся к следующему. Методика применяется к национальным паркам федерального значения и природным паркам регионального значения. Возможно применение некоторых положений Методики к государственным природным заповедникам в части, касающейся просветительской деятельности и познавательного туризма. Основной целью оценки является измерение в стандартизированных социальных и экономических показателях вклада нацпарков в экономику страны. Расчету этих показателей соответствуют методы экономической и социальной оценки. Экономическая оценка измеряет выгоды, создаваемые ООПТ для человеческого благополучия в денежном выражении. Социальная оценка измеряет количество рабочих мест и трудовые доходы, создаваемые деятельностью в парках и деятельностью в других местах, но связанной с парками и обеспечением теми или иными товарами посетителей нацпарков.

Вклад нацпарка в социальное и экономическое развитие и экономику определяется на 4-х уровнях: национальном, региональном (субъект РФ), местном (муниципальные районы) и на уровне парка. Оценка на уровне парка означает оценку выгод, создаваемых территорией оценки — самим парком и выгод, создаваемых зоной влияния парка.

В первой части Методики дается оценка вклада ООПТ в экономику региона и страны. Для оценки социального и экономического вклада НП в экономику рассчитываются 5 основных показателя и 3 вспомогательных. Основные показатели: 1) расходы посетителей НП; 2) общий доход (выручка, экономический продукт); 3) добавленная стоимость (вклад в ВРП и ВВП); 4) количество рабочих мест, создаваемых деятельностью в НП; 5) трудовой доход. Вспомогательные показатели: 6) доход (выручка, экономический продукт) от всех видов деятельности на территории НП, включая финансовые поступления самому парку; 7) затраты субъектов хозяйственной деятельности на предоставление услуг посетителям НП; 8) вклад инвестиций в инфраструктуру ООПТ в экономику региона и страны. В соответствии с предлагаемой методологией: 1) экономический вклад описывает валовую экономическую деятельность, связанную с расходами посетителей нацпарка в рамках региональной экономики; 2) оценки вклада инвестиций в инфраструктуру парков представляют собой инструмент экономического обоснования оценки целесообразности вложений финансовой поддержки нацпарков для социального и экономического развития регионов.

Предлагаемая разработчиками методология в целом соответствует теоретическим наработкам в сфере экономических измерений, включая сферу экономических оценок экосистемных услуг, является апробированной на практике и может быть использована для выработки отечественной методологии и методики оценки вклада ООПТ в социально-экономическое развитие экономики страны и регионов. Пример расчета вклада НП «Смоленское Поозерье» в экономику региона, выполненный д.э.н. О. Е. Медведевой, одним из основных авторов Методики, приведен на *рис. 5*.

Во второй части Методики разработчики оценивают экономическую эффективность инвестиций в развитие ООПТ (*рис. 6*). При оценке инвестиций в ООПТ авторы предлагают рассчитывать три вида эффективности. Основные показатели: 1) чистая приведенная стоимость; 2) отношение «выгоды/затраты»; 3) срок окупаемости инвестиционных затрат; 4) внутренняя ставка дисконтирования. В Методике дается алгоритм расчета показателей, форма для преставления материалов расчета основных показателей эколого-экономической эффективности проекта. Приводится пример расчета для проекта «Национальные тропы России».

Рис. 5. **Ориентировочная оценка вклада НП «Смоленское Поозерье» в экономику Смоленской области** [22]

Рис. 6. **Коммерческая и бюджетная эффективность вложений в развитие НП «Смоленское Поозерье» при инвестировании 8 млрд руб.** [22]

Книга — «Оценка вклада ООПТ в социально-экономическое развитие региона. Методология и методика»

Результаты проведенных научных исследований в НП «Смоленское Поозерье» и проект Методики представлены в книге — «Оценка вклада ООПТ в социально-экономическое развитие региона. Методология и методика». Авторы: Шевчук А. В. (СОПС), Медведева О. Е.(ГУУ), Толстоухова И. С. (ЭС по туристским кластерам НП «Российская гильдия управляющих и девелоперов»), Кочергин А. С. (НП «Смоленское Поозерье»), Некрасова М. А. (эксперт), Добрянский А. С. (ИГ РАН), Артеменков А. И. (эксперт). Издание книги позволит способствовать формированию методологии и методике оценки роли ООПТ в развитии регионов страны и эффективно выполнить поручения Президента России по развитию туризма [1].

Авторы системно исследуют и излагают отечественный и зарубежный опыт проведения оценки роли ООПТ в развитии регионов на основе экотуризма. В работе впервые сформированы три базовых направления стоимостных оценок ООПТ и генерируемых ими экосистемных услуг. Предложенный подход к классификации стоимостных оценок ООПТ позволяет систематизировать проводимые исследования по применяемой методологии и выбирать наиболее уместные с разных позиций подходы и методы для решения прикладных задач. В частности, в данном исследовании разработан подход макроэкономических оценок вклада ООПТ в социально-экономическое развитие региона, позволяющий получать показатели, сопоставимые с аналогичными показателями других секторов экономики. Также предложена методика оценки общественной или социально-экономической и бюджетной эффективности инвестиций в развитие ООПТ.

В книге авторами используется различный аналитический и информационный материал. С учетом важности применения наиболее современных и инновационных технологий в книге авторами выделены, в том числе, подразделы:

- анализ международного и российского опыта исследований социально-экономических эффектов от деятельности ООПТ;
- анализ собранных и обобщенных для исследования данных, в том числе пространственных данных для использования в ГИС;
- анализ проведенных встреч, глубинных интервью с заинтересованными сторонами;
- перечень мер, направленных на увеличение социально-экономических эффектов от деятельности НП «Смоленское Поозерье», включая «Укрупненную концепцию проекта развития территории НП «Смоленское Поозерье» и «Возможные бизнес-модели развития НП «Смоленское Поозерье», в которых дана аналитика и представлены инновационные подходы, применяемые в области экотуризма.

Представленный в книге материал позволяет сотрудникам государственных органов исполнительной власти, специалистам, населению, студентам и молодежи получить аналитическую и методическую информацию об оценке роли ООПТ в развитии регионов, а также использовать предлагаемые в издании практические рекомендации в своей деятельности.

Книга «Оценка вклада ООПТ в социально-экономическое развитие региона. Методология и методика» была презентована на XI Общероссийском фестивале природы «Первозданная Россия» в рамках мероприятия Фонда «Заповедное посольство» 5 апреля 2024 г. и 21 ноября 2024 г. на Круглом столе «Социально-экономические вопросы развития туризма на ООПТ», организованных Советом по экополитике ПВР, Росэкоакадемией, Центром «Заповедники» и СОПС ВАВТ. В ходе дискуссии участники обсудили качественно новый подход к формированию эффективных моделей устойчивого развития национальных парков, направленных на развитие национальной экологической культуры, науки ООПТ, экотуризма и поддержали основные положения «Методики оценки вклада ООПТ в социально-экономическое развитие регионов».

Проект «Методики оценки вклада ООПТ в социально-экономическое развитие регионов» был представлен на заседании Секции Росприроднадзора по вопросам Арктики и сохранения биоразнообразия (18.12.2023 г.) и получил поддержку.

Книга «Оценка вклада ООПТ в социально-экономическое развитие региона. Методология и методика» в варианте pdf. доведена до нацпарков и заповедников для использования в работе по развитию экотуризма.

Выводы и рекомендации

В настоящее время Правительство России выделяет значительные финансы на развитие туризма в стране, соответственно надо включить или встроить в этот поток и ООПТ. Экономический эффект от рекреационных услуг, предоставляемых с использованием имеющейся на ООПТ туристской инфраструктуры, в первую очередь, ведет к пополнению региональных и муниципальных бюджетов и увеличению добавленной стоимости регионального туристского продукта.

На всестороннее комплексное развитие учреждений заповедной системы России были направлены мероприятия федерального проекта «Сохранение биологического разнообразия и развитие экологического туризма» нацпроекта «Экология» (2018—2024 гг.), а в перспективе в рамках нацпроекта «Экологическое благополучие» (2025—2030 гг.) Важно при этом понимать какую роль будут играть ООПТ в развитии регионов своей локации.

Требуется отметить, что нацпарки с развитием внутреннего туризма становятся точками инвестиционного роста по всей территории страны. Они могут приносить до 10—14% валового регионального продукта с высокой отдачей при правильной организации работ [1].

Учитывая актуальность сотрудничества России и КНР и необходимость разработки новых вариантов сотрудничества с Китаем в сфере туризма, необходимо разработать Программу сотрудничества российских и китайских национальных парков на основе продвижения экологического и иных видов туризма на природных территориях.

Разработанная в результате исследования Методика может быть применена *только для национальных парков федерального значения, а также природных парков регионального значения.* Это связано с возможностью использования данных категорий ООПТ в рекреационных целях в границах зон, в которых такая деятельность разрешена в соответствии с Федеральным законом о ООПТ.

Для реализации основных положений Методики целесообразно создать самостоятельную организацию, которая провела бы внедрение ее положений в практику пилотных нацпарков и природных парков регионального значения с последующим масштабированием результатов.

Литература

1. Оценка вклада ООПТ в социально-экономическое развитие региона. Методология и методика / Под ред. А. В. Шевчука. — М.: Изд. «Роликс», 2024. — 230 с.
2. Росстат впервые оценит вклад туризма в экономику регионов. URL: https://www. vedomosti. ru/economics/articles/2022/01/25/906372-rosstat-vpervie-otsenit
3. Охрана окружающей среды в России. 2024: стат. сб. — М.: Росстат, 2024. — 118 с.
4. Концепция развития системы особо охраняемых природных территорий федерального значения на период до 2020 года. Утв. распоряжением Правительства РФ от 22.12.2011 г. № 2322-р.
5. Стратегия развития туризма в Российской Федерации на период до 2035 года Утв. распоряжением Правительства РФ от 20 сентября 2019 г. № 2129-р.
6. Указ Президента РФ от 7 мая 2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года».
7. Указ Президента РФ от 21 июля 2020 г. «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года».
8. Указ Президента РФ от 7 мая 2024 г. № 309 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года».
9. Федеральный проект «Сохранение биологического разнообразия и развитие экологического туризма» (реализуется в рамках Госпрограммы РФ «Охрана окружающей среды», утв. Постановлением Правительства РФ от 15.04.2014 № 326) и нацпроекта «Экология»).
10. О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2022 году. Государственный доклад. — М.: Минприроды России; МГУ, 2023. — 686 с.
11. Федеральный закон от 18 марта 2023 г. № 77-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».
12. Путин поручил до 2030 года создать инфраструктуру для экотуризма во всех нацпарках РФ // Интерфакс, 1.04.2024.
13. Заседание Комиссии Госсовета по направлению «Туризм», 18.11.2024. URL: http://доктор. ацэи. рф/?utm_source=yandex&utm_medium=cpc&utm_campaign=mk&utm_content=12382780146&utm_term=——autotargeting&yclid=15204981356983222271.
14. Развитие экотуризма на ООПТ как вклад в достижение ЦУР. URL: https://minoblpriroda. gov. by.
15. Экотуризм в Беларуси: отдых в самых аутентичных агроусадьбах. URL: https://bestbelarus. by/info/blog/ekoturizm-v-belarusi-otdykh-v-samykh-autentichnykh-agrousadbakh/?ysclid=m4d57v58wb76656237.
16. Экотуризм в Беларуси: отдых в самых аутентичных агроусадьбах. URL: https://bestbelarus. by/info/blog/ekoturizm-v-belarusi-otdykh-v-samykh-autentichnykh-agrousadbakh/?ysclid=m4d57v58wb76656237.
17. Экологический туризм в Казахстане: что собой представляет и какие направления в приоритете. URL: https://www. nur. kz/leisure/tourist-routes/1711542-ekologiceskij-turizm-v-vostocnom-kazahstane.
18. Национальные парки — основа развития экотуризма в Казахстане. URL: https://www. gov. kz/memleket/entities/ecogeo/press/news/details/67034?lang=ru&ysclid=m4d94jzqap818860751.
19. Соглашение между Правительством РФ и Правительством КНР о сотрудничестве в области туризма от 03.11.1993. — URL: https://base. garant. ru/2561916/ (дата обращения: 06.10.2024).

20. Чжан Шулинь, Сюй Юнь. Об опыте развития ООПТ в Китае / Материалы Круглого стола «Социально-экономические вопросы развития туризма на ООПТ». Москва, 21 ноября 2024.
21. Отчет о выполнении НИР по теме: «Оценка вклада национального парка «Смоленское Поозерье» в социально-экономическое развитие Смоленской области. Подготовка предложений к методике оценки вклада ООПТ федерального значения в социально-экономическое развитие региона». — М.: Фонд «Заповедное посольство», 2023.
22. *Медведева О. Е.* Методика оценки вклада ООПТ в социально-экономическое развитие регионов / Материалы Круглого стола «Социально-экономические вопросы развития туризма на ООПТ». Москва, 21 ноября 2024.

Referense

1. Ocenka vklada OOPT v social`no-e`konomicheskoe razvitie regiona. Metodologiya i metodika. /Pod red. A. V. Shevchuka. — M., Izd. «Roliks», 2024. — 230 s.
2. Vedomosti. Rosstat vpervy`e ocenit vklad turizma v e`konomiku regionov. https://www. vedomosti. ru/economics/articles/2022/01/25/906372-rosstat-vpervie-otsenit
3. Oxrana okruzhayushhej sredy` v Rossii. 2024: Stat. cb./ Rosstat. — 0—*92 M.*, 2024. — 118 s., (str.54).
4. Koncepciya razvitiya sistemy` osobo oxranyaemy`x prirodny`x territorij federal`nogo znacheniya na period do 2020 goda (utverzhdena rasporyazheniem Pravitel`stva Rossijskoj Federacii ot 22.12.2011 g. № 2322-r).
5. Strategiya razvitiya turizma v Rossijskoj Federacii na period do 2035 goda (utverzhdena Rasporyazheniem Pravitel`stva RF ot 20 sentyabrya 2019 g. № 2129-r.
6. Ukaz Prezidenta RF ot 7 maya 2018 g. № 204 "O nacional`ny`x celyax i strategicheskix zadachax razvitiya Rossijskoj Federacii na period do 2024 goda".
7. Ukaz Prezidenta Rossii ot 21 iyulya 2020 goda «O nacional`ny`x celyax razvitiya Rossijskoj Federacii na period do 2030 goda».
8. Ukaz Prezidenta RF ot 7 maya 2024 g. № 309 «O nacional`ny`x celyax razvitiya Rossijskoj Federacii na period do 2030 goda i na perspektivu do 2036 goda».
9. Federal`ny`j proekt «Soxranenie biologicheskogo raznoobraziya i razvitie e`kologicheskogo turizma» (realizuetsya v ramkax Gosudarstvennoj programmy` Rossijskoj Federacii «Oxrana okruzhayushhej sredy`», utverzhdena postanovleniem Pravitel`stva Rossijskoj Federacii ot 15.04.2014 № 326) i nacional`nogo proekta «E`kologiya»).
10. O sostoyanii i ob oxrane okruzhayushhej sredy` Rossijskoj Federacii v 2022 godu. Gosudarstvenny`j doklad. — M.: Minprirody` Rossii; MGU *imeni M. V.* Lomonosova, 2023. — 686 s.
11. Federal`ny`j zakon ot 18 marta 2023 g. N77-FZ "O vnesenii izmenenij v otdel`ny`e zakonodatel`ny`e akty` Rossijskoj Federacii.
12. Putin poruchil do 2030 goda sozdat` infrastrukturu dlya e`koturizma vo vsex naczparkax RF. Interfaks 1.04.2024 g. URL: https://www. interfax-russia. ru/tourism/news/putin-poruchil-do-2030-goda-sozdat-infrastrukturu-dlya-ekoturizma-vo-vseh-nacparkah-rf?utm_source=smi2&utm_medium=cpc&utm_campaign=150245&utm_content=14416096&utm_term=14776&erid=2VfnxvToxcg
13. Zasedanie komissii Gosudarstvennogo Soveta po napravleniyu «Turizm», 18.11.2024 g. URL: http://doktor. acze`i. rf/?utm_source=yandex&utm_medium=cpc&utm_campaign=mk&utm_content=12382780146&utm_term= ——autotargeting&yclid=15204981356983222271
14. Razvitie e`kologicheskogo turizma na osobo oxranyaemy`x prirodny`x territoriyax kak vklad v dostizhenie Celej ustojchivogo razvitiya. URL: https://minoblpriroda. gov. by
15. E`koturizm v Belarusi: otdy`x v samy`x autentichny`x agrousad`bax. URL: https://bestbelarus. by/info/blog/ekoturizm-v-belarusi-otdykh-v-samykh-autentichnykh-agrousadbakh/?ysclid=m4d57v58wb76656237
16. E`koturizm v Belarusi: otdy`x v samy`x autentichny`x agrousad`bax. URL: https://bestbelarus. by/info/blog/ekoturizm-v-belarusi-otdykh-v-samykh-autentichnykh-agrousadbakh/?ysclid=m4d57v58wb76656237
17. E`kologicheskij turizm v Kazaxstane: chto soboj predstavlyaet i kakie napravleniya v prioritete. URL: https://www. nur. kz/leisure/tourist-routes/1711542-ekologiceskij-turizm-v-vostocnom-kazahstane/
18. Nacional`ny`e parki — osnova razvitiya e`koturizma v Kazaxstane. URL: https://www. gov. kz/memleket/entities/ecogeo/press/news/details/67034?lang=ru&ysclid=m4d94jzqap818860751
19. Soglashenie mezhdu Pravitel`stvom Rossijskoj Federacii i Pravitel`stvom Kitajskoj Narodnoj Respubliki o sotrudnichestve v oblasti turizma ot 03.11.1993 goda. — URL: https://base. garant. ru/2561916/ (data obrashheniya: 06.10.2024).
20. Chzhan Shulin`, Syuj Yun`. Ob opy`te razvitiya OOPT v Kitae. M., Materialy` Kruglogo stola «Social`no-e`konomicheskie voprosy` razvitiya turizma na OOPT», 21 noyabrya 2024.
21. Otchet o vy`polnenii NIR po teme: «Ocenka vklada nacional`nogo parka «Smolenskoe Poozer`e» v social`no-e`konomicheskoe razvitie Smolenskoj oblasti. Podgotovka predlozhenij k metodike ocenki vklada OOPT federal`nogo znacheniya v social`no-e`konomicheskoe razvitie regiona». M.: Fond «Zapovednoe posol`stvo», 2023 g.
22. *Medvedeva O. E.* Metodika ocenki vklada OOPT v social`no-e`konomicheskoe razvitie regionov. Materialy` Kruglogo stola «Social`no-e`konomicheskie voprosy` razvitiya turizma na OOPT». M.: 21 noyabrya 2024 g.

Сведения об авторе

Шевчук Анатолий Васильевич, д.э.н., проф. РАНХиГС, академик РЭА, зам. председателя СОПС ВАВТ Минэкономразвития России, руководитель Отделения проблем природопользования и экологии; тел. 8 +7 916 682 15 76; e-mail: shev. avas@rambler. ru.

Охрана окружающей среды

EDN QVSWIQ

УДК 502/504

Экологическое благополучие как фактор национальной безопасности и цивилизационного развития в условиях новых вызовов

И. А. Сосунова, д.с.н., проф.
Национальное информационное агентство «Природные ресурсы» (НИА-Природа)

Данная статья посвящена значимой в теоретическом и практическом отношении теме, предельно актуализирующейся в условиях экологических рисков планетарного масштаба и соответствующей дискурсивной реакции на них разнообразных социальных институтов, научного сообщества, политических сил и широкой общественности.

Ключевые слова: экологическое благополучие, национальная безопасность, цивилизационное развитие, новые вызовы, экологическое поведение, экофильность.

Интенсификация противостояния противников и сторонников многополярного и однополярного типов миропорядка, затрагивающего основополагающую проблему сохранения биосферы как единственного источника жизни на нашей планете, высвечивает высочайшую степень ответственности не только представителей политического истеблишмента, но и всей совокупности социальных сил, образующих современное гражданское общество, за достижение консенсуса в вопросах экологической повестки.

В связи с возможным переходом от технологического императива к экологическому в условиях новых вызовов остро встает проблема экологического благополучия населения.

Под экологическим благополучием мы понимаем триаду: это высокое или приемлемое качество окружающей среды, защищенность жизненно важных экологических интересов различных социально-демографических групп населения, особенно в приграничных районах и удовлетворенность населением направлением развития страны, региона, места своего проживания как характеризующий поведенческий аспект.

Анализ экологического благополучия — это определенный способ понимания основ взаимодействия личности и социальных общностей с окружающей природной средой, совокупность конструктивных принципов, представленных социально-экологическим подходом к изучению экологических феноменов.

Парадигмами такого подхода могут выступить такие парадигмы как: парадигма многофакторности и опосредованность формирования реакции у населения на антропогенные экологические факторы, довольно дифференцированные для такой большой географической территории как Россия; парадигма комплементарности (т.е. дополнительности) социально-экологических интересов относительно множества иных социальных и духовных интересов у различных социально-демографических и социально-профессиональных интересов населения, и наконец, парадигмы сложности экологической потребности [1].

Для нашей страны, исторически формировавшейся в процессе сложной поляризационной социокультурной гармонии, собственный опыт вызревания экологической парадигмы высвечивает его несхожесть с развитием экологических практик в ареалах как западной, так и восточных цивилизаций, а потому предполагает выявление чрезвычайно редко встречающегося в мировой культуре уникального евразийского прецедента экофильности, пронизывающей поведение особенно молодого поколения в разных регионах России.

В этой связи анализ факторов, влияющих на механизм трансформации экологических идеологем в консолидированный потенциал экологического

поведения населения России, позволяет оценить его содержание как квинтэссенцию присущих ему общероссийских и региональных тенденций и функциональных особенностей, представляет несомненный как теоретический, так и прикладной интерес, ибо дает возможность понять то общее в этом феномене, что вписывает его в многоликую в своих проявлениях канву отечественного патриотизма, так ныне особенно остро востребованного результирующего компонента процесса передачи социокультурной традиции из поколения в поколение.

Поэтому, осмысление интенциональности развернувшегося теоретического дискурса в плоскости изучения указанного социологического феномена и анализ экологических реалий с точки зрения их влияния на разворачивающиеся в социокультурном пространстве процессы, вызывает необходимость определения методологических альтернатив в исследовании обозначенной проблематики [2].

Ее высокая социальная и политическая значимость для современного российского социума определяется стоящими перед Российской Федерацией задачами укрепления ее технологического суверенитета, что связано с реализацией курса на созидание нового (зеленого) технологического уклада жизнедеятельности, предполагающего формирование прежде всего молодой генерации россиян как его адептов, с присущей им креативной моделью экологического поведения, закрепляющейся в многообразии солидаристских экофильных практик [3] в условиях этнокультурного и регионального разнообразия российской государственности; преодолением рисков социальной дезинтеграции и имитации, в частности на почве сохранения паллиативов технократизма в политическом обеспечении государственного управления, посредством нормативно-императивного экофильно ориентированного регулирования социального поведения молодежи с учетом сущностного понимания его природы, структуры и механизмов формирования.

Исследования в сфере экофильно ориентированного социального поведения отечественной молодежи представлены в современной социологической литературе не очень репрезентативно, при том, что имеется достаточно широкий круг источников и сложившихся научных направлений, осуществляющих разработку проблематики экологического сознания, экологической культуры [4], т.е. ментального в основном ее среза.

В такой постановке указанная проблема редко является сих пор предметом социологической рефлексии и концептуализации, что подчеркивает его новаторское, значение, имеющее серьезные перспективы для дальнейших научных изысканий и практического использования его результатов.

Для экологизации будущего России важны исследования, связанные с нетривиальной по содержанию разработкой социологической концепции, обосновывающей закономерности становления, эволюции и трансформации феномена экологического поведения современной российской молодёжи как особенной этнокультурной детерминанты ее социального самовыражения и специфики феномена экологического поведения в различных регионах России.

Социологические исследования ИК «Экосоциология» Российского общества социологов (РОС) на протяжении многих лет позволяют выявить отношение молодых россиян к государственной политике в сфере решения экологических проблем, учесть экологические риски через призму требований общественной безопасности и роли государства в обеспечении высокого уровня экологической защиты россиян. Кроме того, специфика экологической культуры молодого поколения россиян с учетом особенностей ее проявления в различных сферах жизни российского общества, в том числе и в аспекте межпоколенческого общения работает на наше экологическое будущее.

Таким образом, феномен экологического поведения молодежи является органичным выражением общей интенциональности ее социального самовыражения. Эта когнитивная установка находит выражение в логике экологического поведении современной российской молодежи и определяет функциональную специфику этого социокультурного феномена в бинарном единстве двух его ипостасей — ментального и поведенческого компонентов в их целостном разнообразии и занимает особое место в общей структуре ее социального поведения.

Данные материалов аналитических центров, институтов, общественных организаций, мониторингов общественного мнения и результатов зарубежных и отечественных социологических исследований, проведенных на протяжении ряда лет членом РОС к.с.н. В.А. Захаровой: таких как: комплексное социологическое исследование «Роль системы высшего образования в формировании ведущих паттернов экологического поведения российской молодежи» (2019—2020 гг.), проведенное в среде студенческой молодежи (N = 1968), а также среди представителей профессорско-преподавательского состава (N = 400) в ряде высших учебных заведений (в Ростовской и Волгоградской областях, Республике Адыгея, Республике Крым, Краснодарском крае); экспертные опросы на тему «Роль системы высшего образования в процессе экологизации социального поведения студенческой молодежи» по типу глубинного интервью (N = 13); фокус-групповое исследование «Возможности для экологического поведения молодежи в России», проведенное в 2021 году с представителями молодежи трех субъектов ЮФО — Ростовской области, Республики Адыгея и Республики Крым, подтверждают это.

Закономерности и тенденции эволюции экологического поведения современной молодежи России, процесс его формирования как социокультурного феномена, выражающее интенциональную специфику

его места и роли в общей структуре ее социального поведения, можно использовать для повышения эффективности деятельности органов власти, системы образования и молодежных структур гражданского общества при реализации стратегии экологического развития страны.

Понятийный аппарат, включающий интерпретацию понятия феномена экологического поведения современной российской молодежи и его статус в общей структуре ее социального поведения, базирующиеся на выделении таких его структурных элементов (индикатив), как экологическая культура и экологические практики, в совокупности определяют формат факторов-детерминант экологического поведения молодежи. Вместе с тем, адекватно потребностям социума имеет значение проблема отсутствия корреляции между сформированностью блока экологических ценностей и установок и конкретными экологическими действиями, обозначенными через концепт экологических практик, формирующихся и развивающихся под влиянием культурной диффузии экологических ценностей и потребительских установок.

Экологические практики молодежи России обычно реализуются в трех основных формах — потребительской, природоохранной и досуговой; а их экономическая детерминация, а также перспективы дальнейшего развития влияют на роль института семьи в формировании и развитии экологического поведения молодежи.

При этом наблюдается парадоксальная тенденция ценностно фундаментального, но минимально актуализирующегося ее влияния в виде стабильного ресурса формирования экологического поведения по причине отсутствия системной связи важных для молодежи факторов экологизации. Кроме того, велика роль института высшего образования в формировании и развитии экологического поведения молодежи, в реальной практике связанная, преимущественно, с его коррекцией в условиях отсутствия механизма и ресурсов реализации заложенных на нормативно-правовом уровне принципов экологического развития молодежи.

За годы исследований эмпирически выделены типы экологического поведения молодежи России [5] и обоснована фрагментарность системы экологического образования, которая нуждается в переориентации образовательного пространства в соответствии с социальным запросом на формирование активной экологической позиции молодежи, ориентированный на высокий социальный статус, экологический комфорт и рост качества жизни при возрастании роли государственных институтов в развитии экологического поведения молодежи.

В экологизации будущего России важны также причины негативного восприятия молодежью проблем [6], связанных с дефицитом доверия государству, высоким уровнем социальной несправедливости и ростом директивности в планировании и реализации мер по обеспечению экологической безопасности общества.

Что особенно значимо, по результат исследований ИК РОС «Экосоциология» нами выявлен дефицит активности и вовлеченности молодежи России в решение экологических проблем в формате гражданской самоорганизации; налицо имеются причины гражданской незрелости молодежи как субъекта экологических практик с доминантной потребительской направленностью.

Доминантными также являются такие компоненты как информационный, мотивационный и административный барьеры развития экологического поведения молодежи России, экологическая социализация которой проходит в новых реалиях и рисках, но в инерционных границах экологической культуры российского общества.

Кроме того, за эти годы доказано, что ключевые тенденции развития экологического поведения молодежи России детерминируются также факторами виртуализации и цифровизации современного общества и социальных практик, а также сложившимся запросом на экологический стиль жизни как индикатор социального статуса и качества жизни в России.

Выводы

Инновационность применения социально-экологического подхода к проблеме экологического благополучия населения, с одной стороны, направлена на решение научных и научно-практических задач в экологии, а, с другой стороны, учитывает разнородность взаимовлияния и взаимосвязи социальных и экологических факторов.

Кроме того, применение системного подхода предполагает возможность стандартизации при принятии управленческих решений с учетом разнородности территорий наших регионов, а в определенных случаях применение социально-экологического подхода может выполнить роль «главного звена» в обеспечении экологического благополучия нашего населения.

Литература

1. *Сосунова И. А.* Методология и методы современной социальной экологии. — М.: МНЭПУ, 2010. — 400 с.
2. *Сосунова И. А.* Экология предметного мира: концептуальные основы и социальная практика. — М.: НИА-Природа, 2014. — 152 с.
3. *Сосунова И. А.* Наставничество как фактор гармонизации социально-трудовых отношений в Союзном государстве / В сб. Основные направления развития социально-трудовых отношений в Республике Беларусь и Российской Федерации. — М.: Секретариат Парламентского Собрания Союза Беларуси и России, 2022. — С. 82—89.
4. *Ишков А. Г., Рыбальский Н. Г., Грачев В. А.* Экологическая культура. — М.: РЭА, 2019. — 416 с.
5. *Сосунова И. А., Титаренко Л. Г.* Роль культуры и образования в формировании эколого-ориен-

тированного поведения молодежи Союзного государства / В сб. Россия: тенденции и перспективы развития. Вып.18.4.2. — М.: ИНИОН РАН,2023. — С. 443—448.

6. *Сосунова И. А., Урмина И.А.* Экологизация будущего и роль социальнокультурных ресурсов общества в развитии стратегии устойчивого развития / В сб. Государственное управление и развитие России: цивилизационнные вызовы и национальные интересы. — М.: РАНХГИС, 2024. — С. 771—779.

Сведения об авторе:

Сосунова Ирина Александровна, д.с.н., проф., вице-президент Российского общества социологов, руководитель Центра прикладных исследований Национального информационного агентства «Природные ресурсы» (НИА-Природа); e-mail: sossunova@gmail. com.

Короткие сообщения

Детский экофорум

15 октября в Челябинске стартовал Второй Всероссийский Детский экологический форум (ДЭФ), в котором участвуют более 3,5 тыс. учащихся 5-11 классов из 51 региона России.

В ДЭФ участвуют школьники — победители экологических олимпиад и конкурсов, активные участники экологических проектов и акций, а также педагоги, ученые, представители бизнеса и общественных организаций. Приветствия в адрес участников Детского экофорума направили Президент России Владимир Путин (см. стр. 2) и вице-премьер Дмитрий Патрушев. В приветствии зампреда Правительства, в частности, отмечается: «Такие мероприятия, как ДЭФ, закладывают основы для формирования системы кадров в сфере охраны окружающей среды. Развитие компетенций у молодёжи в области экологии станет залогом того, что в будущем наша страна будет обладать высококвалифицированными специалистами, способными решать задачи устойчивого развития и экологической безопасности».

В течение двух дней школьники представили экспертному жюри свои экологические проекты и обсудят проблемы охраны окружающей среды. В первый день форума в ходе научно-практической конференции, которая прошла на нескольких площадках в вузах Челябинска, эксперты заслушали более 350 докладов. По итогам форума жюри выбрали лучшие экологические проекты в 18 номинациях. Второй день Форума начался с торжественной Церемонии открытия, которая порадовала всех присутствующих парадом флагов: каждая из 51 команды с гордостью представила свой регион и пронесла свой флаг на сцене вместе с символом Форума — верблюжонком Гошей.

После Церемонии открытия состоялась пленарная сессия «Экологические профессии: новые тренды и возможности». Участниками сессии стали: председатель Комитета Госдумы по экологии Дмитрий Кобылкин; губернатор Челябинской области Алексей Текслер; замглавы Минприроды России Максим Корольков. Выступившая на открытии форума глава Росприроднадзора Светлана Радионова, поддержала несколько инициатив молодежи. Так, будет рассмотрена возможность реализации идеи 14-летнего Андрея Микуленко из ЛНР, который предложил открыть в Москве летний лагерь премии «Экология — дело каждого» совместно с одним из ведущих вузов страны для студентов и самых активных выпускников проекта. "Это отличная идея. Здорово, что мы мыслим одинаково. Буквально на днях мы обсуждали с нашими партнерами из ведущих вузов страны возможность открыть на их базе летний лагерь для активных участников премии, кому уже исполнилось 18 лет. Это будет уникальная школа, где студенты из разных уголков России и даже разных стран могли бы увидеться, обменяться опытом, предложить свои идеи, обсудить совместные проекты, — рассказала Светлана Радионова. Она отметила, что в очный тур прошел 31 победитель, призер и активный участник премии «Экология — дело каждого» из 14 регионов: Архангельской, Владимирской, Волгоградской, Липецкой, Оренбургской, Свердловской, Челябинской областей, Камчатского, Красноярского и Пермского краёв, ЛНР, Татарстана и Марий Эл, Чукотского АО.

Главным событием дня стала торжественная Церемония награждения, на которой были объявлены команды-победители в 18 номинациях, включая «Народную», представляющие: ЛНР, Адыгею, Бурятию, Дагестан, Мордовию, Татарстан, Камчатский и Краснодарский края, Ивановскую, Калининградскую, Московскую, Мурманскую, Омскую, Свердловскую, Смоленскую и Ульяновскую области, а также Москву. Лучшие проекты получили финансовую поддержку для дальнейшей реализации. По итогам научно-практической конференции, состоявшейся в первый день форума, выпущен сборник 178 лучших докладов ребят из 36 регионов страны.

НИА-Природа

EDN TMTSPC

УДК 628.394:639.2.09

Оценка качества воды в Угличском водохранилище

Н. Н. Клец, М. Г. Петрова, А. В. Здрок, В. Ю. Жарикова, к.с.-х.н., Д. В. Горячев, М. Ю. Кудинов
Филиал по пресноводному рыбному хозяйству ФГБНУ «ВНИРО» (ВНИИПРХ)

В работе представлены результаты исследований качества воды Угличского водохранилища проведенных в 2020–2023 гг. Пробы отбирали ежегодно на трех точках. Во время съемок имело место вертикальное температурное расслоение водной толщи. Придонные слои были холоднее поверхностных. В период летних наблюдений выявлено недонасыщение придонных слоев воды кислородом. Установлено превышение содержания загрязняющих веществ относительно предельно допустимых концентраций (ПДКрх) по веществам аммонийной группы и $БПК_5$ на отдельных станциях, общему железу на всех станциях Угличского водохранилища. Качество воды водохранилища по результатам исследований, проведенных в 2020–2023 гг. соответствует 3 классу «умеренно грязная».

Ключевые слова: Угличское водохранилище, ПДКрх, качество воды, гидрохимический индекс загрязнения воды (ИЗВ).

Введение

Одной из наиболее актуальных экологических проблем современности является загрязнение водных объектов и особенно водохранилищ. Располагаясь на территории двух областей и имея протяженность более 140 км Угличское водохранилище испытывает серьезную антропогенную нагрузку.

Угличское водохранилище, образованное в 1939 г. перекрытием русла р. Волги плотиной у г. Углича, расположено в пределах Тверской и Ярославской областей. Водохранилище, представляя собой вторую ступень каскада, в верхней части сопрягается с Иваньковским, а в нижней части с Рыбинским водохранилищами. Угличское водохранилище относится к русловому типу, поскольку оно ограничено склонами долины р. Волга, которая в районе Угличской гряды имеет небольшую ширину.

Площадь Угличского водохранилища при НПУ (113 м) равна 249 км^2, объем — 1,245 км^3. Протяженность водохранилища от Иваньковской плотины до Угличской — 143 км, наибольшая ширина около 5 км (2,2 км — средняя ширина). Средняя глубина — 5,0 м, максимальная у плотины Угличской ГЭС — 23,2 м, коэффициент водообмена — 12,4.

Форма этого типичного долинного водохранилища — удлиненная со слабо развитой береговой линией, длина которой 390 км, коэффициент извилистости — 6. Площадь мелководной зоны (до 2 м) составляет 35,8% площади водохранилища [1]. Угличское водохранилище относится к проточным водоёмам.

По морфометрическим особенностям и различиям в гидродинамическом режиме в водохранилище выделяются три участка (плеса): верхний, средний и нижний [2]. Верхневолжский плес — от Иваньковского гидроузла до устья р. Медведица — наиболее узкий, принимает воды Иваньковского водохранилища и р. Дубна. Максимальная глубина верхневолжского плеса 12,4 м, средняя — 5 м, объем водной массы 0,170 км^3. Площадь при НПУ 34 км^2. Средневолжский плес охватывает район от устья Медведицы до с. Прилуки. Ширина водохранилища здесь несколько увеличивается за счет затопленной поймы. В пределах этого плеса в водохранилище впадают два крупных притока — Медведица и Нерль, и ряд мелких — Пудица, Кашинка, Жабня и др. Максимальная глубина средневолжского плеса 20,6 м, средняя — 6 м, объем водной массы 0,426 км^3. Площадь при НПУ 71 км^2. Нижневолжский плес — от села Прилуки (выше устья Пикши) до Угличского гидроузла — приплотинный, наиболее широкий и глубоководный. Максимальная глубина нижневолжского плеса 23,2 м, средняя — 4,5 м, объем водной массы 0,649 км^3. Площадь при НПУ 144 км^2.

В водоохранной зоне Угличского водохранилища на конец 2006 г. было расположено 12 предприятий, имеющих локальные очистные сооружения, пять водозаборов и шесть очистных сооружений, 39 промышленных предприятий и 21 сельхозпредприятие, 38 баз отдыха и 12 мест зеленых стоянок, садоводческие товарищества. Ведётся добыча песка на девяти месторождениях, осуществляется судоходство, активно ведётся индивидуальное строительство [3]. Угличское водохранилище также служит транспортной артерией, по которой ежедневно курсируют пассажирские и грузовые суда.

Данное исследование дополняет ранее выполненные работы об изучении последствий изменения кислородного режима водохранилища для гидробионтов [4], формирования гидрохимических режимов водохранилищ верхней Волги [5], экологическом мониторинге [6], оценке современного загрязнения и качества воды Угличского водохранилища [7].

Актуальностью исследования является необходимость оценки гидрохимического анализа воды для своевременного и оперативного проведения мероприятий, направленных на улучшение её качества и соответствия ПДКрх.

Цель работы — оценка качества воды Угличского водохранилища (2020—2023 гг.) в условиях антропогенного воздействия.

Методика исследования

Сбор материала на Угличском водохранилище проводили в рамках ежегодных мониторинговых исследований, осуществляемых Филиалом по пре-

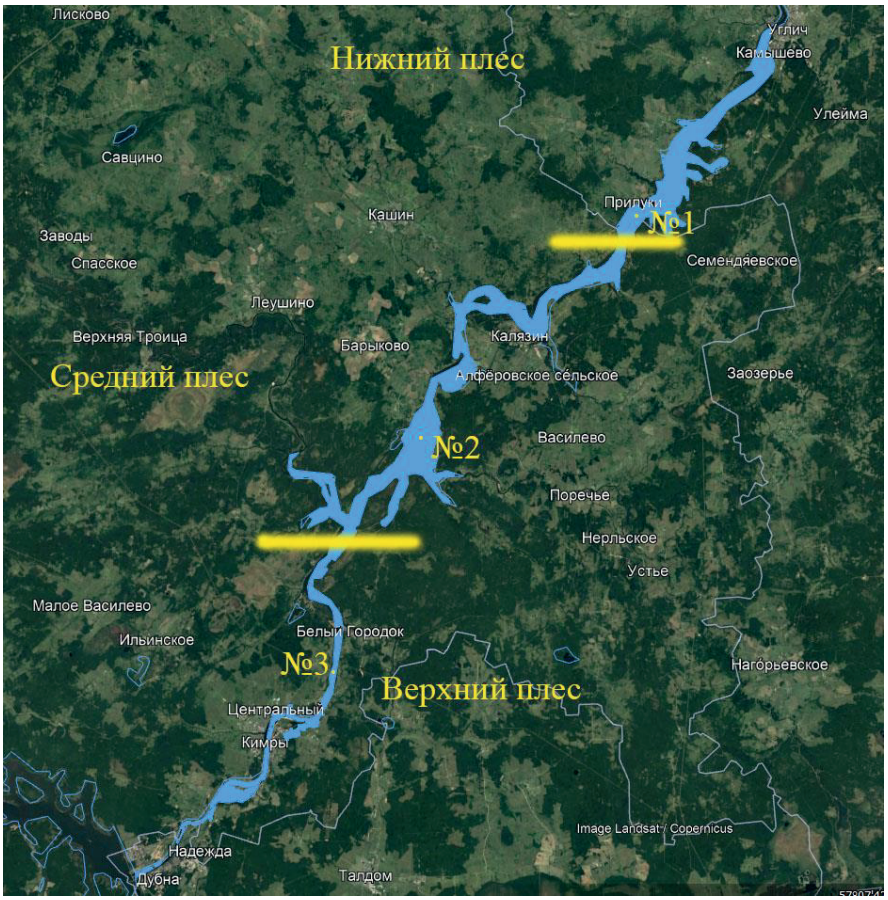


Рис. **Станции отбора гидрохимических проб на Угличском водохранилище:** № 1 — Прилуки; № 2 — устье р. Нерль; № 3 — Белый городок

сноводному рыбному хозяйству ФГБНУ «ВНИРО» (ВНИИПРХ). Пробы отбирали в период 29.09—02.10.2020 г., 20—22.07.2021, 18—20.07.2022 г., 01—03.08.2023 г. на трех точках (*рис.*).

В каждом году на общий анализ было отобрано по 3 пробы воды, сделано по 6 измерений растворенного кислорода и по 6 измерений температуры воды.

Гидрологические и гидрохимические исследования воды проводили по следующим параметрам: глубина; температура, растворенный кислород ПНД Ф 14.1:2:3.101—97, водородный показатель (pH) ПНД Ф 14.1:2:3:4.121—97, аммоний-ионы ПНД Ф 14.1:2:3.1—95, нитрит-ионы ПНД Ф 14.1:2:4.3—95, нитрат-ионы ПНД Ф 14.1:2:4.4—95, фосфат-ионы ПНД Ф 14.1:2:4.112—97, $БПК_5$ ПНД Ф 14.1:2:3:4.123—97, железо общее ПНД Ф 14.1:2:4.50—96.

Отбор проб на Угличском водохранилище проводили согласно требованиям ГОСТ 31861—2012. В качестве оценочных показателей были приняты нормативы для водных объектов рыбохозяйственного значения, согласно приказу Минсельхоза России от 13 декабря 2016 г. № 552.

Для характеристики качества воды использовали интегральный показатель — гидрохимический индекс загрязнения воды (ИЗВ), который рассчитывали по формуле [1]:

$$ИЗВ = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\frac{C_i}{ПДК_i},$$

где: n — число показателей, используемых для расчета индекса; C_i — концентрация химического вещества в воде, мг/дм^3; $ПДК_i$ — предельно допустимая концентрация вещества в воде, мг/дм^3.

Класс качества воды определяли по результатам расчета индекса загрязнения воды (ИЗВ) [8].

Результаты исследования

В период осенних наблюдений (2020 г.) разность температур поверхности воды и придонных слоев отличалась незначительно — на 0,1—0,4°С (в среднем по водоёму на 0,2°С). В дни летних наблюдений (2021 г.) поверхностные слои воды были прогреты до 25—26,6°С (в среднем до 26,1°С), придонные — до 21—23,9°С (в среднем до 21,7°С). Разность температур поверхностных и придонных слоев воды колебалась в пределах 2,7—6,4°С. В 2022 г. температура на поверхности воды была от 21,4 до 22,5°С, со средним значением 22°С, а в придонных слоях от 19,7 до 20,8°С (в среднем 20,4°С). Температура у поверхности воды и у дна различалась на 0,6—2,3°С. В 2023 г. в дни наблюдений поверхностные слои были прогреты в среднем до 21,5°С, придонные — до 19,6°С. Придонные слои были холоднее поверхностных на 0,9—3,7°С/ Во время съемок имело место вертикальное температурное расслоение водной толщи. Придонные слои были холоднее поверхностных. Разность температур со-

ставила от 0,6 до 6,4°С. Максимальный температурный градиент по вертикали (6,4°С) отмечен в 2021 г. на станции №2 — наиболее глубоководном из исследуемых участке водохранилища.

Величина pH находилась в пределах 7,9—8,6. Значения pH в придонных слоях были немного ниже поверхностных.

Результаты осенних исследований в 2020 г. показали, что кислородные условия были вполне благоприятными, хотя имело место небольшое недонасыщение воды кислородом, а на станции №1 в придонном горизонте наблюдалось отклонение от норматива качества воды в 1,94 раза. Значения показателей содержания растворенного кислорода на станциях №2 и №3 выравниваются и в среднем по водоему составляют у поверхности 8,6 мг/дм³ (81% насыщения) у дна — 6,6 мг/дм³ (61,7% насыщения). В 2021 г. у поверхности содержалось в среднем 11,6 мг/дмз растворенного кислорода (137,7% насыщения), с колебаниями от 9,4 до 12,9 мг/дм³ (109-154% насыщения). В соответствии с температурной стратификацией с глубиной содержание растворенного кислорода значительно уменьшалось, и у дна концентрация его составила в среднем 1,6 мг/дм³ (17,7% насыщения), что в 3,8 раза ниже норматива качества воды. Кислородные условия в 2022 г. были неблагоприятны как в поверхностных, так и в придонных горизонтах, наблюдались отклонения от норматива качества воды. У поверхности содержалось в среднем 3,6 мг/дмз растворенного кислорода (40% насыщения) (в 1,7 раза ниже норматива), с колебаниями от 3,2 до 4,0 мг/дм³ (35-44% насыщения). С глубиной содержание растворенного

Таблица 1

Температура, водородный показатель, растворенный кислород в воде Угличского водохранилища в 2020—2023 гг.

Станция	*Температура воды, °С*	*Водородный показатель, ед. pH*	*Растворенный кислород, мг/дм³*	*Растворенный кислород, % насыщения*
2020 г.				
№ 1	13,8 / 13,7	8,4 / 8,4	8,3 / 3,1	78 / 29
№ 2	13,5 / 13,3	8,4 / 8,4	8,8 / 8,3	83 / 78
№ 3	13,6 / 13,2	8,4 / 8,4	8,7 / 8,3	82 / 78
Средние	13,6 / 13,4	8,4 / 8,4	8,6 / 6,6	81 / 61,7
2021 г.				
№ 1	26,6 / 23,9	8,2 / 8,1	12,6 / 2,7	150 / 31
№ 2	26,7 / 20,3	8,3 / 8,2	12,9 / 0,8	154 / 9
№ 3	25 / 21	8,4 / 8,3	9,4 / 1,2	109 / 13
Средние	26,1 / 21,7	8,3 / 8,2	11,6 / 1,6	137,7 / 17,7
2022 г.				
№ 1	21,4 / 20,8	8,3 / 8,3	4 / 1,9	44 / 21
№ 2	22,5 / 20,7	8,1 / 7,9	3,7 / 0,8	42 / 9
№ 3	22 / 19,7	8 / 7,9	3,2 / 3,1	35 / 33
Средние	22 / 20,4	8,1 / 8	3,6 / 1,9	40,3 / 21
2023 г.				
№ 1	22,7 / 19,0	8,6*	14,8 / 0,94	165 / 10
№ 2	21,2 / 20,0	8,6*	9,5 / 7,0	103 / 75
№ 3	20,7 / 19,8	8,4*	8,9 / 5,8	96 / 61
Средние	21,5 / 19,6	8,5*	11,1 / 4,6	121,3 / 48,7
Норматив качества воды или ПДКрх	Лето: 28°С	7,5*	Лето: не менее 6	—

Примечание. Над чертой — значение показателя, измеренного на поверхности воды, под чертой — в придонных слоях: * — Значение показателя, измеренного на поверхности воды.

Таблица 2

Гидрохимические показатели воды Угличского водохранилища в 2020—2023 гг.

Станция	*Аммоний-ион (в пересчете на азот), мг/дм³*	*Нитрит-ион (в пересчете на азот нитритов), мг/дм³*	*Нитрат-ион (в пересчете на азот нитратов), мг/дм³*	*Фосфат-ион (по фосфору), мг/дм³*	*Железо общее, мг/дм³*	*$БПК_5$, мг/дм³*	*ИЗВ*
Октябрь 2020 г.							
№ 1	0,19 / 0,19	0,008 / 0,009	0,35 / 0,44	0,052 / 0,053	0,67 / 0,71	1,2 / 1,4	1,56 / 1,51
№ 2	0,18 / 0,19	0,019 / 0,027	0,35 / 0,39	0,044 / 0,042	0,68 / 0,9	2,1 / 2,4	1,72 / 2,10
№ 3	0,23 / 0,28	0,025 / 0,032	0,44 / 0,59	0,048 / 0,048	0,71 / 0,85	1,8 / 1,8	1,80 / 2,06
Средние	0,20 / 0,22	0,017 / 0,023	0,38 / 0,47	0,048 / 0,048	0,69 / 0,82	1,7 / 1,9	1,69 / 1,89
Июль 2021 г.							
№ 1	1,60 / 0,47	0,024 / 0,069	0,10 / 0,12	0,053 / 0,053	0,45 / 0,49	5,5 / 2,0	1,66 / 1,50
№ 2	1,20 / 0,51	0,010 / 0,131	0,05 / 0,11	0,072 / 0,092	0,46 / 0,89	6,1 / 2,8	1,81 / 1,91
№ 3	0,86 / 0,62	0,009 / 0,032	0,12 / 0,19	0,063 / 0,085	0,49 / 0,76	3,4 / 2,5	1,82 / 1,89
Средние	1,22 / 0,53	0,014 / 0,077	0,09 / 0,14	0,063 / 0,077	0,47 / 0,71	5,0 / 2,4	1,76 / 1,77
Июль 2022 г.							
№ 1	0,25 / 0,23	0,016 / 0,014	0,12 / 0,14	0,045 / 0,039	0,47 / 0,45	3,7 / 4,4	1,41 / 1,36
№ 2	0,33 / 0,30	0,009 / 0,028	0,16 / 0,29	0,060 / 0,058	0,38 / 0,42	3,0 / 3,2	1,21 / 1,34
№ 3	0,28 / 0,36	0,019 / 0,020	0,16 / 0,25	0,054 / 0,067	0,37 / 0,37	4,0 / 4,1	1,30 / 1,35
Средние	0,29 / 0,30	0,015 / 0,021	0,15 / 0,23	0,053 / 0,055	0,41 / 0,41	3,6 / 3,9	1,32 / 1,35
*Август 2023 г.**							
№ 1	0,37	0,003	0,015	0,030	0,36	3,5	1,44
№ 2	0,49	0,015	0,015	0,034	0,31	4,1	1,42
№ 3	0,37	0,042	0,030	0,037	0,34	5,2	1,67
Средние	0,41	0,020	0,020	0,034	0,34	4,3	1,52
Норматив качества воды или ПДКрх	0,40	0,020	9	0,20	0,10	2,1	–

Примечание. Над чертой — значение показателя, измеренного на поверхности воды, под чертой — в придонных слоях; * — Значение показателя, измеренного на поверхности воды.

кислорода уменьшалось, и у дна концентрация его составила в среднем 1,9 мг/дм³ (21% насыщения), что в 3,2 раза ниже норматива качества воды. В период наблюдений 2023 г. кислородные условия были вполне благоприятные, лишь на станции №1 Прилуки в придонном горизонте наблюдался острый дефицит кислорода – 0,94 мг/дм³ (10% насыщения), при перенасыщении им в поверхностном горизонте – 165% насыщения. На всех остальных участках водохранилища, как в поверхностных, так и в придонных горизонтах содержание растворенного кислорода было близко или соответствовало нормативу качества воды (не менее 6,0 мг/дм³).

Значения температуры и гидрохимических показателей воды в Угличском водохранилище представлены в *табл. 1 и 2*.

Исследования, проведенные в осенний период 2020 г., показали, что на отдельных станциях была превышена ПДКрх по нитрит-ионам и $БПК_5$, а по железу общему превышение было отмечено на всех исследуемых станциях. Отклонение от нормы по нитрит-ионам (в 1,25 раза) было зафиксировано на станции № 2 (придонный горизонт) и на станции № 3 в 1,25 раза на поверхности и в 1,6 в придонном слое. Кроме того, на станции № 2 в придонном горизонте было отмечено значение $БПК_5$, превышающее норматив в 1,14 раза. Превышение ПДКрх по железу общему в 6,7—9,0 раз отмечалось на всех исследуемых станциях водохранилища. Исследования 2021 г. показали, что на отдельных станциях и горизонтах была превышена ПДКрх по нитрит-ионам и $БПК_5$, а по аммоний-ионам и железу общему превышение было отмечено на всех исследуе-

мых участках. Отклонения от нормы следующие: по нитрит-ионам в 1,2—6,6 раза, по $БПК_5$ в 1,2—2,9 раза, по аммоний-ионам в 1,2—4 раза, по железу общему в 4,5—8,9 раза. Проведенные исследования в 2022 г. показали, что на станции № 2 (придонный горизонт) отмечено превышение ПДКрх по нитрит-ионам, а по железу общему и $БПК_5$ превышение ПДКрх или норматива качества воды было отмечено на всех исследуемых участках. Отклонения от нормативов по следующим показателям: по нитрит-ионам в 1,4 раза, по $БПК_5$ в 1,4—2,1 раза, по железу общему в 3,7—4,7 раза. Исследования 2023 г. показали, что на всех станциях был превышен норматив предельно допустимой концентрации вредных веществ для водных объектов рыбохозяйственного значения (ПДКрх) по следующим показателям: железо общее в 3,1—3,6 раза и $БПК_5$, в 1,7—2,5 раза. Кроме того, было отмечено превышение (в 1,2 раза) ПДКрх по аммоний-ионам на станции № 2 и по нитрит-ионам в 2,1 раза на станции № 3. Содержание других нормируемых показателей находилось в установленных пределах.

Рассчитанный гидрохимический индекс загрязнения (*ИЗВ*) для поверхностных слоев воды на станции № 1 превышал индекс загрязнения придонных слоев воды на 0,05 в 2020—2021 гг., на 0,16 — в 2022 г., а на станциях № 2 и № 3, также, как и в среднем по водоему индекс загрязнения воды был ниже в поверхностных слоях воды по сравнению с придонными слоями. Наибольшая разность (0,38) была отмечена в осенний период наблюдений (2020 г.) на станции № 2. В период исследований 2020—2023 гг. значения индекса загрязнения соответствовали 3 классу качества воды — «умеренно загрязнённые».

Заключение

Исследования показали превышение содержания загрязняющих веществ относительно предельно допустимых концентраций (ПДКрх) по веществам аммонийной группы и $БПК_5$ на отдельных станциях, а общему железу на всех станциях Угличского водохранилища. Превышение значений показателей аммонийного загрязнения свидетельствует об антропогенном воздействии на водоём. Исходя из величины интегрального показателя качество воды на исследуемых станциях в 2020—2023 гг. соответствовало 3 классу — «умеренно загрязнённые».

Литература

1. *Себенцов Н. С., Мейснер Е. В.* Рыбоводно-биологические обоснования рыбохозяйственного освоения Угличского водохранилища // Труды ВНИИПРХ, 1947. Т. IV. — С. 25—27.
2. *Курдина Т. Н.* Водный баланс Угличского водохранилища. — М-Л.: Труды Ин-та биологии водохранилищ, 1959. Вып. 2 (5). — С. 229—245.
3. *Григорьева И. Л., Лупанова И. А.* Современное гидроэкологическое состояние Угличского водохранилища и практические меры по его стабилизации // Водные ресурсы Волги: настоящее и будущее, проблемы управления. Сб. статей Всерос. научно-практ. конф. — Астрахань, 2008. — С. 80—90.
4. *Лазарева В. И., Степанова И. Э., Цветков А. И., Пряничникова Е. Г., Перова С. Н.* Последствия изменения кислородного режима водохранилищ Волги и Камы для зоопланктона и зообентоса / Волга и ее жизнь: сб. тезисов докладов Всерос. конф. (ИБВВ им. И. Д. Папанина РАН, Борок, 22—26 октября 2018 г.) — Ярославль: Фили-грань, 2018. — С. 83.
5. *Григорьева И. Л., Комиссаров А. Б., Чекмарёва Е. А.* Формирование гидрохимических режимов водохранилищ верхней Волги под влиянием природных и антропогенных факторов / Волга и ее жизнь: сб. тезисов докладов Всерос. конф. (ИБВВ им. И. Д. Папанина РАН, Борок, 22—26 октября 2018 г.). — Ярославль: Фили-грань, 2018. — С. 33.
6. *Лупанова И. А., Крутенко С. А., Григорьева И. Л., Федорова Л. П.* Экологический мониторинг водохранилищ как инструмент управления их состоянием (на примере Угличского) / // Чистая вода России-2021: сб. матер. XVI Междунар. научно-практ. симпозиума и выставки, (Екатеринбург, 17—20 мая 2021 г.). — Екатеринбург: ООО «ДжиЛайм», 2021. — С. 105—111.
7. *Тихомиров О. А.* Оценка современного загрязнения и качества воды Угличского водохранилища // Вестник Тверского госуниверситета. Серия: Химия, 2022. № 1(47). — С. 142—151.
8. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды: справочные материалы / Т. В. Гусева, Я. П. Молчанова, Е. А. Заика, В. Н. Виниченко, Е. М. Аверочкин; под ред. Т. В. Гусевой. — М.: СоЭС, 2000. — 148 с.

Сведения об авторах:

Клец Наталия Николаевна, зам. зав. лабораторией водных биоресурсов, Филиал по пресноводному рыбному хозяйству ФГБНУ «ВНИРО» (ВНИИПРХ), Московская область, Дмитровский г.о., пос. Рыбное; e-mail: 6320236@mail. ru.

Петрова Маргарита Геннадьевна, вед. специалист отдела «Верхне-Волжский», Филиал по пресноводному рыбному хозяйству ВНИРО (ВНИИПРХ); e-mail: rita. petrova0315@gmail. com.

Здрок Андрей Васильевич, начальник отдела экологической токсикологии, Филиал по пресноводному рыбному хозяйству ВНИРО (ВНИИПРХ); e-mail: zdrok@vniiprh. vniro. ru.

Жарикова Валентина Юрьевна, к. с-х. н., руководитель научного направления, Филиал по пресноводному рыбному хозяйству ВНИРО (ВНИИПРХ); e-mail: zharikova_v@mail. ru.

Горячев Дмитрий Владимирович, заведующий лабораторией водных биоресурсов, Филиал по пресноводному рыбному хозяйству ВНИРО (ВНИИПРХ); e-mail: GDV1892@mail. ru.

Кудинов Михаил Юрьевич, главный специалист отдела «Верхне-Волжский», Филиал по пресноводному рыбному хозяйству ВНИРО (ВНИИПРХ); e-mail: m. kudinov@vniiprh. vniro. ru.

Картография

EDN TQZRWR

УДК 556.51

Гидрологическое моделирование водосборной площади реки Яченки на основе цифровой модели поверхности в среде QGIS

М. В. Захарова[1], к.г.н., В. Е. Иванова[2]
[1]Калужский государственный университет им. К. Э. Циолковского
[2]Фирма «Экоаналитика»

В статье приводятся результаты гидрологического моделирования водосборной площади р. Яченки на основе цифровой модели поверхности инструментами QGIS. В качестве ЦМП выбирался набор данных FABDEM. Получены картографические изображения геометрической модели сети водотоков и локальных водосборных бассейнов. Создана тематическая карта гипсометрических поверхностей локальных водосборных бассейнов. Определены отдельные морфометрические характеристика водосбора р. Яченки и проведено их сравнение с характеристиками, полученными по топографическим картам.

Ключевые слова: гидрологическое моделирование, водосбор, гидрографическая сеть, цифровая модель поверхности, морфометрические характеристики.

Введение

Каждый водный объект суши и его бассейн могут быть охарактеризованы некоторыми количественными показателями, которые называются морфометрическими характеристиками. Основными среди них являются площадь и уклон водосбора, длина и уклон водотока. Эти и другие характеристики являются необходимой основой для оценки гидрологического режима, важны для выполнения проектно-изыскательских работ, строительства, экологического мониторинга, помогают в оценке площадей затопления и подтопления, используются в водном хозяйстве для мелиорации, полезны для целей управления и планирования развития территорий.

Хорошо известно, что в гидрологии классическим методом определения морфометрических характеристик, наряду с полевыми геодезическими съемками, является картометрический [1]. Основным картографическим материалом, используемым для определения морфометрических характеристик, являются топографические карты крупного масштаба и топографические планы местности. В последние несколько десятилетий бумажные карты стали заменяться на цифровые. К содержанию цифровой топографической карты предъявляются те же требования, что и к бумажной карте соответствующего масштаба [1].

Однако, одной из проблем использования имеющихся картографических материалов для определения морфометрических характеристик является степень их новизны, полнота и актуальность состояния всех элементов содержания карты, прежде всего сведений о рельефе, гидрографической сети и других природных объектов местности, которые необходимы для определения морфометрических характеристик [2]. Применение цифровых картографических материалов для данных целей также является неоднозначным, поскольку для их создания могут быть использованы как ретроспективные бумажные карты путем преобразования, содержащейся на них информации, в цифровую форму, так и цифровые модели поверхности (рельефа) (ЦМП/ЦМР), полученные по результатам непосредственных измерений путем радарной топографической съемки, обработки спутниковых снимков, аэрофотоснимков с БПЛА, воздушного лазерного сканирования и других геодезических методов. Несмотря на стремительное развитие цифровой картографии, удобство и быстроту расчетов с использованием

геоинформационных систем, наиболее проблемным вопросом использования ЦМП/ЦМР для расчетов морфометрических и других гидрологических характеристик, является точность их построения.

Оценка точности наиболее популярных наборов геоданных ЦМП/ЦМР, имеющихся в свободном доступе в сети Интернет (GTOPO30, SRTM, MERIT DEM, ASTER GDEM, ALOS AW3D) приводится в [2], по итогам которой делается вывод о том, что вышеуказанные ЦМП/ЦМР из открытых источников на данный момент не рекомендуются к использованию в инженерно-гидрологических расчетах в России.

Целью данной статьи является моделирование геометрической сети малых водотоков речного бассейна Яченки и гипсометрических поверхностей локальных водосборных бассейнов, определение их морфометрических характеристик в геоинформационной системе QGIS на основании ЦМП FABDEM.

Методы исследования

Гидрологическое моделирование с использованием ЦМП в геоинформационных системах основано на предположении о том, что моделируемый водный поток стекает из ячейки с большей высотой в соседнюю ячейку с меньшей высотой. В данной работе гидрологическое моделирование выполнено в среде QGIS. Для моделирования распространения стока использован алгоритм Deterministic Eight-Neighbor (D8), который запускается инструментом Flow Direction. Алгоритм «направляет» поток вниз по склону, тем самым ячейки связываются в так называемые «сети потока» (drainage networks), что дает возможность определять водосборные площади и границы бассейнов. Для предварительной подготовки ЦМП использован алгоритм заполнения локальных понижений (fill sinks) методом Ванга-Лю (Wang & Liu). Для расчета водосборной площади применен инструмент Catchment Area, который основан на принципе «аккумуляции потока» (flow accumulation). Инструмент Upslope Area служит для определения границы водосборного бассейна. Выделение геометрической сети водотоков выполнено на основе смоделированного растра водосборной площади с помощью инструмента анализа Channel Network. Модели частных водосборов для каждого сегмента водотока сформированы инструментом Watershed Basins [3–7].

Результаты исследования

Известно, что водосбор р. Яченки почти полностью расположен на территории МО «Город Калуга». В нижнем течении р. Яченки расположено Яченское водохранилище. Водосбор р. Яченки имеет неправильную форму, асимметричную относительно ее русла. Левобережная часть водосбора развита больше за счет ее притока — р. Терепец с площадью водосбора 90,8 км2. Нужно отметить, что в гидрологическом отношении р. Яченка не изучена, регулярных наблюдений за водным режимом на данной реке не проводится [8]. Тем не менее известны некоторые морфометрические характеристики р. Яченки и ее водосбора в створе плотины, которые были определены по топографическим картам масштаба 1:100 000, характеризующим состояние местности на 1984 год (*табл. 1*).

Таблица 1

Отдельные морфометрические характеристики р. Яченки и ее бассейна в створе плотины водохранилища

Характеристика	*Ед. измерения*	*Значение*
Площадь водосбора	км^2	238
Средний уклон водосбора	‰	46
Гидрографическая длина водотока	км	30,4
Средний уклон русла	%	1,64

В данном исследовании в качестве картографической основы для моделирования гидрографической сети, локальных водосборных бассейнов и расчета их морфометрических характеристик использована глобальная ЦМП FABDEM V1–2 (Forest And Buildings removed Copernicus DEM) [9]. Данная ЦМП охватывает территорию от 60° южной широты до 80° северной широты с шагом 30 м. Таким образом, пространственное разрешение ее растровых тайлов составляет 1″×1″. Этот набор данных отличается более высокой точностью от упомянутых выше в связи с тем, что является первой глобальной цифровой моделью рельефа, в которой удалены лесные массивы и здания [10, 11].

Гидрологическое моделирование в геоинформационной системе QGIS включает выполнение нескольких последовательных этапов:

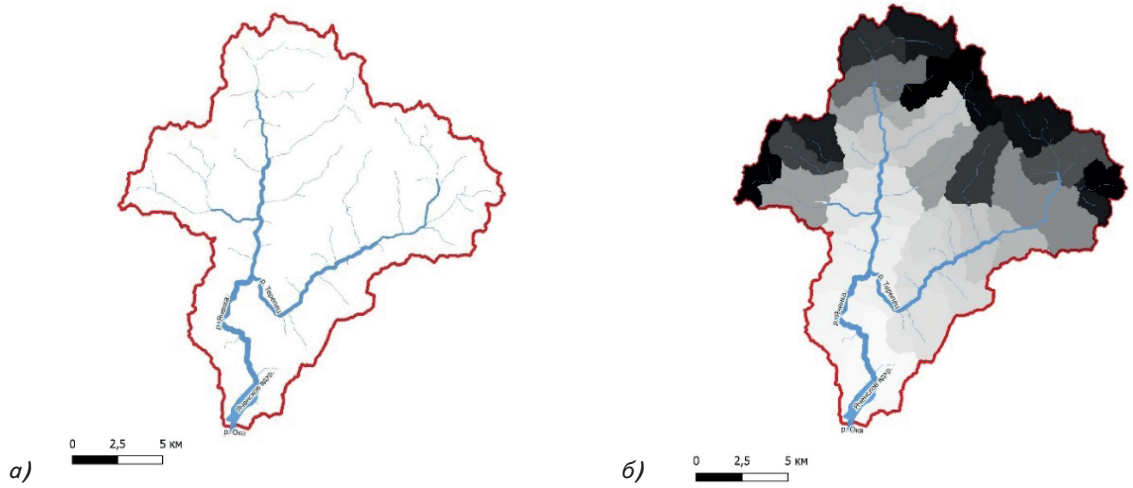
1) подготовка ЦМП к анализу, когда загруженные тайлы объединяются в одну мозаику, обрезаются до размера исследуемой территории и перепроецируются из географической системы координат WGS84 в прямоугольную UTM на датуме WGS84;

2) выполнение корректировки ЦМП FABDEM путем устранения всех ошибочных локальных понижений модели и формирования наклонной поверхности при минимально заданном угле наклона 0,0001°;

3) расчет водосборной площади, который выполняется для отдельных ячеек ЦМП и равняется суммарной площади всех ячеек, сток из которых проходит через данную ячейку;

4) определение границ бассейна р. Яченки путем идентификации всех ячеек, сток из которых проходит через точку с заданными координатами и векторизация полученного растрового изображения;

5) создание векторной геометрической модели сети водотоков при условии, что ячейка относится к сети потенциальных водотоков, если величина водосборной площади в ней превышает некоторый заданный порог (*рис. 1а*);



а) б)

Рис. 1. **Результаты моделирования гидрографической сети (а) и локальных водосборных бассейнов (б)**

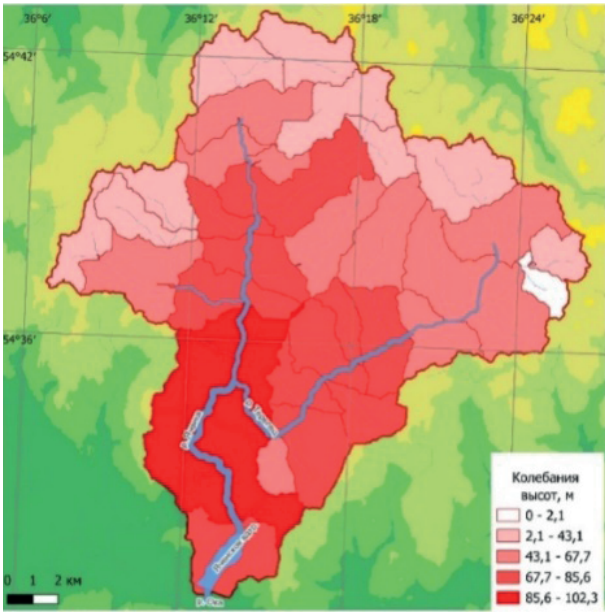
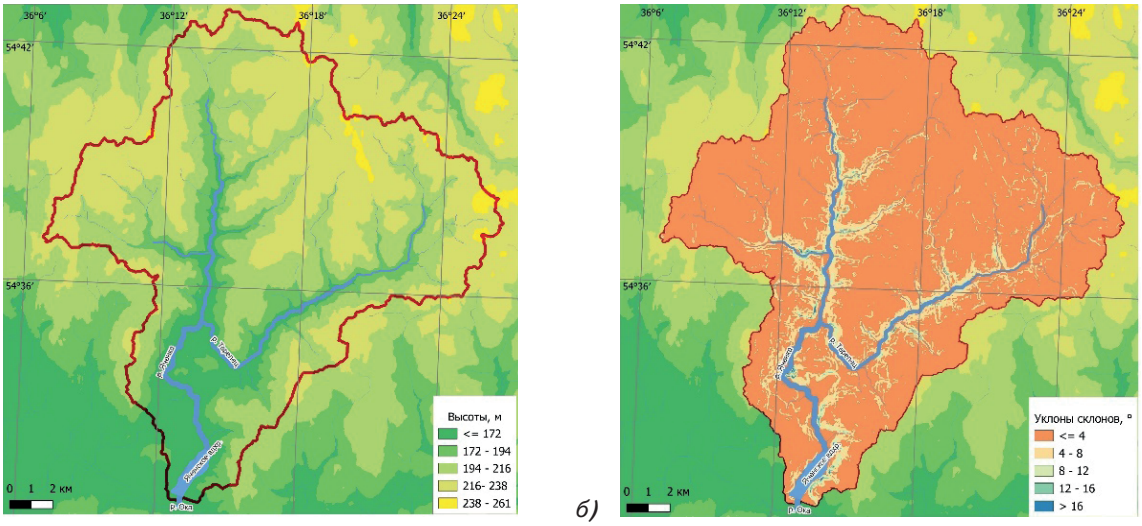


Рис. 2. **Тематическая карта гипсометрических поверхностей локальных водосборных бассейнов**



а) б)

Рис. 3. **Тематические карты высот (а) и уклонов склонов (б) водосбора р. Яченки**

6) моделирование и векторизация сети локальных водосборных бассейнов, которое заключается в разбиении бассейна реки на ряд частных сегментов с условием, что водосбор соответствующего сегмента не включает площади, относящиеся к сегментам, которые лежат выше по течению (*рис. 1б*).

Для определения морфометрических характеристик водосборов р. Яченки в среде QGIS применяются инструменты «Зональная статистика» и «Калькулятор полей». В качестве примера на *рис. 2* представлено картографическое изображение полученных гипсометрических поверхностей локальных водосборных бассейнов.

Кроме того, для определения морфометрических характеристик возникла необходимость расчета и построения ряда вспомогательных картографических изображений, таких как карты высот (*рис. 3а*) и уклонов склонов исследуемого водосбора (*рис. 3б*).

В *табл. 2* показаны рассчитанные по данным ЦМП морфометрические характеристики по бассейну р. Яченки.

Таблица 2

Рассчитанные по данным ЦМП морфометрические характеристики р. Яченки и ее водосбора в створе плотины водохранилища

Характеристика	*Ед. измерения*	*Значение*
Площадь водосбора	км^2	235
Средний уклон склонов водосбора	‰	38
Гидрографическая длина водотока	км	33,2
Средний уклон русла	%	1,75
Средняя высота водосбора	м	203

Можно отметить, что величины морфометрических характеристик, полученных по данным ЦМП и топографическим картам отличаются. В определении площади водосбора ЦМП показала неплохую точность по сравнению с топографической картой, ошибка составила 1%. В тоже время в определении среднего уклона водосбора показана очень плохая сходимость с ошибкой более 17%, ошибка определения длины русла составляет 8%, среднего уклона русла — 6%, что свидетельствует о низкой точности ЦМП по сравнению с топографической картой. Тем не менее, можно считать, что при отсутствии актуальных топографических карт или свежих данных геодезических съемок ЦМП FABDEM является подходящим вариантом для получения оценочной информации о морфометрических характеристика водосборов рек.

Выводы

В результате выполненных работ при помощи геоинформационных технологий получен ряд тематических карт, отображающих отдельные морфометрические характеристики водосбора р. Яченки. Для их подготовки использована ЦМП глобального масштаба FABDEM. Сравнение рассчитанных морфометрических характеристик по ЦМП с полученными по топографическим картам показало неудовлетворительную точность определения первых. Однако, можно предположить, что данный результат в равной степени связан, как с использованием устаревшей информации о состоянии местности, изображенной на топографической карте, так, и с техническими особенностями ЦМП, которые используют системы высот отличные от принятых в России и не привязаны к опорной геодезической сети нашей страны. В тоже время, полученные результаты могут оказаться полезными для общего представления о рельефе водосбора исследуемой реки, предварительной оценки морфометрических характеристик и послужить основой для расчета основных гидрологических характеристик ее поверхностного стока.

Благодарность. Работа выполнена в рамках действия положения о Научно-образовательном консорциуме Института естествознания Калужского государственного университета им. К. Э. Циолковского, Союза «ТПП Калужской области» и ООО фирма «Экоаналитика» от 28.09.2021 г.

Литература

1. Определение гидрографических характеристик картографическим способом: Рекомендации Р 52.08.874—2018 / ГГИ. — СПб: «Победа», 2018. — 172 с.
2. Выбор цифровой картографической основы для определения гидрографических характеристик: Стандарт организации СТО ГГИ 52.08.48—2020. — СПб: «Победа», 2020. — 79 с.
3. *Алисиевич С. В. Ковальчик Н. В., Овчарова Е. П.* Гидрологическое моделирование в ГИС для выявления трансформации пространственной структуры естественных водосборов на территории г. Минска // ГИС-технологии в науках о Земле: Материалы респ. научно-практ. семинара студентов и молодых ученых (Минск, 15 ноября 2023 г.). — Минск: БГУ, 2023. — С. 48—55.
4. *Пьянков С. В., Шихов А. Н.* Геоинформационное обеспечение моделирования гидрологических процессов и явлений: монография. — Пермь: ПГНИУ, 2017. — 148 с.
5. *Энтин А. Л. Самсонов Т. Е., Лурье И. К.* Согласование цифровых моделей рельефа и гидрографической сети для определения границ бассейнов // Геодезия и картография, 2019. Т. 80. № 1. — С. 94—101. DOI: 10.22389/0016—7126—2019—943—1—00—00.
6. *Чумаченко А. Н., Хворостухин Д. П., Морозова В. А.* Построение гидрологически-корректной цифровой модели рельефа (на примере Саратовской области) // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Науки о Земле, 2018. Т. 18. Вып. 2. — С. 104—109. DOI: 10.18500/1819—7663—2018—18—2—104—109.
7. *Шекман Е. А.* Развитие методов моделирования структуры речных бассейнов на основе средств ГИС // Вестник ДВО РАН, 2019. № 4. — С. 136—145. DOI: 10.25808/08697698.2019.206.4.015.
8. *Столярский А. В.* Формирование поверхностного стока Яченского водохранилища // Состояние, ис-

пользование и охрана водных ресурсов: сб. матер., 2016. — С. 17—19.
9. *FABDEM V1—2.* URL: https://data. bris. ac. uk/data/dataset/ s5hqmjcdj8yo2ibzi9b4ew3sn (дата обращения 07.08.2024).
10. *Кузнецова А. С. Пушкарев А. А., Краснощеков К. В., Якубайлик О. Э., Ерунова М. Г.* Применение FABDEM и других современных цифровых моделей рельефа в системе аграрного мониторинга // Информационные и математические технологии в науке и управлении, 2023. № 4(32). — С. 139—147. DOI: 10.25729/ESI.2023.32.4.012.
11. *Hawker L., Uhe P., Paulo L., et al.* A 30 m global map of elevation with forests and buildings removed // Environmental Research Letters, 2022. V. 17. № 2. — 024016. DOI 10.1088/1748—9326/ac4d4f.

References

1. *Opredelenie gidrograficheskih* harakteristik kartograficheskim sposobom: Rekomendacii R52.08.874—2018 / FGBU «GGI». — Sankt-Peterburg: OOO «Pobeda», 2018. — 172 s.
2. *Vybor cifrovoj* kartograficheskoj osnovy dlja opredelenija gidrograficheskih harakteristik: Standart organizacii STO GGI 52.08.48—2020 / FGBU «GGI». — Sankt-Peterburg: OOO «Pobeda», 2020. — 79 s.
3. *Alisievich S. V. Koval'chik N. V., Ovcharova E. P.* Gidrologicheskoe modelirovanie v GIS dlja vyjavlenija transformacii prostranstvennoj struktury estestvennyh vodosborov na territorii g. Minska // GIS-tehnologii v naukah o Zemle: Materialy respublikanskogo nauchno-prakticheskogo seminara studentov i molodyh uchenyh, Minsk, 15 nojabrja 2023 goda. — Minsk: Belorusskij gosudarstvennyj universitet, 2023. — S. 48—55.
4. *P'jankov S. V., Shihov A. N.* Geoinformacionnoe obespechenie modelirovanija gidrologicheskih processov i javlenij: monografija. — Perm. gos. nac. issled. un-t. — Perm', 2017. — 148 s.
5. *Jentin A. L. Samsonov T. E., Lur'e I. K.* Soglasovanie cifrovyh modelej rel'efa i gidrograficheskoj seti dlja opredelenija granic bassejnov // Geodezija i kartografija. — 2019. — T. 80. — № 1. — S. 94—101. — DOI: 10.22389/0016—7126—2019—943—1—00—00.
6. *Chumachenko A. N., Hvorostuhin D. P., Morozova V. A.* Postroenie gidrologicheski-korrektnoj cifrovoj modeli rel'efa (na primere Saratovskoj oblasti) // Izvestija Saratovskogo universiteta. Novaja serija. Serija Nauki o Zemle. — 2018. — T. 18. — Vyp. 2. — S. 104—109. — DOI: 10.18500/1819—7663—2018—18—2—104—109.
7. *Shekman E. A.* Razvitie metodov modelirovanija struktury rechnyh bassejnov na osnove sredstv GIS // Vestnik DVO RAN. — 2019. — № 4. — S. 136—145. — DOI: 10.25808/08697698.2019.206.4.015.
8. *Stoljarskij A. V.* Formirovanie poverhnostnogo stoka Jachenskogo vodohranilishha // Sostojanie, ispol'zovanie i ohrana vodnyh resursov: Sbornik materialov, 2016. — S. 17—19.
9. *FABDEM V1—2.* — URL: https://data. bris. ac. uk/data/dataset/ s5hqmjcdj8yo2ibzi9b4ew3sn (data obrashhenija 07.08.2024).
10. *Kuznecova A. S. Pushkarev A. A., Krasnoshhekov K. V., Jakubajlik O. Je., Erunova M. G.* Primenenie FABDEM i drugih sovremennyh cifrovyh modelej rel'efa v sisteme agrarnogo monitoringa / // Informacionnye i matematicheskie tehnologii v nauke i upravlenii. — 2023. — № 4(32). — S. 139—147. — DOI: 10.25729/ESI.2023.32.4.012.
11. *Hawker L., Uhe P., Paulo L., et al.* A 30 m global map of elevation with forests and buildings removed // Environmental Research Letters. — 2022. — Vol. 17. — № .2. —024016. — DOI 10.1088/1748—9326/ac4d4f.

Сведения об авторах:

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

Иванова Вероника Евгеньевна, старший инженер, Общество с ограниченной ответственностью фирма «Экоаналитика» (ООО фирма «Экоаналитика»); e-mail: ecoanalyt. kaluga@yandex. ru.

Короткие сообщения

Проведение комплексных кадастровых работ

29 октября Владимир Путин подписал Закон №371-ФЗ о внесении изменений, касающихся проведения комплексных кадастровых работ, принятый Госдумой 17 октября и одобренный СФ 23 октября.

В соответствии с Законом в зависимости от источника финансирования комплексные кадастровые работы, выполняемые за счёт бюджетных средств, подразделяются на комплексные кадастровые работы федерального значения, регионального значения и местного значения. Предусматривается, что комплексные кадастровые работы федерального значения выполняются на основании соглашения о предоставлении ППК «Роскадастр» субсидии, заключённого между федеральным органом исполнительной власти, предоставляющим такую субсидию и являющимся получателем средств федерального бюджета, и ППК, являющейся получателем средств федерального бюджета. В этих целях в Федеральном законе определяются требования к содержанию указанного соглашения и порядок его исполнения.

НИА-Природа

АГРОРЕСУРСЫ И ПРОДОВОЛЬСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

ЕЦПБ

Продовольственная безопасность

EDN MRPHAZ

УДК 338.439

Россия и страны Центральной Азии: некоторые природно-ресурсные и социально-экономические аспекты обеспечения продовольственной безопасности

Д. М. Хомяков, к.б.н., д.т.н., проф.,
Факультет почвоведения МГУ имени М. В. Ломоносова

Проанализирована динамика роста населения по странам Центральной Азии. Более высокие показатели характерны для Узбекистана — свыше 2% в год. Прогноз тенденций свидетельствует — по пришествию 35–40 лет в период с 2026 по 2065 годы население пяти стран Центральной Азии достигнет 130 млн человек в совокупности и превысит население России. В условиях ограниченных почвенных и земельных ресурсов, нехватки водных ресурсов, в условиях роста аридизации территории решить вопрос обеспечения растущего населения качественным продовольствием возможно только при устойчивой работе аграрного сектора. Его стабильное развитие в регионе Центральной Азии будет определять природные и социальные факторы. Удачный опыт внедрения системы «Агроэкспресс» позволит расширить номенклатуру перевозимых товаров, включив в перечень сельскохозяйственное сырье, агротехнику, минеральные удобрения, пестицида и иные необходимые материалы, использующиеся в агропроизводстве.

Ключевые слова. страны Центральной Азии, Узбекистан, АПК, сельское хозяйство, минеральные удобрения, агрохимические средства, ВВП, почва, плодородие, продовольственная безопасность.

Введение

Пятое заседание Совета по агропромышленной политике Евразийского экономического союза (ЕАЭС), в котором приняли участие представители государств-членов объединения и Евразийской экономической комиссии (ЕЭК) состоялось 15.11.2024 в Ереване. Участники заседания обсудили вопросы устойчивого развития АПК, перспективные направления господдержки сельского хозяйства в рамках ЕАЭС, совершенствование системы прогнозирования АПК государств-членов Союза и другие актуальные направления совместной работы. Отдельного внимания заслуживают ее результаты в области семеноводства и племенного животноводства, которые были достигнуты благодаря последовательной реализации профильных коллективных соглашений [1].

Страны Центральной Азии с быстрым ростом численности населения на фоне ограниченного количества почвенных и земельных ресурсов, а так же усиливающимся дефицитом воды, с одной стороны, и соседняя Российская Федерация, с уменьшающимся населением и значительным количеством природных ресурсов должны и могут укреплять свои взаимовыгодные партнерские экономические и торговые отношения.

Минсельхоз РФ подчеркивает, что сложная международная обстановка требует ускоренного выхода на уровень самообеспеченности в критически важных сегментах сельского хозяйства и обеспечивающих смежных с ним отраслях экономики. Способствовать достижению этой цели должно развитие цифровой повестки в АПК. Российская сторона активно внедряет цифровые технологии во все отрасли сельского хозяйства [1,2].

Цифровизация управления АПК способствует Минсельхозу РФ системно оценивать ситуацию на рынках продовольствия, товаров, продукции, сырья и комплектующих, необходимых для его производства. Осуществляется оперативное управление: вводятся «плавающие» пошлины, а так же временные

запреты и квоты экспорта и импорта сельскохозяйственной продукции, семян, минеральных удобрений и т.п. Информационные технологии используются в различных подотраслях и конкретных агропредприятиях [2, 4–7 и др.]

Важным шагом в сторону достижения устойчивости и самообеспеченности является российская инициатива по формированию правовых основ стратегического планирования согласованной политики в сфере АПК и сопутствующих отраслей экономики, а так же научного обеспечения их инновационного развития и цифровой трансформации. Это позволит вывести отраслевое сотрудничество на качественно новый уровень, благодаря сближению аграрных курсов стран «пятерки» в ключевых областях. При этом мировой опыт развития «индустриального» сельского хозяйства показывает, что главным драйвером сектора является унификация подходов к стандартам и требованиям сертификации [1].

Методика исследований заключается в сборе, обобщении, анализе и оценке аналитических и теоретических исследований, а также нормативных правовых актов и методических документов, регулирующих вопросы национальной, экологической и продовольственной безопасности, производства агрохимических средств, формирования товарных и сырьевых потоков. В исследовании применялся сравнительный анализ, статистические и общенаучные методы.

Узбекистан выбран в качестве базового объекта изучения и отработки методики. В ней отмечены самые быстрые темпы роста населения в регионе. По прогнозам, его численность к 2050 году превысит 45 млн человек. Доля аграрного сектора в ВВП страны и удельный вес населения занятого в сельском хозяйстве устойчиво превышает 25% [8–15 и др.].

Пересчеты стоимостных показателей выполнены с использованием официальных курсов валют национальных (центральных) банков государств — членов ЕАЭС и СЕГ: для данных на начало, конец года — по курсам на соответствующую дату, для данных за год — по среднегодовым курсам. Используется так же сравнение финансовых показателей по паритету покупательной способности (ППС). Для возможности адекватного представления результатов исследования и корректного сравнения данных выбирается соответствующий временной интервал. В ряде случаев в целях корректного сравнения показателей этот период ограничивается 2021 или 2022 годами.

Результаты исследования

Краткая характеристика роли и места АПК в экономике фокусных стран макрорегиона Центральная Азия. Сравнение фундаментальных предпосылок для развития аграрного сектора региона приведены в *табл. 1*. Это данные об изменении по годам удельного ВВП на душу населения в тысячах долларов по ППС (2021 г.) четырех центральноазиатских республик и РФ. Для проведения корректной оценки использован временной интервал с 2013 по 2023 годы.

Для Туркменистана есть показатели доли ВВП на душу населения [16], со значениями увеличивающиеся с $7,0 тысяч в 2013 году до $9,2 тыс. в 2023 году. Для сравнения, в России эти показатели уменьшались от $15,9 тыс. в 2013 году до $8,7 тыс. в 2016 г., затем снова росли до $15,4 тыс. в 2022, и вновь снижались — до $13,8 тыс. в 2023 году, соответственно. Для Кыргызстана это значение в 2023 г. — $2,0 тыс.; для Таджикистана — $1,2; для Казахстана — $13,1; Узбекистан — $2,5 тысяч.

Вышеприведенные данные свидетельствуют о сохранившейся или даже усилившейся за 32 года дифференциации социально-экономического развития независимых стран, сформировавшихся после трансформации СССР. Выявлена очевидная неравномерность роста показателя ВВП на душу населения по странам по ППС в постоянных международных долларах 2021 года. Самые высокие они у Таджикистана — свыше 50%, у Кыргызстана и Узбекистана — свыше 40%. Для Казахстана — это 14% и порядка 8% — у РФ.

Всемирный банк опубликовал доклад об экономике Европы и Центральной Азии [17]. Согласно прогнозам, экономика стран ЦА вырастет в 2024 году на 4,3%, что меньше показателя 2023-го (5,6%). В Казахстане на фоне задержки с реализацией проекта расширения Тенгизского месторождения нефти и ужесточения фискальной политики ожидается замедление роста до 3,4% по сравнению с 5,1% в 2023 году.

Оценки экономического роста в других странах ЦА были пересмотрены в сторону повышения, в среднем, почти на 1 процентный пункт, что отражает оживление потребления, увеличение объема государственных расходов и сохранение поддержки в виде денежных переводов из России и расширения торговли с ней.

Несмотря на улучшение прогноза, ожидаемый прирост ВВП на душу населения в странах Централь-

Таблица 1

Динамика ВВП на душу населения по странам, тыс. долл. по ППС (2021 г.) [16]

Страна	*2013*	*2014*	*2015*	*2016*	*2017*	*2018*	*2019*	*2020*	*2021*	*2022*	*2023*
Россия	36,6	36,2	35,4	35,4	35,9	36,9	37,7	36,7	38,9	38,3	39,8
Казахстан	31,1	31,9	31,8	31,7	32,6	33,5	34,6	33,3	33,9	34,2	35,5
Узбекистан	6,0	6,4	6,7	7,0	7,2	7,4	7,7	7,8	8,2	8,4	8,8
Кыргызстан	4,5	5,6	5,7	5,8	6,0	6,1	6,2	5,7	5,8	6,1	6,4
Таджикистан	2,9	3,0	3,1	3,2	3,4	3,5	3,7	3,8	4,1	4,3	4,6

Примечание: здесь и далее в таблицах и в тексте данные приведены с округлением до десятых

Таблица 2

Вклад аграрного сектора в ВВП по странам, % [18]

Страна	*2010 г.*	*2015 г.*	*2020 г.*	*2023 г.*
Узбекистан	26,9	29,2	25,1	23,0
Таджикистан	19,6	21,6	24,0	22,9
Кыргызстан	17,4	14,1	13,6	9,7
Туркменистан	11,3	9,3	10,8	11,6
Казахстан	4,5	4,7	5,4	4,3
Россия	3,3	3,9	4,0	3,3

ной Азии составит в текущем году лишь 2,7%. Это самые низкие темпы роста среди всех субрегионов Европы и ЦА, не считая Турции [17].

По информации Всемирного Банка экономическое развитие ряда стран в большой мере обусловлено аграрным сектором [18]. Из данных *табл. 2* следует, что сельское хозяйство формирует более чем четверть ВВП Узбекистана. В остальных странах этот показатель ниже. АПК так же вносит значительный вклад от 10 до 25% (Таджикистан, Кыргызстан и Туркменистан). Для Казахстана и России — это 4,0–5,5%. В последние 15 лет только для Кыргызстана выявлена тенденция к снижению роли агропроизводства в формировании добавленной стоимости.

Принята Стратегия развития сельского хозяйства Республики Узбекистан на 2020–2030 годы (Указ Президента РУ от 23.10.2019 № УП-5853 «Об утверждении стратегии Развития сельского хозяйства Республики Узбекистан на 2020–2030 годы»). Согласно документу, ожидается, что сфера станет основной точкой роста экономики. Создание в АПК тысяч рабочих мест будет способствовать дальнейшему повышению доходов населения. В аграрной отрасли занято свыше четверти населения республики. Глубокие структурные изменения в данном направлении уже показывают практические результаты. При этом происходит рост инвестиций в сельское хозяйство как денежном, так и в относительном выражении [8–14].

Вследствие системных мер по поддержке аграрной сферы и расширению экономической заинтересованности, которые были осуществлены государством, по итогам 2023 года общий объем дохода сельского, лесного и рыбоводческого хозяйства составил 426,3 трлн сумов, увеличившись на 4,1% по сравнению с 2022 годом.

Объем ВВП Узбекистана в 2023 г. составил 1066,6 трлн сумов в текущих ценах (к 11.03.2024 $ равен 12496,4 сума). Рост экономики по сравнению с уровнем 2022 года составил 6%. Рост ВВП наблюдался в сельском, лесном, рыбном хозяйстве — 4,1, промышленности — 6,0, строительстве — 6,4, торговле — 10,2, услугах перевозки, хранения, информации и связи — 12,3, других сферах обслуживания — 4,5%, соответственно.

Доля сектора сельского, лесного, рыбного хозяйства в экономике составила 24,3%; промышленности — 26,1%; строительства — 6,2%; сферы услуг — 43,4%. Вклад сферы услуг в рост ВВП равен 2,6%; отраслей промышленности — 1,5% сельского, лесного, рыбного хозяйства — 1,0; строительства — 0,4%, соответственно.

Оценка перспектив развития внешнеторговой деятельности Узбекистана. Страна поставила перед собой цель в ближайшей перспективе войти в ряд развитых стран. Для этого республике нужны новые экспортные рынки. Чтобы поддержать отечественные предприятия-экспортеры, стимулировать производство конкурентоспособной продукции, оптимизировать импорт и обеспечить внешнеторговый баланс, в стране создана комплексная система льгот и преференций. Несмотря на изменения конъюнктуры на мировых рынках, за последние пять лет внешнеторговый оборот вырос в 1,5 раза [8–14].

Процедуры оформления при доставке товаров на экспорт заметно упрощены и удешевлены. Внедряются механизмы учета (регистрации) экспортных соглашений по принципу «единое окно», при котором сертификация, санитарно-эпидемиологический контроль и другие процедуры таможенного оформления осуществляются одновременно.

Созданы специализированные структуры, помогающие субъектам малого бизнеса в стандартизации и сертификации продукции, выводу их на внешние рынки. Благодаря этому в 2023 г. внешнеторговый оборот республики достиг $62,6 млрд с ростом в 23,9% по сравнению с 2022 годом. Экспорт составил $24,4 млрд, импорт — $38,2 млрд.

Узбекистан наладил торговые связи со 198 государствами. Весомая их доля приходится на Китай (21,9%), Россию (15,8%), Казахстан (7%), Турцию (5%), Республику Корея (3,7%). За последние пять лет интенсифицировалась торговля с Туркменистаном — в 2, с Таджикистаном — в 1,6, с Казахстаном — в 1,3, с Кыргызстаном — в 1,2 раза. В прошлом году основными партнерами республики по экспорту товаров и услуг стали Россия (13,5%), Китай (10,1%), Казахстан (5,6%), Турция (5,1%), Афганистан (3,5%) и Кыргызстан (2,6%).

Доля товаров в составе экспорта составила 78,8%. Основная их часть приходится на промтовары (16,6%), продовольственную продукцию (7,3%), химические вещества (5,4%), оборудование и транспорт (5,3%). Ведущей в экспорте стала текстильная отрасль. Ее доля составила 12,5%. По итогам 2023 г. реализовано за границу продукции на $3,1 млрд.

Осуществлен экспорт плодоовощной продукции объемом 1,8 млн тонн на $1,2 млрд, что на 3,3% больше, чем в 2022 году. Он в последние 15 лет стабильно занимает долю от 5,5 до 7,5% в общем объеме экспорта республики.

С учетом приведенных данных [8—15 и др.], можно сделать вывод о том, что для Узбекистанf сельское хозяйство в настоящее время является и в среднесрочной перспективе останется базовой отраслью экономики.

Перспективы увеличения численности населения макрорегиона до 20250 года. Отдел народонаселения ООН оценивает исторические демографические тенденции за период с 1950 г. по настоящее время и прогнозирует будущие демографические тенденции до 2100 года. Они основаны на всех доступных источникав данных о численности населения и уровнях рождаемости, смертности и международной миграции для 237 отдельных стран или регионов, составляющих общее население мира.

Временные ряды оценок населения и компонентов изменения населения являются критически важными входными данными для создания демографических прогнозов, поскольку они обеспечивают отправную точку для прогнозируемых будущих тенденций. Все вычисления производятся по одному году возраста и по одному временному интервалу. Для учета демографического баланса цифры численности населения теперь вычисляются на 1 января (0h) данного года, а все подсчеты и показатели жизненно важных событий относятся к календарным годам (с 1 января по 31 декабря). Когортно-компонентный метод также использовался для прогнозирования тенденций численности населения до 2100 года с использованием различных демографических предположений относительно компонентов изменения численности населения. Данные по странам ЦА и РФ приведены в *табл. 3*.

На сайте Росстата приведена численность постоянного населения страны без учета новых регионов: на 01.01.2023 она составила 146,45 млн человек, а 01.01.2024—146,15 млн человек соответственно.

Достижение ЦУР предусматривает ликвидацию голода и обеспечение продовольственной безопасности для растущего населения. Население фокусного макрорегиона с 70-х гг. XX в. по настоящее время увеличилось более чем в 2 раза. При этом с момента распада СССР, в отличие от России население в регионе выросло более чем в 2 раза — с 37,3 млн человек до 80,0 млн. В приведенном прогнозе, начиная с 2045 года она превысит 100 млн человек. Рост продолжится в перспективе до 2050 года.

Динамика роста населения по странам макрорегиона была и останется неравномерной. Более высокие показатели характерны для Узбекистана [10—12, 19]. Население республики к 2050 году увеличится на 40%. Для России прогнозируется снижение на 10% по сравнению с текущим значением [19].

Прогноз тенденций позволяет сделать вывод, что по пришествию 35—40 лет в период с 2026 по 2065 годы население пяти стран ЦА достигнет 130 млн человек в совокупности и превысит население России.

При таком росте населения, в условиях ограниченных почвенных и земельных ресурсов, нехватки водных ресурсов, в условиях роста аридизации территории решить вопрос обеспечения растущего населения качественным продовольствием возможно только при устойчивой работе аграрного сектора. Последнее невозможно без расширенного воспроизводства плодородия почв земель сельхозназначения и эффективного использования агрохимических средств на фоне водосберегающих агротехнологий.

Водные ресурсы Узбекистана в контексте региональных проблем. В республике 20% водных ресурсов формируются на территории страны, оставшаяся часть — на территории соседних государств. В результате изменений климата из года в год сокращаются объемы возможных водных ресурсов и количество их источников. Сложной остается ситуация по управлению трансграничными реками. По прогнозам, к 2030 г. в Узбекистане нехватка воды может достичь 15 млрд кубометров.

Однако даже в таких условиях вода используется крайне нерационально. В стране 90% водных ресурсов расходуется на сельское хозяйство. Например, на орошение 1 га хлопкового поля в год тратится 10—11 тысяч кубометров воды, тогда как в странах со схожими климатом и почвой — в 2—3 раза меньше. Это достигается за счет правильного управления ресурсами, недопущения их потери и использованием водосберегающих технологией орошения.

Таблица 3

Текущая численность населения стран Центральной Азии и России, прогноз ее изменения в перспективе до 2050 года [19]

Страна	*2023 г.*	*2035 г.*	*2050 г.*
Казахстан	19,9	22,5	26,0
Кыргызстан	6,8	8,0	9,5
Таджикистан	10,2	12,7	16,0
Туркменистан	7,1	7,4	8,3
Узбекистан	36,4	42,9	51,2
Всего по пяти странам	80	93	111
Россия	146,9	139,2	133,1

На водное хозяйство ежегодно направляется объем средств эквивалентных $1 млрд. Данная сфера национальной экономики является четвертым по величине получателем бюджетных ассигнований после образования, здравоохранения и сельского хозяйства. Однако, из-за неправильного ведения расчетов, сохранения устаревших подходов к управлению водными ресурсами, это не дает ожидаемого эффекта.

Президент Узбекистана поставил задачу сделать 2024 год началом периода перехода на чрезвычайный режим водопотребления и осуществления комплекса работ по экономии воды. Посчитано, что в целом, в результате потерь воды экономика республики не получает доходов в сумме эквивалентной $5 млрд в год.

Первостепенной задачей является бетонирование каналов и арыков. По расчетам, в ирригационных системах с естественным покрытием в год в среднем теряется 14 млрд кубометров или 36% воды без какой-либо экономической выгоды. Наибольшее количество потерь происходит в Республике Каракалпакстан, Наманганской, Навоийской, Хорезмской и Бухарской областях. В расположенных в конце каналов 175 тысяч га посевных площадях ситуация с водоснабжением крайне тяжелая. В этой связи в водном хозяйстве объявлен «ударный год по бетонированию каналов». Была поставлена задача забетонировать в 2024 году 1,5 тыс. км, т.е. в 4 раза больше каналов, чем в 2023 году. В 2025 г. предстоит забетонировать не менее 2 тыс. км каналов. Наиболее оптимальным сроком проведения работ является время с ноября по март месяцы. Хокимам областей и районов поручено перевести за один 2024 год 3,5 тысячи км внутренних ирригационных систем на бетонные покрытия. Строительству каналов должно осуществляться по современным проектам, а при предоставлении заинтересованным в этом кластерам и фермерам специальной техники и строительных материалов можно вдвое сократить расходы.

Вторая важная задача заключается во внедрении водосберегающих технологий. В Узбекистане имеется 4,3 млн га орошаемых площадей, из них на 30% внедрены водосберегающие технологии. У таких агропроизводителей достигается экономия воды на 30–40%, а удобрений и горючего — на 25–30%. Повышение урожайности сопровождается повышением окупаемости агрохимических средств. В Кашкадарьинской области, где высокая себестоимость воды, таким способами орошаются всего 16% мелиорируемых площадей. Выравнивание поверхности полей с помощью лазерного нивелирования, являющейся самым простым агротехническим мероприятием, позволяющим экономить воду. В Кашкадарьинской, Самаркандской и Ташкентской областях такие площади составляют менее 10%.

Одной из причин — является экономическая. Не налаженный механизм возмещения части кредита фермерам, внедрившим водосберегающие технологии. Для кластеров и фермерских хозяйств, желающих их внедрить, будет создана кредитная линия на пять лет, с двухлетним льготным периодом, с выплатой процентов в размере 14% годовых. Для этого будет запущена открытая электронная платформа, где процесс заключения договоров и с банком, и с поставщиками будет происходить в режиме онлайн. В 2024–2026 годах будет продолжена практика субсидирования 15% от стоимости сельскохозяйственной техники и 30% стоимости лазерных нивелиров. На всех посевных площадях будет выполнено лазерное нивелирование, а после 2026 года с площадей где оно не использовалось будут значительно увеличены земельный и водный налоги.

Третья важная задача — сокращение расходов по доставке воды. В настоящее время на поставляемый кластерам и фермерам 1 кубометр воды в среднем расходуется 212 сумов. Однако это в 2–3 раза дороже в Бухаре, Кашкадарье и Намангане. Вместе с тем, 63% расхода воды приходятся на насосные станции. В частности, для полива в год расходуется 7 млрд киловатт часов электроэнергии, поскольку 80% водных насосов морально и физически устарели, а энергопотребление остается высоким. Выходом может быть модернизация насосного оборудования и передача его в управление создаваемым частным партнерствам. При участии международных финансовых организаций нужно обновить 95 насосных станций, и в начале 2024 года был объявлен тендер по еще 118 насосным станциям. Иностранные компании так же выдвинули инициативу по принятию в управление 268 насосов.

В целом, благодаря этим мерам в 2024 году расходы на электропитание насосов можно сократить на 300 млн кВт-ч., а за следующие три года — на 1,5 млрд киловатт-часов.

В сельском хозяйстве Узбекистана за год было потреблено 39 млрд кубометров воды. Из них 36%, или 14 млрд кубометров, было потеряно в каналах с земляным руслом. Ещё 5–6 млрд кубометров теряется из-за устаревших методов полива, то есть свыше 50% или почти 20 млрд кубометров воды расходуется неэффективно.

Для орошения 2,5 млн га земель сегодня используется свыше 5000 насосов и в год тратится 7 млрд кВт-ч электроэнергии. Однако 80% насосов работают уже 35–40 лет и выработали свой ресурс. Примечательно, что в 2020 году сообщалось, что свыше 60% насосов выработали свой ресурс, а потери воды составляют 35–40%, то есть за три года вместо модернизации насосов и снижения потерь ситуация только ухудшалась, несмотря на выделенные средства.

По прогнозам к 2030 г. Узбекистану будет нехватать 7 млрд кубометров воды (25% от текущих объёмов). Партнёр BCG оценил инициативы по водосбережению в Узбекистане в сумму $10 млрд. Без оптимизации затрат и формирования «дорожной

карты» мероприятий с обозначенными приоритетами будет трудно решить данную задачу.

Растущие тарифы на питьевую воду в Узбекистане, сокращение площадей для выращивания риса в Каракалпакстане, приостановка подачи поливной воды из Кыргызстана в Казахстан говорят об усугубляющемся водном кризисе в Центральной Азии.

В Узбекистане за последние два года на водное хозяйство из бюджета было выделено 22 трлн сумов ($1,8 млрд), в т.ч. около 1 трлн субсидий ($81 млн) на водосберегающие технологии. Об этом стало известно в ходе совещания у Президента Узбекистана 20.10.2023. Отметим, что по состоянию на 01.01.2023 Узбекистан привлёк в сферу сельского и водного хозяйства $2,54 млрд в качестве госдолга.

Была подчеркнута важность увеличения ассигнований на бетонирование оросительных каналов и внедрение водосберегающих технологий. В частности, в 2024 г. планируется реализовать проекты водной инфраструктуры на сумму 1,7 трлн сумов ($139,2 млн), а также $300 млн от международных финансовых организаций.

В сельском хозяйстве необходимы инновации и наукоемкие технологии, в т.ч. цифровые. Актуальна задача повысить урожайность хлопчатника до 50 ц/га, зерна — до 100 ц/га за счёт широкого использования современных научных достижений в области почвоведения, селекции и агротехники, в т.ч. эффективного применения минеральных удобрений [13].

При получении 1 т зерна в зависимости от почвенно-климатических условий, культуры и сорта вынос основных элементов минерального питания растений меняется. Мы приняли, что при сборе 100 ц/га зерна, с ним и соответствующим количеством побочной продукции (соломы), из почвы в среднем извлекается в действующем веществе (д.в.) 350 кг азота, 130 кг фосфора и 240 кг калия. В сумме — 720 кг д.в. С урожаем в 50 ц хлопка-сырца с 1 га выносится 225 кг азота, 80 кг фосфора и 240 кг калия в пересчета на д.в., соответственно. Суммарно — 545 кг д.в.

Это количество удобрений (в д.в.) с поправкой на коэффициент использования элементов минерального питания в текущем вегетационном периоде надо ежегодно вносить для обеспечения потребности возделываемых культур и получение планируемого урожая с заданным качеством зерна, хлопкового волокна и семян.

Почвенные ресурсы и посевные площади стран Центрально-Азиатского региона и РФ. ЮНЕП выдвинула концепцию «безопасного рабочего пространства» (БРП). Предлагается к 2030 г. использовать для нужд потребления не более 0,2 га пахотных почв на человека. Превышение данного показателя вызовет риск неприемлемого уровня: приведет к необратимому ущербу в виде сокращения биоразнообразия, высвобождения двуокиси углерода, нарушения круговорота воды и питательных веществ, вовлечения в сельхозоборот новых участков и сокращения площадей почв в естественных биогеоценозах [20]. Во многих случаях сельхозугодья расширяются за счет лесов, особенно в тропических регионах, а так же территорий, где очевидны проявления деградационных процессов почв и агроландшафтов в будущем [21].

Мониторинг должен показывать, находятся ли страна или регион в пределах своего БРП или вышли за него. Среди предлагаемых мер: интенсификация сельхозпроизводства экологически и социально приемлемыми способами; инвестиции в восстановление деградированных почв и ландшафтов; планирование землепользования и совершенствование землеустройства; минимизация расширения селитебных территорий за счет плодородных почв и т.д.

Согласно оценкам ЮНЕП, мировая площадь пашни может безопасно увеличиться лишь до 1640 млн га. При инерционном сценарии ожидаемый глобальный спрос на почвенные ресурсы к 2050 г. выйдет за пределы БРП.

Мониторинг глобального землепользования странами и регионами для их внутреннего потребления должен показывать, находятся ли они в пределах своего БРП или вышли за его пределы [20, 21].

В ЕС сейчас в среднем индекс БРП составляет 0,35 га/чел. с колебанием по странам: от 0,06 — в Нидерландах и Бельгии, 0,15 — в Австрии и Германии до 0,44 — в Венгрии и Болгарии. В США — 0,45 га/чел., Китае — 0, 088 га/чел., Индии — 0,124 га/чел. В России с населением — 146, 15 млн человек реальный индекс БРП, учитывающий площадь посевов и паров [22—24], составляет 0,63 га/чел., а «статистический» — 0,73.

В РФ сохраняется негативная тенденция в отношении земель сельскохозяйственного назначения, площадь которых сократилась в 1,6 раза — с 638 млн га в 1990 г. до 379,1 млн га в 2022 году. При этом площадь сельхозугодий за тот же период сократилась на 16 млн га (с 213,8 млн га до 193,7 млн га), а площадь особо ценных пахотных земель — на 14,9 млн га (со 132,2 млн га в 1990 г. до 116,0 млн га в 2022 г.). Это эквивалентно более 16% всей посевной площади в 2022 г. — 82,3 млн га (площадь чистых паров — 10,4 млн га). Очевидно несоответствие площадей пашни и посевов, что говорит о проблемах учета и наличие участков с неопределенным пока правовым статусом. Разница этих двух чисел показывает отсутствие полной и объективной информации в системе регистрации и учета объектов недвижимости [22—24].

Россия является одной из немногих стран в мире, обладающих возможностью расширения площади посевов сельхозкультур еще на 5,6 или даже на 13,2 млн га (Постановление Правительства РФ от 14.05.2021 № 731 (ред. от 27.12.2023) «О Государственной программе эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса Российской

Федерации»). В нем так же отмечено, что «выбывшие из сельхозоборота земли деградируют». Фактически вновь возникают ранее решенные проблемы чересполосицы, вкрапливаний, вклиниваний. Как следствие, на таких землях агропроизводители недополучают существенный объем продукции растениеводства.

Интенсивность использования находящихся в обороте земель сельскохозяйственного назначения постоянно увеличивается, что также создает риск достижения предела роста производства сельскохозяйственной продукции, для минимизации которого требуются, с одной стороны, целенаправленные усилия по сохранению и повышению плодородия почв, а с другой стороны — вовлечение в оборот новых земель сельскохозяйственного назначения.

При этом с 1997 года не осуществляется качественная оценка продуктивных земель сельскохозяйственного назначения, не проводится комплексная внутрихозяйственная оценка земель по плодородию, местоположению и технологическим свойствам земельных участков. Не выполняется оценка состава земель сельскохозяйственного назначения не только по формам собственности, но и по угодьям, степени проявления процессов деградации (водной эрозии, дефляции, засоления и др.), культуртехническому состоянию».

С продолжающимся пока ростом численности населения Земли [19,20] конкуренция за территорию, землю, воду, почву и энергию, несомненно, усиливается. Это будет происходить на фоне все более ощутимых последствий глобальных негативных изменений компонентов природной среды и климата. По нашим расчетам, к 2050 г. потенциальный прирост мировой площади пахотных почв к нынешним 1550 млн га может составить максимум до 500 млн га. При этом до 850 млн га уменьшат свое плодородие вследствие активизации процессов деградации, если они будут продолжаться с текущей скоростью. Тогда названные площади частично будут выведены из севооборотов или полностью исключены из сферы сельхозпроизводства. В итоге общая площадь плодородных пахотных почв может уменьшиться до 1200 млн га, а население (потенциально по прогнозам) возрастет до 9,5 млрд человек. Экологические, экосистемные риски значительно увеличатся, а обеспечивать продовольственную безопасность станет проблематичным.

Восстановление, рекультивация, альтернативное использование ландшафтов — это актуальные темы современной повестки дня для всех стран. Учитывая совокупность социальных, экономических и природных процессов, используют термин «ревитализация» сельских территорий. Это уже стало новым приоритетным направлением для достижения ЦУР и обеспечения продовольственной безопасности [25].

Особенности географического положения, наличия значительного количества пустынных, полупустынных и горных территорий, обуславливают ограниченность и недостаток пахотных почв в составе земель сельхозназначения (*табл. 4*). В четырех странах ЦА (Казахстан является исключением), увеличение посевных площадей не происходит ввиду природных ограничений. В последнее время к ним прибавились аридизация агроландшафтов и климата, опустынивание, дефицит водных ресурсов для орошаемого земледелия, нерешенная проблема Арала и т.д.

В Казахстане, стране с общей площадью территории — 2,72 млн км² (9-е место в мире по территории и 62-е по численности населения), посевная площадь сократилась с 35,1 млн га в 1992 году до 17,7 млн га в конце 90-х годов прошлого века. Сейчас происходит оптимизации структуры землепользования, посевы растут, в настоящее время это уже свыше 23,2 млн га [26,27]. Данные по РФ так же приведены в табл. 4 [22—24].

Площадь пахотных почв в расчете на одного жителя для пяти стран Центральной Азия и изменение этого рассчитанного нами показателя (по данным [8—12, 19, 22—24, 26—29]) приведена в *табл. 5*. Это индикатор напряженности ситуации по достижению продовольственной безопасности с возможностью расширять сельскохозяйственную деятельность. Важно отметить, что для всех стран региона этот показатель имеет четкую тенденцию к снижению. Его темпы самые высокие в Узбекистане (почти в 2 раза с 2000 года), а самые низкие в Казахстане — на 10% за аналогичный период. Учитывая рост населения и ограниченность земельного банка, данная динамика будет продолжена. Следовательно ситуация требует постоянного контроля и поиска путей снижения экономических и социальных рисков.

Почвенные и водные ресурсы в Центрально-Азиатском регионе уже дефицитны. Процессы опу-

Таблица 4

Посевные площади в странах Центральной Азии и России, млн га [8—11, 22—24, 25—29]

Страна	*1996—2000*	*2001—2005*	*2006—2010*	*2011—2015*	*2016—2020*	*2021*	*2022*
Казахстан	19,5	17,7	20,1	21,2	22,0	22,9	23,2
Кыргызстан	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
Таджикистан	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8	0,9	0,9
Туркменистан	1,6	1,6	1,6	1,6	1,5	1,7	1,7
Узбекистан	3,7	3,7	3,8	3,7	3,4	3,3	3,3
Россия	92,2	79,7	76,0	77,5	79,7	80,4	82,3

Таблица 5

Площадь пахотных почв, занятых посевами сельхозкультур, в расчете на одного жителя для пяти стран Центральной Азии, га/чел. (расчет автора)

Страна	*1996–2000*	*2001–2005*	*2006–2010*	*2011–2015*	*2016–2020*	*2021*	*2022*
Казахстан	1,29	1,18	1,27	1,22	1,19	1,17	1,17
Киргизия	0,26	0,24	0,22	0,21	0,19	0,17	0,17
Таджикистан	0,15	0,14	0,12	0,11	0,09	0,08	0,8
Туркменистан	0,36	0,34	0,31	0,30	0,27	0,26	0,25
Узбекистан	0,15	0,14	0,14	0,12	0,11	0,09	0,09

стынивания и аридизации не прекратились [13,14, 30 и др.]. Торговля помогает решить проблемы недостатка продовольствия для стран с низким уровнем обеспеченности природными ресурсами, испытывающими проблемы социально-экономической адаптации.

Потребление продуктов питания все чаще происходит вдали от места производства. В странах, являющимися потенциальными экспортерами, существует соблазн увеличить производство продукции на экспорт за счет деградации агроландшафтов, почв и водных ресурсов, расширения площадей пашни или пастбищ за счет сведения лесов, использования экстенсивных ресурсоемких агротехнологий и т.д.

В 2023 г. Азия оставалась регионом мира, наиболее подверженным бедствиям, связанным с погодными, климатическими и гидрологическими опасными явлениями. Согласно новому докладу ВМО, паводки и ураганы стали причиной самого большого количества зарегистрированных жертв и экономических потерь, в то время как воздействие волн тепла становилось все более серьезным. Долгосрочный тренд потепления ускоряется, а связанные с водой опасные явления являются главной угрозой, но угроза экстремальной жары становится все более серьезной. Таяние ледников угрожает будущей водной безопасности [31].

Аграрный сектор экономике Узбекистана. По итогам 2023 г. в структуре валовой добавленной стоимости (ВДС) доля сельского, лесного и рыбного хозяйства составила 24,3% [9, 10]. Анализ показал, что значительная доля отрасли сельского, лесного и рыбного хозяйства в структуре валового регионального продукта принадлежит Джизакской области (49,2%), тогда как низкий удельный вес прослеживался в Навоийской области (13,9%).

В январе-декабре 2023 г. в разрезе регионов значительные объемы продукции (услуг) сельского, лесного и рыбного хозяйства отмечались в Самаркандской (51 216,4 млрд сум), Андижанской (43 276,3 млрд сум), Ташкентской (41 001,6 млрд сум), Кашкадарьинской (40 167,9 млрд сум), Ферганской (39 421,6 млрд сум) и Бухарской (38 398,6 млрд сум) областях, тогда как в Сырдарьинской области (14 675,1 млрд сум), Республике Каракалпакстан (16 548,3 млрд сум) и Навоийской (19 693,7 млрд сум) области зафиксированы относительно низкие объемы.

Самаркандская и Андижанская области по общему объему производства продукции (услуг) сельского, лесного и рыбного хозяйства занимают лидирующее место по республике, это характеризуется тем, что среди регионов значительная доля в производстве таких сельскохозяйственных продуктов, как мясо, молоко, овощи, картофель, виноград, плоды и ягоды, принадлежит данным областям. Необходимо отметить, что среди регионов низкий удельный вес в производстве таких сельхозпродуктов, как мясо, молоко, яйца, овощи, картофель, виноград, плоды и ягоды, зафиксирован в Сырдарьинской области и Республике Каракалпакстан.

Анализируя темпы роста продукции (услуг) сельского, лесного и рыбного хозяйства по регионам по отношению к аналогичному периоду 2022 года, следует отметить, что высокие темпы роста наблюдались в Сырдарьинской (106,4%), Наманганской (104,5%), Самаркандской (104,4%), Кашкадарьинской (104,3%) областях, Республике Каракалпакстан, Джизакской и Хорезмской областях (по 104,1%).

Удельный вес Самаркандской области в общем объёме продукции (услуг) сельского, лесного и рыбного хозяйства республики составил 12,0% и она лидирует среди регионов. Андижанская и Ташкентская области занимают последующие места с показателями 10,2% и 9,6% соответственно. Наиболее низкая доля отмечена в Сырдарьинской области (3,4%), Республике Каракалпакстан (3,9%) и Навоийской (4,6%) области [9, 10].

В целом, в последние годы сельское хозяйство Узбекистана развивается как в количественном, так и в качественном аспекте. Внедряются новые техника и технологии, практикуется глубокая переработка продукции, создается система агрокластеров. В 2023 году производство в отрасли выросло на 4,1%, составив 426 трлн сумов. Экспорт достиг почти $2 млрд. Были созданы 152 тыс. га садов и виноградников, запущены мощности по переработке 185 тыс. т фруктов и овощей, 31 тыс. т мяса и 485 тыс. т молока. Впервые было получено 3,7 млн т хлопка (волокна), 8,0 млн т зерна. Система учета и продажи продукции осуществляется в цифровом формате.

Для дальнейшего стимулирования заинтересованности, в этом году в зерновом хозяйстве будет внедрена аналогичная применяемой в хлопководстве система предоставления льготных кредитов напрямую фермерам. Кроме того, расходы на транс-

портировку и хранение пшеницы, закупленной за государственные ресурсы, будут полностью покрываться из бюджета.

Важным аспектом устойчивости фермерских хозяйств является снижение затрат. В связи с этим были даны поручения Президента Узбекистана по снижению себестоимости производства минеральных удобрений на 15% в 2024 г., созданию достаточного предложения на бирже для внутреннего потребления (900 тыс. т д.в.) и организации складов удобрений дополнительно в 70 районах. Будут контролироваться качество и наценка на минеральные удобрения. Агропроизводителям (фермерам) будут созданы условия для покупки удобрений за свой счет. Порядок обязательной регистрации на логистическом портале транспорта для перевозки минудобрений со складов будет отменен.

Для сокращения потерь воды в 2024 году на бетонирование 75 крупных каналов из бюджета выделено 680 млрд сумов. Введена система предоставления кредитов под 14% на срок до 5 лет с льготным периодом в 3 года для внедрения водосберегающих технологий.

Увеличение производства продукции сельского хозяйства происходит в условиях ограниченных ресурсов площадей пахотных и орошаемых почв, не возможности увеличивать оросительные нормы и потребление воды. О необходимости интенсификации агропроизводства свидетельствуют расчеты: средняя урожайность и хлопчатника, и зерновых с 1 га в Узбекистане ниже, чем в развитых странах, при этом удобрения, топливо и вода используются в два раза больше, отметил Президент [32].

Инновационные бизнес-стратегии и логистические решения на продовольственном рынке «Россия — Центральная Азия». Минэкономразвития РФ совместно с заинтересованными ФОИВ ведет работу, направленную на запуск проекта организации ускоренных железнодорожных перевозок «Агроэкспресс» с Узбекистаном. В рамках проекта будет предоставлена господдержка импортерам продукции АПК в направлении «Узбекистан-Россия».

Соглашение о взаимодействии по вопросам реализации проекта ускоренных железнодорожных перевозок «Агроэкспресс» из Узбекистана в Россию подписано правительствами двух стран на уровне профильных министерств. Документом заложена межгосударственная правовая база для взаимодействия сторон по комплексной реализации проекта «Агроэкспресс». Он предполагает импорт узбекистанских товаров АПК полносоставными контейнерными поездами, состоящими из универсальных и рефрижераторных контейнеров.

Соглашение позволит заложить международную правовую основу для увеличения товарооборота между Россией и Узбекистаном путем обогащения российского рынка сельхозпродукцией узбекистанского происхождения. В исполнении положений соглашения примут участие федеральные органы исполнительной власти России, а также госорганы Узбекистана. Реализация соглашения позволит увеличить объем перевозок агропродукции железнодорожным транспортом с обеспечением надлежащего контроля [33].

Экономическая составляющая проекта заключается в предоставлении господдержки импортерам агропромышленной продукции из Узбекистана в Россию по маршруту: ст. Сергели (Узбекистан) — ст. Селятино (РФ), перемещаемой железнодорожным транспортом. При этом предполагается возмещение до 50% транспортных расходов, понесенных компаниями при такой перевозке.

Субсидия предоставляется в случае, если участник отбора (получатель субсидии) осуществлял транспортировку агропродукции из Узбекистана в РФ железнодорожным транспортом с использованием услуг российской транспортно-логистической компании, отвечающей следующим критериям:

- компания имеет опыт мультимодальной перевозки сельхозпродукции и продуктов питания в международном транспортном сообщении ускоренными контейнерными поездами из стран ЦА, в т.ч. Узбекистана, не менее 3-х лет;
- компания имеет собственные или арендованные средства доставки продовольствия железнодорожным транспортом, в т.ч. автономные рефрижераторные контейнеры;
- компания не осуществляет увеличение в 2025—2026 годах тарифов на перевозку продукции более, чем на годовое значение инфляции;
- уровень маржинальности услуг транспортной компании при транспортировке продукции в рамках проекта «Агроэкспресс», составляет не более 6,5%;
- продукция участника отбора (получателя субсидии) перевозилась железнодорожным транспортом по маршруту: ст. Сергели (Узбекистан) ст. Селятино (РФ), полносоставным поездом, загруженным продукцией не менее чем на 90% и состоящим не менее чем из 50 контейнеров, из которых не менее 35 — универсальных, не менее 15 — рефрижераторных, продукция в которых не менее, чем на 90% состояла из агропродукции.

При этом к участникам отбора (получателям субсидии) существуют требования — например, объем поставленной получателем субсидии продукции (в стоимостном выражении) при осуществлении транспортировки по договорам перевозки должен превышать размер запрашиваемой субсидии не менее, чем в 4 раза, а объем поставок после окончания периода субсидирования (2025—2026 гг.) должен сохраняться до 2030 года.

В случае нарушения получателем субсидии условий предоставления субсидии, включая условие о сохранении объемов перевезенной продукции до 2030 года, к организации применяются штрафные санкции. Штрафные санкции подлежат перечисле-

нию в доход федерального бюджета в двукратном размере субсидии, выданной организации в период с 2025 по 2026 годы (Соглашение между правительствами России и Узбекистана о взаимодействии по вопросам реализации проекта организации ускоренных железнодорожных перевозок «Агроэкспресс», подписано в г. Ташкент, 09.09.2024). Документ вступит в силу 17.01.2025.

Несомненно, удачный опыт внедрения системы «Агроэкспресс» позволит расширить номенклатуру перевозимых товаров, включив в перечень сельскохозяйственное сырье, агротехнику, минеральные удобрения, пестицида и иные необходимые материалы, использующиеся в агропроизводстве.

Выводы

1. Сельское хозяйство формирует более чем четверть ВВП Узбекистана, а так же вносит значительный вклад от 10 до 25% в ВВП Таджикистана, Кыргызстана и Туркменистана. Для Казахстана и России — это 4,0–5,5%. В последние 15 лет только для Кыргызстана выявлена тенденция к снижению роли агропроизводства в формировании добавленной стоимости.

2. Динамика роста населения по странам Центральной Азии остаётся неравномерной. Более высокие показатели характерны для Узбекистана — свыше 2% в год. Население республики к 2050 году увеличится на 40%. Для России прогнозируется снижение на 10% по сравнению с текущим значением.

3. Прогноз тенденций свидетельствует — по прошествию 35–40 лет в период с 2026 по 2065 годы население пяти стран Центральной Азии достигнет 130 млн человек в совокупности и превысит население России.

4. При таком росте населения, в условиях ограниченных почвенных и земельных ресурсов, нехватки водных ресурсов, в условиях роста аридизации территории решить вопрос обеспечения растущего населения качественным продовольствием возможно только при устойчивой работе аграрного сектора. Последнее невозможно без расширенного воспроизводства плодородия почв земель сельхозназначения и эффективного использования агрохимических средств на фоне водосберегающих агротехнологий.

5. Стабильное развитие аграрного сектора в регионе Центральной Азии будет определять природные и социальные факторы, на фоне нарастающего дефицита земельных ресурсов. Изменение окружающей среды и климата, дефицит воды, а так же нерешенные проблемы с продовольственным обеспечением несут дополнительные риски для региона.

6. В ближайшие 5–10 лет Узбекистан может столкнуться с резким ростом стоимости воды и её дефицитом. Это обусловлено рядом факторов. Изменение климата грозит участившимся проявлением волн тепла и засух. Часть имеющихся водных ресурсов будет потеряна из-за неэффективного использования, а масштабные гидропроекты соседних стран могут осложнить ситуацию, поскольку до 80–90% водных ресурсов формируется за пределами республики.

7. На КС-29 РКИК ООН Президент Узбекистана представил инициативу по созданию Международного центра по оценке климатических потерь и ущерба для выработки единых подходов к сохранению экосистем и предотвращению загрязнения трансграничных водных ресурсов.

8. Для устойчивого управления водными ресурсами ЦА необходимо согласованное сотрудничество всех стран региона, включая Россию.

9. Минэкономразвития РФ совместно с заинтересованными ФОИВ ведет работу, направленную на запуск проекта организации ускоренных железнодорожных перевозок «Агроэкспресс» с Узбекистаном. Удачный опыт внедрения системы «Агроэкспресс» позволит расширить номенклатуру перевозимых товаров, включив в перечень сельскохозяйственное сырье, агротехнику, минеральные удобрения, пестициды и иные необходимые материалы, использующиеся в агропроизводстве.

Литература

1. На заседании Совета по агропромышленной политике ЕАЭС обсудили развитие сотрудничества стран Союза в сфере АПК // Минсельхоз РФ. Официальный сайт, 15.11.2024. URL: https://mcx. gov. ru/press-service/news/na-zasedanii-soveta-po-agropromyshlennoy-politike-eaes-obsudili-razvitie-sotrudnichestva-stran-soyuz/.
2. *Денисова Г.* Одна за всех: Минсельхоз создаст единую цифровую платформу АПК // Агроинвестор, 2024. № 4. — С. 18–23.
3. *Кулистикова Т.* Рынок минудобрений может перейти в ведение Минсельхоза. Сейчас его регулирует Минпромторг // Агроинвестор, 29.07.2024. URL: https://www. agroinvestor. ru/markets/news/42715-rynok-minudobreniy-mozhet-pereyti-v-vedenie-minselkhoza/.
4. *Эпштейн Д. Б.* О современном этапе цифровизации российского сельского хозяйства // АПК: Экономика, управление, 2024. № 7. — С. 3–14.
5. *Каманина А. Н.* Современные тренды цифровой трансформации экономической деятельности сельского хозяйства: анализ отечественной и мировой практики // Вестник евразийской науки, 2023. Т. 15. № 3. URL: https://esj. today/PDF/26FAVN323. pdf.
6. *Алексеев К. И.* Применение цифровых технологий при производстве продукции в подотраслях растениеводства // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве, 2024. № 4. — С. 78–90.
7. *Комаров С. И.* Методика планирования использования территории сельскохозяйственного землепользования с применением цифровых технологий // Международный сельскохозяйственный журнал, 2024. Т. 67 № 1. — С. 9–13.
8. Содружество Независимых Государств в 2022 году: Стат. ежегодник. — М.: Статкомитет СНГ, 2023. — 639 с.
9. Сельское хозяйство Узбекистана. 2020–2023. — Ташкент: Стат. агентство Узбекистана, 2024. — 125 с.

10. Узбекистан в цифрах. 2022—2023. — Ташкент: Стат. агентство Узбекистана, 2024. — 340 с.
11. Статистический ежегодник Республики Узбекистан. 2013—2022. — Ташкент: Стат. агентство Узбекистана, 2023. — 417 с.
12. Демографический ежегодник Узбекистана. 2019—2023. — Ташкент: Стат. агентство Узбекистана, 2024. — 324 с.
13. Состоится переход на чрезвычайный режим работы по экономии воды. Оф. сайт Президента РУ. 29.11.2023. URL: https://president. uz/ru/lists/view/6894
14. Диалог на тему модернизации сельского хозяйства в Узбекистане. Анализ реализации стратегии развития сельского хозяйства Республики Узбекистан за 2020—2021 годы. — Washington: World Bank, — 2022. 62 p.
15. *Филин С. А.*, *Великороссов В. В.*, *Нурашева К. К.* Страны ЕАЭС, Узбекистан и Монголия: интеграционные процессы в сельскохозяйственном инновационном секторе // Национальные интересы: приоритеты и безопасность, 2022. Т. 18. № 12. — С. 2406—2430. DOI: https://doi. org/10.24891/ni.18.12. 2406.
16. GDP per capita, PPP (current international $). International Comparison Program, World Bank / World Development Indicators database /World Bank | Eurostat-OECD PPP Programme. License: CC BY-4.0. URL: https://data. worldbank. org/indicator/NY. GDP. PCAP. PP. CD?locations=.
17. *Izvorski I., Kasyanenko S., Lokshin M. M., Torre I.* Better Education for Stronger Growth. Europe and Central Asia Economic Update (Fall). — Washington: World Bank, 2024. — 76 p. DOI: 10.1596/978—1—4648—2185—1.
18. World Bank / World Development Indicators / 4.2 Structure of value added. URL: http://wdi. worldbank. org/table/4.2#.
19. 2023-World-Population-Data-Sheet-Booklet. — Population Reference Bureau. 18.12.2023. — 25 p. URL: https://2023-wpds. prb. org/wp-content/uploads/2023/12/2023-World-Population-Data-Sheet-Booklet. pdf.
20. Assessing Global Land Use: Balancing Consumption with Sustainable Supply. A Report of the Working Group on Land and Soils of the International Resource Panel // *Bringezu S.*, *Schütz H.*, *Pengue W.*, *O´Brien M.*, *Garcia F.*, *Sims R.*, *Howarth R.*, *Kauppi L.*, *Swilling M.* and *Herrick J.* — Nairobi: UNEP, 2014. — 132 p.
21. Состояние мировых земельных и водных ресурсов для производства продовольствия и ведения сельского хозяйства: системы на пределе. Сводный доклад 2021. — Рим: ФАО, 2021. — 99 с. DOI: https://doi.org/10.4060/cb7654ru.
22. Российский статистический ежегодник. 2023: Стат. сборник. — М.: Росстат, 2023. — 701 с.
23. Россия 24. Статистический справочник. — М.: Росстат, 2024. — 67 с.
24. Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель в Российской Федерации в 2023 году. — М.: Росреестр, 2024. — 181 с.
25. *Смирнова А. А.* Географические факторы ревитализации сельских населенных пунктов «без населения» // Вестник Московского университета. Серия 5. География, 2024. № 1. — С. 133—140. DOI: https://doi.org/10.55959/MSU0579—9414.5.78.1.11.
26. Агропромышленный комплекс. Статистика ЕАЭС. — М.: ЕЭК, 2023. — 137 с.
27. Казахстан в 2023 году: стат. ежегодник. — Астана: Бюро нац. статистики Казахстана, 2024. — 273 с.
28. Доклад об экономике Таджикистана. — Washington: World Bank, 2024. — 67 p.
29. Сельское хозяйство Кыргызской Республики. 2028—2022. — Бишкек: Нацстатком. КР, 2023. — 99 с.
30. Региональная стратегия по адаптации к изменению климата в Центральной Азии. Региональная программа «Зелёная Центральная Азия: Трансграничный диалог по климату, окружающей среде и безопасности в Центральной Азии и Афганистане». — Берлин: Deutsche Gesellschaft für, 2023. — 25 с.
31. Состояние климата в Азии в 2023 году. ВМО-№ 1350. — Женева: ВМО. — 38 с.
32. Определены меры по повышению производительности и заинтересованности в сельском хозяйстве/ Оф. сайт Президента РУ. 12.02.2024. URL: https://president.uz/ru/lists/view/7022
33. Соглашение между Россией и Узбекистаном увеличит объем железнодорожных перевозок // Минэкономразвития России. Оф. сайт. 10.09.2024. URL: https://www. economy. gov. ru/material/news/soglashenie_mezhdu_rossiey_i_uzbekistanom_uvelichit_obem_zheleznodorozhnyh_perevozok. ht

Сведения об авторе:

Хомяков Дмитрий Михайлович, к.б.н., д.т.н., проф., профессор кафедры общего земледелия и агроэкологии факультета почвоведения МГУ имени М. В. Ломоносова; e-mail: khom@bk. ru.

EDN MZSQCH

УДК 551.58 + 633.1 + 633.85

Закономерности изменчивости урожайности агрокультур в новых субъектах РФ

В. Н. Маслова, к.г.н., Е. Н. Воскресенская, д.г.н.
ФГБНУ «Институт природно-технических систем», г. Севастополь

Анализ влияния меняющихся погодно-климатических факторов на временную изменчивость продуктивности агрокультур в Азово-Черноморском регионе, в новых субъектах РФ, проведен с использованием многодесятилетних данных урожайности с тестовых площадок, на которых не применялись агротехнологии. Обнаружена межгодовая периодичность и междесятилетняя смена знака аномалий в изменчивости среднемесячных и среднегодовых величин урожайности. Отмеченные особенности приурочены на региональном уровне к временной изменчивости характеристик циклонов Черноморского региона, а на глобальном уровне — к временным масштабам естественных межгодовых-междесятилетних квазипериодических процессов в системе океан–атмосфера.

Ключевые слова: озимая пшеница, ячмень, кукуруза, подсолнечник, продуктивность сельхозкультур, природно-климатические факторы, Крым, Херсонская область, Запорожская область, Донецкая Народная Республика, Луганская Народная Республика.

Введение

Продовольственная безопасность является одним из больших вызовов современности, при этом важное место занимает продуктивность сельскохозяйственных, и особенно зерновых, культур. Произрастание агрокультур зависит в первую очередь от региональных климатических условий и их изменений [1].

Климатические аномалии Азово-Черноморского региона России определяются преимущественно крупномасштабной циркуляцией атмосферы и синоптической деятельностью [2]: выходами циклонов, которые зачастую приносят резкие изменения погоды [3], и антициклонов, для которых характерна сухая безветренная погода [4].

В холодное полугодие активизируются крупные циклоны на атмосферных фронтах, которые сопровождаются аномалиями давления, ветра, осадков, температуры, влажности больших территорий [5]. Изучаемый регион подвержен выходам южных (средиземноморских) циклонов, площадь которых сравнима с регионом, а также западных (североатлантических) и ныряющих (скандинавских) циклонов, типичная площадь которых значительно превышает площадь региона [6]. Причём многолетняя изменчивость циклонической активности в значительной мере формирует климатическую изменчивость региона [7].

С точки зрения современных знаний о формировании климата в Европе смена засушливых и влажных, теплых и холодных периодов объясняется ослаблением или усилением циклонической активности в рамках следующего механизма [8]. В одни периоды циклоническая активность усиливается на севере Европы, а на юге, включая Черноморско-Средиземноморский регион, ослабевает. В противоположные периоды циклоническая активность усиливается на юге Европы и в регионе Черного и Средиземного морей, а на севере Европы преобладают антициклональные условия.

Такое чередование периодов повышенных и пониженных аномалий атмосферных термобарических полей, в свою очередь, связано с термическими аномалиями в океане, которые совместно представляют глобальные квазипериодические климатические процессы взаимодействия в системе океан — атмосфера [9, 10]. В настоящее время известно, что смена положительных и отрицательных фаз этих процессов или сигналов происходит на масштабах от межгодового до междесятилетнего [11].

Основными климатическими сигналами в Мировом океане, которые обычно определяют по температуре поверхности океана [10], являются Эль-Ниньо—Южное колебание (период 2—7 лет) [12, 13], Тихоокеанское десятилетнее колебание (20 лет, 60 лет) [14, 15] и Атлантическое междесятилетнее колебание (50—65 лет) [16, 17]. В то же время существует более десятка атмосферных барических колебаний с периодами от нескольких месяцев до нескольких лет [18—20]. Основными среди них являются Североатлантическое колебание (САК) [9, 21], Восточноатлантическое колебание (ВАК) [22—24], Скандинавское колебание [19] и другие.

Целью настоящей работы является исследование особенностей многолетней изменчивости временных рядов урожайности агрокультур в пяти новых субъектах Российской Федерации в Азово-Черноморском регионе в связи с циклонической деятельностью и глобальными климатическими процессами.

Данные и методы

Кроме погодно-климатических условий, на урожайность агрокультур влияют агротехнологии: применение удобрений, пестицидов, технологий защиты семян, искусственного орошения, а также использование различных сортов. Например, урожайность в Крыму подвержена изменению в связи с использованием орошения после введения в строй Северо-Крымского канала (или, наоборот, после его перекрытия). В этой связи для анализа влияния только погодно-климатических аномалий были использованы данные об урожайности, полученные на тестовых площадках с контролируемыми

условиями, а именно без применения каких-либо агротехнологий.

Были проанализированы временные ряды годовой урожайности озимой пшеницы за 1945–2008 гг., а также ячменя, кукурузы и подсолнечника за 1966–2008 гг. по статистическим данным Республики Крым, Херсонской, Запорожской, Луганской, Донецкой областей, которые стали новыми регионами РФ с названиями Крым, Херсонская область, Запорожская область, Донецкая Народная Республика, Луганская Народная Республика.

Привлекались среднетропосферные барические индексы следующих климатических колебаний внетропической зоны Северного полушария с веб-сайта https://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/teledoc/telecontents.shtml (дата обращения 16 сентября 2024 г.):

- Североатлантическое колебание (САК);
- Восточно-Атлантическое колебание (ВАК);
- колебание Восточная Атлантика/Западная Россия (ВА/ЗР);
- Скандинавское колебание (СКАНД);
- Полярное / Евразийское колебание (Пол/Евр).

Дополнительно был использован индекс Арктической осцилляции (АО) барического поля приземной тропосферы [25]. АО включает атмосферные центры действия САК, его влияние на региональный климат аналогично влиянию САК.

Кроме того, были использованы индексы глобальной температуры поверхности океана следующих климатических колебаний:

- Эль-Ниньо — Южное колебание (ЭНЮК). Индекс Южного колебания (ЮК) [26];
- Тихоокеанская десятилетняя осцилляция (ТДО). Индекс ТДО [27];
- Атлантическая междесятилетняя осцилляция (АМО), индекс АМО [28].

Временные ряды параметров циклонов (повторяемость, глубина, площадь) в Черноморском регионе были получены по четырехсрочным данным реанализа NCEP/NCAR за период 1951–2017 гг. с помощью методики объективной идентификации и трекинга М.Ю. Бардина [29].

В работе использованы стандартные статистические методы обработки временных рядов. Анализ закономерностей однонаправленных изменений и квазипериодической изменчивости временных рядов включал анализ линейных трендов, сглаживание рядов частотными фильтрами, линейный корреляционный анализ Пирсона с оценкой значимости по критерию Стьюдента. С помощью квадрата коэффициентов корреляции были получены коэффициенты детерминации для оценки вклада выделяемых закономерностей и связей в дисперсию рядов урожайности и определения доли объяснённой дисперсии.

Результаты и обсуждение

Согласно информации [30,31] рассматриваемые агрокультуры характеризуются следующими требованиями к погодно-климатическим условиям. Озимая пшеница — основная мукомольная культура в мире — нуждается в достаточном количестве влаги в вегетационный период и благоприятных условиях перезимовки. Ячмень — многофункциональная культура, в том числе используемая в пивоварении для получения солода — устойчив к засухам и низким температурам, не требователен к почвам, но чувствителен к переувлажнению. Кукуруза является универсальным и наиболее крупным злаком высокой урожайности, но теплолюбивым и требовательным к качеству почвы. Подсолнечник — теплолюбивое и засухоустойчивое растение.

Рассмотрим, какое место занимают анализируемые агрокультуры в классификациях сельскохозяйственных культур по их устойчивости к отрицательным температурам на уровне растений в различные фазы развития, потребности в тепле и продолжительности освещения.

По классификации В.Н. Степанова по потребности в тепле и продолжительности освещения пшеница и ячмень относятся к типу А — растения умеренных климатов, а кукуруза и подсолнечник — к типу Б — растения тропических климатов.

В начале развития растения типа А (пшеница и ячмень) могут произрастать при температуре 3–5°С, затем их потребность в тепле быстро увеличивается. Это растения с длинной световой стадией (длинного дня), развитие которых ускоряется на севере. Они обладают высокой холодостойкостью и зимостойкостью, выдерживают заморозки до −7 — −10°С в фазе всходов. В фазе цветения устойчивость резко уменьшается.

По классификации П.И. Колоскова озимая пшеница относится к культурам средней зимостойкости, а озимый ячмень — к культурам низкой зимостойкости. Вымерзание озимых обусловлено понижением температуры почвы на глубине узла кущения ниже критической в течение 2–3 суток. Перезимовка озимых зависит от закалки растений. Закалка происходит, если при отсутствии осадков и малооблачной погоде в течение 10–14 дней температура воздуха постепенно понижается от +5 до −5°С.

Растения типа Б (кукуруза и подсолнечник) очень требовательны к теплу, малоустойчивы к отрицательным температурам. В фазе всходов выносят температуру до −2°С, а в фазе цветения до −1°С. Это растения с короткой световой стадией (растения короткого дня), развитие которых ускоряется при выращивании на юге. В условиях продолжительности светового дня рост и накопление зеленой массы растений увеличивается, однако при этом задерживаются цветение и созревание.

На *рис. 1 (см. вклейку)* приведён временной ход урожайности рассматриваемых трех зерновых культур (озимой пшеницы, ячменя и кукурузы) и основной масличной культуры России (подсолнечника).

Сравнительный анализ временных рядов урожайности показал следующее. Урожайность каждой культуры в разных субъектах характеризуется схоже-

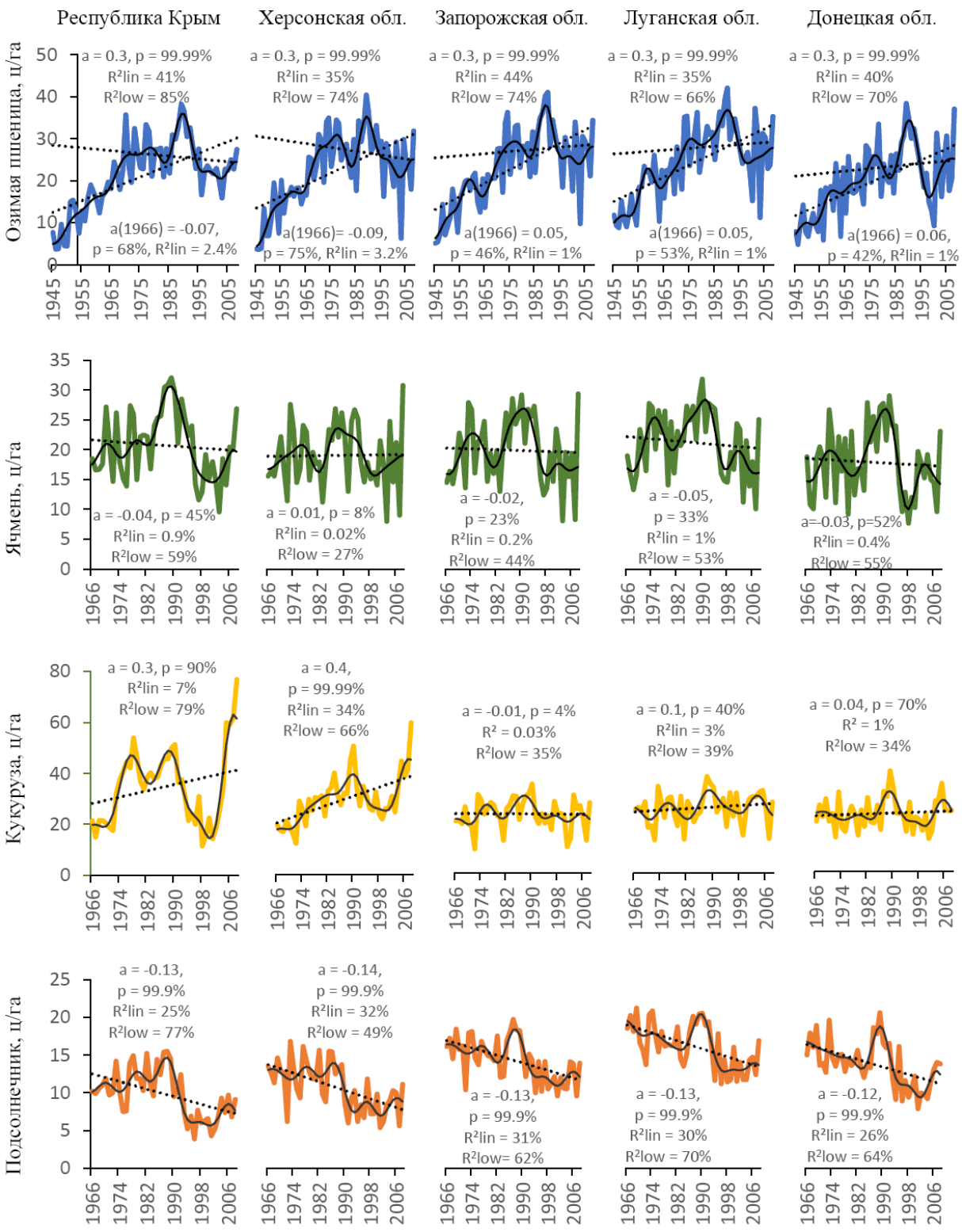


Рис. 1. **Урожайность (ц/га) озимой пшеницы (*синяя кривая*), ячменя (*зеленая кривая*), кукурузы (*желтая кривая*), подсолнечника (*оранжевая кривая*);**
линейный тренд (пунктирная прямая) с коэффициентом (a), значимостью (p) и оценкой вклада в дисперсию R^2_{lin}; слаженный 8-летним фильтром ряд (черная кривая) с оценкой вклада в дисперсию R^2_{low}. Для рядов урожайности озимой пшеницы коэффициент тренда a(1966) – для части ряда с 1966 г.

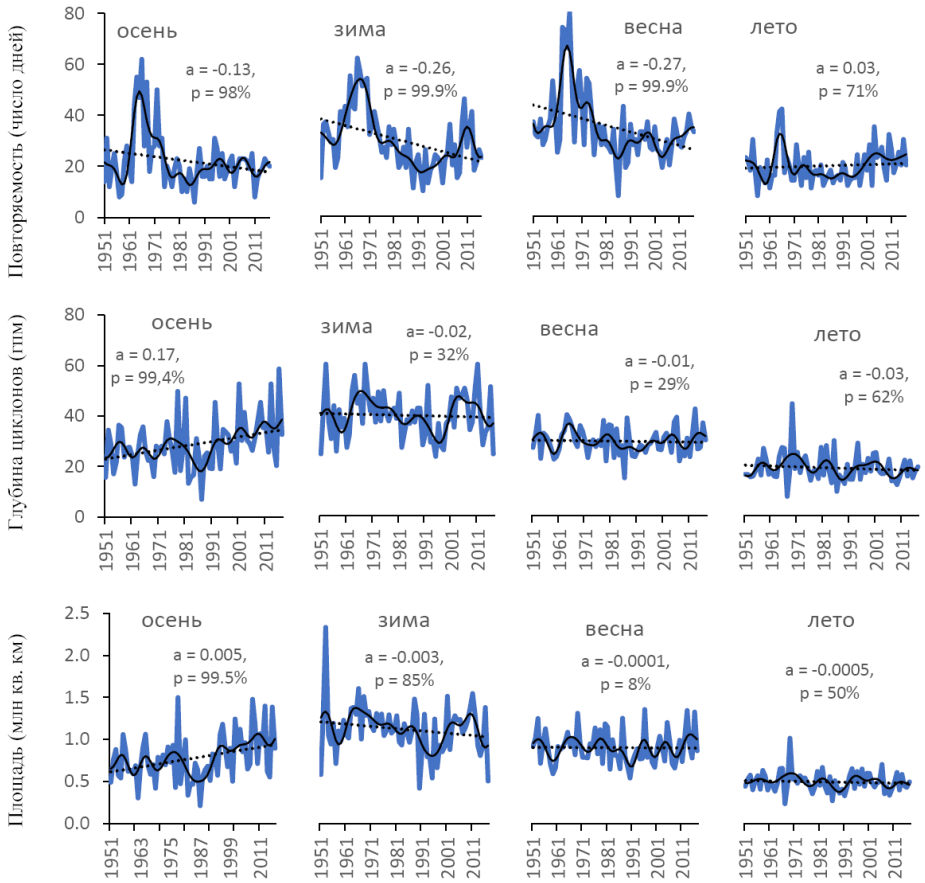


Рис. 2. **Параметры циклонов Черноморского региона;** линейный тренд *(пунктир)* с коэффициентом (а) и значимостью (р); слаженный 8-летним фильтром ряд *(черная кривая)*

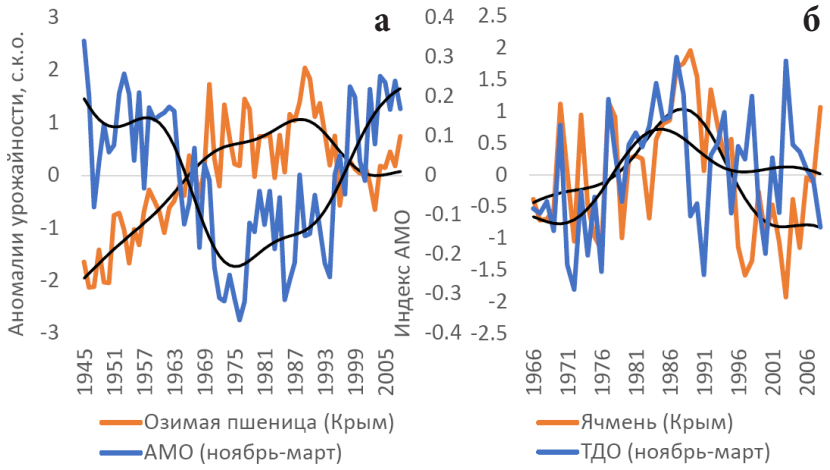


Рис. 3. **Многолетний ход аномалий (в с.к.о.) урожайности зерновых в Республике Крым с индексами междесятилетних колебаний холодного полугодия (ноябрь – март):** (а) озимая пшеница и индекс АМО; (б) ячмень и индекс ТДО. Черные кривые показывают ряды после низкочастотной 20-летней фильтрации

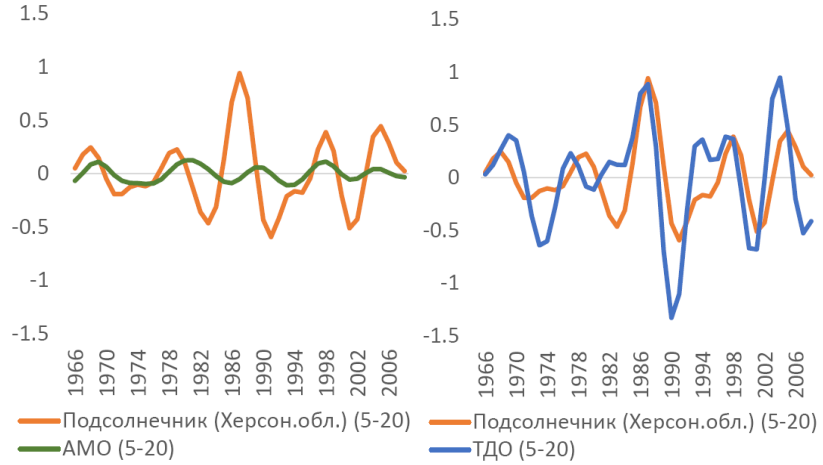


Рис. 4. **Изменчивость рядов после полосовой (5-20 лет) фильтрации:** урожайность подсолнечника в Херсонской области с индексами (а) АМО и (б) ТДО с ноября по март

стью временной изменчивости в соседних областях (Республике Крым и Херсонской обл., Херсонской обл. и Запорожской обл., Запорожской обл. и Донецкой обл., Донецкой и Луганской обл.), которую можно оценить сильной корреляционной связью ($r = 0{,}8–0{,}9$ для озимой пшеницы, подсолнечника, 0,7—0,9 для ячменя, 0,6—0,8 для кукурузы). Это отражает важность влияния географического фактора и, соответственно, климатических условий на изменчивость урожайности агрокультур. Одним из важных интегральных параметров при этом является циклоническая активность.

Сильная корреляционная связь ($r = 0{,}7–0{,}8$) между изменчивостью урожайности ячменя и пшеницы отмечается не только в одном субъекте, но и в соседних субъектах, особенно в Крыму. Это может свидетельствовать о проявлении температурного фактора произрастания и вызревания культур. Урожайность пшеницы и ячменя в Крыму также коррелирует на уровне $r = 0{,}55–0{,}6$ с урожайностью подсолнечника, причем не только в Крыму, но и в удалённых субъектах, за исключением соседней Херсонской области. Это может быть проявлением фактора недостаточного увлажнения, т.е. в более сухих условиях изменчивость урожайности пшеницы и ячменя приближается к изменчивости урожайности подсолнечника. Из устных источников известно, что в Крыму использовались более засухоустойчивые сорта пшеницы и ячменя. Кроме того, по экологическим требованиям, по отношению к почвам, подсолнечник можно поставить в один ряд с пшеницей [32].

Оценки линейных трендов, полученные для временных рядов урожайности, показали следующее. Для озимой пшеницы во всех субъектах характерны значимые тенденции роста урожайности за период 1945—2008 гг. величиной примерно 3 ц/га за 10 лет, объясняющие 35—44% дисперсии рядов. При этом с 1966 г. тренды близки к нулю или отрицательны и не значимы. Для остальных агрокультур с 1966 г. значимые тренды выделяются для подсолнечника во всех регионах (убывание урожайности, с вкладом 25—30% дисперсии и величиной примерно −1,3 ц/га за 10 лет), для кукурузы в Крыму и Херсонской области (возрастание урожайности, величиной в среднем 3,5 ц/га за 10 лет и с вкладом в дисперсию 7% и 34%, соответственно).

Возникает вопрос о характере линейных трендов, соответствующих циклонической активности в Черноморском регионе. На *рис. 2 (см. вклейку)* приведены временные ряды сезонных величин частоты, глубины и площади циклонов за период 1948—2017 гг.

В циклонической активности выделяются значимые отрицательные тренды частоты циклонов в осенне-зимне-весенний период. При этом осенью наблюдаются небольшие положительные тренды глубины/интенсивности и площади циклонов, когда велико влияние так называемых «термальных минимумов» [33] или внутримассовых циклонов. Частота циклонов также убывает с 1966 г. За период 1966—2017 гг. произошло значимое понижение частоты циклонов с осени по весну и значимое повышение глубины и площади циклонов осенью (см. рис. 2).

Таким образом, за рассматриваемые временные периоды наблюдаются линейные тенденции уменьшения частоты зимне-весенних циклонов Черноморского региона, уменьшения урожайности подсолнечника и повышения урожайности озимой пшеницы во всех рассматриваемых субъектах, а также кукурузы в Крыму и Херсонской обл.

Корреляционный анализ связи годовых параметров циклонов с урожайностью агрокультур показал, что наибольшие отклики на повышение/понижение частоты циклонов в Черноморском регионе обнаруживаются в уменьшении/увеличении урожайности озимой пшеницы в Херсонской области (вклад до 25% объясненной дисперсии).

Такая связь урожайности с циклонической активностью в противофазе можно объяснить следующим образом. С фронтальными циклонами, которые рассматриваются в настоящей работе, связаны особо интенсивные осадки [34]. При этом известно, что растения особенно страдают от недостатка влаги и избыточного увлажнения почвы [35]. Кроме того, анализ связи с индексом неравномерности осадков [36] показывает, что урожайность озимой пшеницы повышается при более равномерном выпадении осадков и понижается при их неравномерном выпадении.

Перейдем к анализу межгодовой-междесятилетней изменчивости рассматриваемых рядов. В многолетнем ходе урожайности агрокультур оценен вклад низкочастотных вариаций (R^2low) с помощью сглаженного 8-летним фильтром ряда (см. рис. 1). Эта оценка включает вклад линейного тренда (R^2lin), так как сглаженный ряд, как видно на рис. 1, не был детрендирован. Вклад высокочастотных вариаций (до 8 лет) в дисперсию рядов может быть оценен как (100 — R^2low).

Наибольшая доля межгодовой изменчивости, выраженная как высокочастотные вариации, составляет 61—75% дисперсии урожайности кукурузы в Запорожской, Луганской и Донецкой областях. Наименьший вклад межгодовой изменчивости (15% дисперсии) наблюдается для озимой пшеницы в Крыму. Ее доля также сравнительно невысока во всех субъектах для озимой пшеницы и для всех агрокультур в Крыму (до 41% дисперсии для ячменя). Соответственно, в этих случаях вклад низкочастотных вариаций (десятилетней изменчивости с учетом линейного тренда) сравнительно высок. Если вычесть линейный тренд, доля вклада низкочастотных вариаций остается наибольшей для агрокультур в Крыму и составляет от 44% объяснённой дисперсии для озимой пшеницы до 72% для кукурузы. Кроме того, эта доля составляет более половины дисперсии изменчивости урожайности ячменя в Донецкой и Луганской областях.

В то же время из рис. 2 видно, что для циклонической активности в Черноморском регионе также характерна межгодовая-междесятилетняя квазипериодическая изменчивость, что подтверждает ранее полученные результаты, например в [37,38]. В повторяемости циклонов преобладает междесятилетний масштаб, а в рядах глубины и площади циклонов — десятилетний. Положительные аномалии частоты циклонов характерны для периодов с 60-х до середины 70-х годов и примерно с конца века, а периоды отрицательных аномалий наблюдаются в начале и в середине временного ряда. В квазидесятилетней изменчивости глубины и площади циклонов особо выделяется период отрицательных величин в 80-е/90-е годы.

Периоды с 1950 по 1975 гг. и с 1976 по 2004 гг. могут быть охарактеризованы как положительная и отрицательная фазы междесятилетнего колебания. Эта периодичность может быть приурочена, главным образом, к смене фаз ТДО, а также низкочастотной изменчивости САК, соответствующей изменчивости АМО (*рис. 3–4, см. вклейку*). Такую низкочастотную квазипериодичность рядов важно учитывать при оценке линейных трендов за разные временные интервалы.

В связи с этим рассмотрим сперва закономерности десятилетней-междесятилетней изменчивости урожайности в связи с глобальными климатическими процессами. Анализ откликов АМО и ТДО проведён на примере озимой пшеницы по причине наиболее длинного временного ряда урожайности.

На рис. 3 показан временной ход сглаженных рядов урожайности зерновых в Республике Крым и индексов АМО и ТДО холодного полугодия (ноябрь-март). На междесятилетнем масштабе (20 лет и более) урожайность озимой пшеницы изменяется в противофазе с индексом АМО (рис. 3а), а урожайность ячменя — в фазе с ТДО (рис. 3б), причем смена знака аномалий приурочена к смене положительных и отрицательных фаз колебаний, что можно также интерпретировать в терминах климатического сдвига в середине 60–70-х и 90-х годов. Кроме того, в изменчивости урожайности выражены колебания с периодами от 5 до 20 лет, которые также могут быть приурочены к временным масштабам индексов ТДО и АМО холодного полугодия, как показано на рис. 4 на примере аномалий урожайности подсолнечника в Херсонской области.

Десятилетняя-междесятилетняя изменчивость урожайности находится в противофазе с Атлантической междесятилетней осцилляцией и в фазе с Тихоокеанской десятилетней осцилляцией (с запаздыванием около 3-х лет). Корреляционный анализ связи несглаженных рядов урожайности с индексами АМО и ТДО в холодное полугодие показал, что вклад АМО отрицательный и объясняет до 25% дисперсии рядов, а вклад ТДО положительный и составляет до 10% дисперсии. Масштабы АМО проявляются особенно в изменчивости урожайности ячменя и подсолнечника, а ТДО — в изменчивости подсолнечника.

Отклики, приуроченные к смене положительной и отрицательной фаз ТДО, прослеживаются в изменчивости параметров циклонов и стока основных рек Северного Причерноморья (Днепра, Дуная и Южного Буга), как показано в [39,40]. Механизмы дальнодействующего отдельного и совместного влияния глобальных климатических мод АМО и ТДО на регион Северного Причерноморья проявляются посредством смещения преобладающих траекторий циклонов [41]. В результате этого смещения циклоническая активность в Черноморском регионе усиливается в положительную фазу АМО и отрицательную фазу ТДО.

Теперь перейдем к анализу закономерностей межгодовых колебаний урожайности. На основе линейной корреляционной связи с межгодовыми климатическими индексами осенне-весеннего периода определены основные индикаторы и предикторы урожайности агрокультур. Индивидуальный вклад каждого из них в разные месяцы достигает 10–25% дисперсии урожайности. Основные климатические предикторы урожайности озимой пшеницы в осенние месяцы — это Пол/Евр, АО и СКАНД, а в зимне-весенний период — ВАК и САК в январе, СКАНД и САК в феврале, ВА/ЗР и ВАК в марте.

При этом основными предикторами урожайности других агрокультур являются:

- для кукурузы: САК/АО с января по март, ВАК в марте, СКАНД в мае;
- для ячменя: САК в апреле, ЕА/ВР и Пол/Евр в марте, ВАК в мае;
- для подсолнечника: ВАК в апреле, ЮК в мае, Пол/Евр и СКАНД в июне.

Индекс Южного колебания важно учитывать в мае, а для озимой пшеницы также в феврале.

Повышение параметров циклонов в зимне-весенний период приводит к росту урожайности подсолнечника примерно на 10%, уменьшению урожайности кукурузы до 25% и ячменя примерно на 6%.

Суммарный линейный вклад рассмотренных ортогональных квазипериодических климатических сигналов межгодового масштаба в разные месяцы достигает 30% объясненной дисперсии изменчивости рядов урожайности агрокультур.

Таким образом, масштабы изменчивости циклонической активности в Черноморском регионе, связанной с глобальными квазипериодическими климатическими процессами, прослеживаются в межгодовой-междесятилетней изменчивости урожайности агрокультур новых субъектов РФ. При этом положительные/отрицательные аномалии циклонической активности приводят к таким же аномалиям урожайности подсолнечника и противоположным аномалиям урожайности озимой пшеницы во всех рассматриваемых субъектах, а также кукурузы в Крыму и Херсонской области.

Заключение

В работе проведено исследование особенностей многолетней изменчивости временных рядов урожайности агрокультур в пяти новых субъектах Российской Федерации в связи с циклонической деятельностью

и глобальными климатическими процессами межгодового-междесятилетнего масштаба. С использованием данных, полученных с тестовых площадок без применения агротехнологий, по урожайности четырёх агрокультур: озимая пшеница за 1945—2008 гг., ячмень, кукуруза и подсолнечник за 1966—2008 годы, обнаружены значимые линейные тренды. Они свидетельствуют о том, что урожайность подсолнечника в 1966—2008 гг. уменьшалась на 1,3 ц/га за 10 лет, урожайность озимой пшеницы в 1945—2008 гг. повышалась для на 3 ц/га за 10 лет во всех рассматриваемых субъектах, а урожайность кукурузы в 1966—2008 гг. повышалась на 3,5 ц/га за 10 лет в Крыму и Херсонской обл. При этом в циклонической активности (1948—2006 гг.) выделяются значимые отрицательные линейные тренды частоты циклонов Черноморского региона в холодное полугодие и положительные тренды глубины и площади осенних циклонов.

Повышение циклонической активности осенью, в период адаптации посевов к перезимовке, приводит к понижению урожая озимой пшеницы. Рост параметров циклонов (особенно частоты) в зимне-весенний период также приводит к уменьшению урожайности озимой пшеницы, ячменя и кукурузы, но увеличению урожайности подсолнечника. Наибольшие отклики на повышение/понижение частоты циклонов в Черноморском регионе (с вкладом до 25% объясненной дисперсии) обнаруживаются в уменьшении/увеличении урожайности озимой пшеницы в Херсонской области.

На фоне линейных трендов в рядах урожайности выделяются межгодовые и десятилетние-междесятилетние колебания, причем доля последних составляет от 25% (для кукурузы в Луганской области) до 70% (для озимой пшеницы в Крыму) дисперсии рядов. Соответствующие колебания характерны для параметров циклонов (частоты, глубины и площади) в Черноморском регионе.

Определены основные климатические сигналы-предикторы межгодового масштаба, вклад каждого из которых в разные месяцы достигает 10—25% дисперсии урожайности. Предикторы осенних месяцев, свидетельствующие о повышении сбора урожая рассмотренных агрокультур в новых регионах РФ — это положительные фазы Полярного-Евразийского колебания (особенно для озимой пшеницы и ячменя) и Арктической осцилляции. После перезимовки и в период созревания предикторами повышения урожайности могут служить отрицательные фазы Восточноатлантической осцилляции и колебания Восточная Атлантика—Западная Россия (особенно для озимой пшеницы) и положительные фазы Скандинавского колебания (для подсолнечника) и Североатлантического колебания (для ячменя).

Совместный линейный вклад рассмотренных ортогональных квазипериодических климатических сигналов межгодового масштаба в разные месяцы достигает 30% объясненной дисперсии изменчивости рядов урожайности агрокультур.

Смена знака аномалий урожайности рассмотренных агрокультур на масштабах от десятка до нескольких десятков лет приурочена к смене фаз Атлантической междесятилетней осцилляции и Тихоокеанской десятилетней осцилляции в связи со смещением преобладающих траекторий циклонов, выходящих на регион. Вклад АМО составляет до 25% объяснённой дисперсии временного ряда урожайности, а вклад ТДО — до 10% дисперсии.

На примере продуктивности агрокультур показано, что закономерности изменчивости циклонической активности, обусловленные глобальными климатическими сигналами, необходимо учитывать при перспективном планировании сельскохозяйственного производства на горизонт от нескольких лет до десятков лет, а также всех без исключения сфер антропогенной деятельности в регионе Азово-Черноморского региона России.

Работа выполнена в рамках государственного задания по теме «Фундаментальные и прикладные исследования закономерностей ...» (№ гос. регистрации 124013000609—2).

Литература

1. *Цугленок Н. В.* Анализ продуктивности сельскохозяйственных культур в зональных экосистемах // Вопросы науки и образования, 2019. Т. 70. № 22. — С. 54—65.
2. *Хромов С. П., Петросянц М. А.* Метеорология и климатология: учебник. 7-е изд. — М.: Изд-во Моск. ун-та: Наука, 2006. — 582 с.
3. *Нестеров Е. С.* Экстремальные циклоны над морями европейской части России // Гидрометеорологические исследования и прогнозы, 2018. № 1. — С. 97—115.
4. *Коваленко О. Ю., Бардин М. Ю., Воскресенская Е. Н.* Изменения характеристик экстремальности температуры воздуха в Причерноморском регионе и их изменчивость в связи с крупномасштабными климатическими процессами межгодового масштаба // Фундаментальная и прикладная климатология, 2017. Т. 2. — С. 42—62.
5. *Lionello P., Bhend J., Buzzi A. et al.* Cyclones in the Mediterranean region: Climatology and effects on the environment // Mediterranean climate variability / Ed. *Lionello P.*, Malanotte-*Rizzoli P.*, *Boscolo R.* — Elsevier, 2006. V. 4. — P. 325—372.
6. *Евстигнеев В. П., Наумова В. А., Воскресенская Е. Н., Евстигнеев М. П., Любарец Е. П.* Ветро-волновые условия прибрежной зоны Азово-Черноморского региона. — Севастополь: ИПТС, 2017. — 320 с.
7. *Бардин М. Ю.* Характеристики циклоничности во внетропической зоне Северного полушария в задачах диагноза и прогноза климата: специальность 04.00.22: автореф. дисс. ... к.ф.-м.н. — М.: ИГКЭ им. Ю. А. Израэля, 1994. — 19 с.
8. *Voskresenskaya E. N., Polonskii A. B.* Trends and interannual variability of parameters of large-scale air-sea interaction in the North Atlantic // Oceanogr. Lit. Rev., 1995. V. 12. № 42. — P. 1057.
9. *Voskresenskaya E. N., Polonsky A. B.* Air pressure fluctuations in the North Atlantic and their relationship

with El Nino-southern oscillations // Phys. Oceanogr. Springer, 1993. V. 4. № 4. — P. 275—282.
10. *Enfield D. B., Mestas-Nuñez A. M.* Multiscale variabilities in global sea surface temperatures and their relationships with tropospheric climate patterns // J. Clim., 1999. V. 12. № 9. — P. 2719—2733.
11. *Enfield D. B., Mestas-Nuñez A. M.* Interannual to Multidecadal Climate Variability and Its Relationship to Global Sea Surface Temperatures // Interhemispheric Climate Linkages. Elsevier, 2001. — P. 17—29.
12. *Rasmusson E. M., Carpenter T. H.* Variations in tropical sea surface temperature and surface wind fields associated with the Southern Oscillation/El Niño // Mon. Weather Rev., 1982. V. 110. № 5. — P. 354—384.
13. *Trenberth K. E., Caron J. M.* The Southern Oscillation revisited: Sea level pressures, surface temperatures, and precipitation // J. Clim., 2000. V. 13. № 24. — P. 4358—4365.
14. *Mantua N. J., Hare S. R., Zhang Y. et al.* A Pacific interdecadal climate oscillation with impacts on salmon production // Bull. Am. Meteorol. Soc., 1997. V. 78. № 6. — P. 1069—1080.
15. *Zhang Y., Wallace J. M., Battisti D. S.* ENSO-like interdecadal variability: 1900—93 // J. Clim., 1997. V. 10. № 5. — P. 1004—1020.
16. *Schlesinger M. E., Ramankutty N.* An oscillation in the global climate system of period 65—70 years // Nature, 1994. V. 367. № 6465. — P. 723—726.
17. *Knight J. R., Folland C. K., Scaife A. A.* Climate impacts of the Atlantic multidecadal oscillation // Geophys. Res. Lett., 2006. V. 33. № 17. — L17706.
18. *Wallace J. M., Gutzler D. S.* Teleconnections in the geopotential height field during the Northern Hemisphere winter // Mon. Weather Rev., 1981. V. 109. № 4. — P. 784—812.
19. *Barnston A. G., Livezey R. E.* Classification, seasonality and persistence of low-frequency atmospheric circulation patterns // Mon. Weather Rev., 1987. V. 115. № 6. — P. 1083—1126.
20. *Thompson D. W., Wallace J. M.* Annular modes in the extratropical circulation. Part I: Month-to-month variability // J. Clim., 2000. V. 13. № 5. — P. 1000—1016.
21. *Hurrell J. W.* Decadal trends in the North Atlantic Oscillation: Regional temperatures and precipitation // Science, 1995. V. 269. № 5224. — P. 676—679.
22. *Nesterov E. S.* East Atlantic oscillation of the atmospheric circulation // Russ. Meteorol. Hydrol., 2009. V. 34. № 12. — P. 794—800.
23. *Нестеров Е. С.* О восточно-атлантическом колебании циркуляции атмосферы // Метеорология и гидрология, 2009. № 12. — P. 32—40.
24. *Moore G. W. K., Renfrew I. A.* Cold European winters: interplay between the NAO and the East Atlantic mode // Atmospheric Sci. Lett., 2012. V. 13. № 1. — P. 1—8.
25. CPC — Monitoring & Data: Daily Arctic Oscillation Index, 2002. URL: https://www. cpc. ncep. noaa. gov/products/precip/CWlink/daily_ao_index/ao_index. html (дата обращения 02.12.2024).
26. Nino SST Indices (Nino 1+2, 3, 3.4, 4; ONI and TNI), 2024. URL: https://climatedataguide. ucar. edu/climate-data/nino-sst-indices-nino-12—3—34—4-oni-and-tni (дата обращения 02.12.2024).
27. *Mantua N. J., Hare S. R.* The Pacific decadal oscillation // J. Oceanogr. Springer, 2002. V. 58. — P. 35—44.
28. Download Climate Timeseries: AMO SST: NOAA Physical Sciences Laboratory. URL: https://psl. noaa. gov/data/timeseries/AMO/ (дата обращения 02.12.2024).
29. *Бардин М. Ю.* Изменчивость характеристик циклоничности в средней тропосфере умеренных широт Северного полушария // Метеорология и гидрология, 1995. Т. 11. — С. 24—37.
30. Зерновые культуры: список растений, 2019. URL: https://agronom. media/ogorod/raznye/vidy-zernovyh-kultur. html (дата обращения 02.12.2024).
31. Подсолнечник. URL: https://universityagro. ru/растениеводство/подсолнечник/ (дата обращения 02.12.2024).
32. *Вальков В. Ф., Денисова Т. В., Казеев К. Ш. и др.* Плодородие почв и сельскохозяйственные растения: экологические аспекты. — Ростов-на-Дону: ЮФУ, 2008. — 416 с.
33. *Guijarro J. A., Jansà A., Campins J.* Time variability of cyclonic geostrophic circulation in the Mediterranean // Adv. Geosci., 2006. V. 7. — P. 45—49.
34. *Krichak S. O., Breitgand J. S., Gualdi S. et al.* Teleconnection—extreme precipitation relationships over the Mediterranean region // Theor. Appl. Climatol., 2014. V. 117. № 3—4. — P. 679—692.
35. *Логинова Е. В.* Прикладная климатология: курс лекций. — Минск: БГУ, 2017. — 200 с.
36. *Вышкваркова Е. В., Маслова В. Н.* Особенности атмосферных осадков на Черноморском побережье России в связи с событиями Ла-Нинья разных типов // Системы контроля окружающей среды, 2018. Т. 31. № 11. — С. 79—82.
37. *Maslova V. N., Voskresenskaya E. N., Bardin M. Yu.* Variability of the cyclone activity in the Mediterranean-Black Sea region // J. Environ. Prot. Ecol., 2010. V. 11. № 4. — P. 1366—1372.
38. *Воскресенская Е. Н., Маслова В. Н.* Циклоническая активность в Черноморско-Средиземноморском регионе: проявления глобальных процессов в системе океан-атмосфера. — Saarbrucken: LAP LAMBERT Academic Publ., 2014. — 168 p.
39. *Маслова В. Н., Воскресенская Е. Н., Дунаевская Е. В.* Декадные аномалии циклонической активности в Черноморско-Средиземноморском регионе и урожайность озимой пшеницы в Украине // Системы контроля окружающей среды, 2009. Т. 66. № 12. — С. 327—330.
40. *Воскресенская Е. Н., Маслова В. Н., Дунаевская Е. В* Низкочастотные аномалии климата и урожайность озимой пшеницы в Украине // Системы контроля окружающей среды, 2012. № 17. — С. 105—108.
41. *Maslova V. N., Voskresenskaya E. N., Lubkov A. S.* Multidecadal change of winter cyclonic activity in the Mediterranean associated with AMO and PDO // Terr. Atmospheric Ocean. Sci., 2017. V. 28. № 6. — P. 965—977.

Сведения об авторах:

Маслова Вероника Николаевна, к.г.н., в.н.с. лаборатории крупномасштабного взаимодействия океана и атмосферы и изменений климата, ФГБНУ «Институт природно-технических систем» (ИПТС); e-mail: veronika_maslova@mail. ru.

Воскресенская Елена Николаевна, д.г.н., проф., зав. лабораторией крупномасштабного взаимодействия океана и атмосферы и изменений климата, ИПТС; e-mail: elena_voskr@mail. ru.

Почвы

EDN NQTXHJ

УДК 631.42

Цикличность и потоковость почвообразования

О. А. Макаров[1, 2, 3], д.б.н., Д. Р. Абдулханова[1]
[1]Факультет почвоведения МГУ им. М. В. Ломоносова
[2]УО ПЭЦ МГУ им. М. В. Ломоносова
[3]Евразийский центр по продовольственной безопасности (Аграрный центр МГУ)

Показано, что разноуровневые циклы почвообразования, которые определяются повторяющимися изменениями количества тепла, поступающего от Солнца на поверхность Земли, создают условия для многоэтапной эволюции почвенного покрова в определенном направлении. Однако в почве, которая обладает пластичностью вследствие напряжений и деформаций, возникающих под действием различных «внешних» и «внутренних» сил, протекают процессы привноса-уноса почвенного материала и педотурбационные процессы, которые определяют потоковость почв. Указанная потоковость почв «прерывает» циклы почвообразования, «омолаживая» почвы и затормаживая общую эволюцию почвенного покрова или «пуская» её по малопредсказуемому пути.

Ключевые слова: циклы почвообразования, характерное время, педотурбационные процессы, эрозия почв.

Состояние вопроса

Совершенно очевидно, что почвообразовательный процесс, отмериваемый от некоего «нульмомента» (например, образование осадочных пород после оледенения) до настоящего времени, характеризуется цикличностью. Существуют суточные, сезонные, годовые циклы, когда гидротермические факторы почвообразования (в первую очередь, — термические) закономерно (циклами) меняют своё значение, «двигая» этот процесс вдоль «стрелы времени». Существуют климатические циклы, измеряемые десятилетиями и даже сотнями и тысячами лет [1], которые, тем не менее не приводят к глобальным катаклизмам, «стирающим» почвенный покров (как, например, уже упоминавшееся оледенение). Указанная цикличность приводит к нелинейному развитию почв во времени, да и в пространстве [2, 3]. Эволюция почвенного покрова, когда почва «движется» от одного состояния, описываемого одним характерным временем, к состоянию, которое описывается другим характерным временем и т.д., хорошо известна [4]. Образно это «движение» (эволюция) изображено на *рис. 1*. Однако проблема развития/эволюции почвенного покрова через разноуровневые циклы почвообразования существенно осложняется тем, что почва представляет собою не статичное, а потоковое природное тело, постоянно перемещающееся в пространстве в ходе эрозионных и других дислокационных латеральных и внутренних турбационных процессов. Интересно, что эти процессы происходят не только в условиях сильно расчлененного рельефа, но и на выровненных территориях.

Изучению соотношения цикличности и потоковости почвообразования на разных стадиях развития почвенного покрова и посвящена настоящая статья.

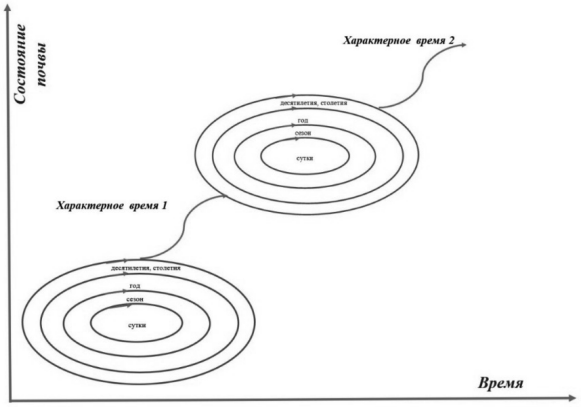


Рис. 1. **Цикличность почвообразования, «вписанная» в эволюцию почвенного покрова**

Причины цикличности почвообразования

Как известно, наша планета совершает не только суточное вращение вокруг своей оси, но и годичное обращение вокруг Солнца по эллиптической орбите (когда наклон оси вращения слегка изменяется в течение года), а также испытывает различные возмущения, которые вызываются гравитационными взаимодействиями с другими телами Солнечной системы (и, вероятно, не только с ними). Поэтому, кроме суточных, сезонных и годовых существуют десятилетние, вековые циклы, а также циклы, измеряемые тысячелетиями (например, — геологические сдвиги, относящиеся к формированию речных террас и т.д.), десятками и сотнями тысяч лет (связанные с принципиальными изменениями геологического и климатического периодов). Тысячелетние и особенно более продолжительные циклы нередко сопровождаются уничтожением (например, в результате оледенения) одного почвенного покрова и появлением и постепенным развитием другого, «нового» почвенного покрова на «новых» почвообразующих породах. Однако, «чёткость» соблюдения указанных климатически циклов (например, М. Миланкович [5] обосновал ледниковые периоды продолжительностью 41 тыс. лет) нередко ставится специалистами под вопрос [6], поэтому основное внимание в нашем обзоре будет посвящено более «коротким» циклам.

Разумеется, циклы почвообразования, связанные с суточными изменениями, в первую очередь, затрагивают течение простейших микропроцессов [7]/элементарных почвообразовательных процессов (ЭПП) [8]. Так, смена дня и ночи, разумеется, влияет на температуру почвы (главным образом верхней части профиля) и, соответственно, на влажность почвы, а, следовательно, активность микробиоты, процессов вертикального движения влаги, подвижность химических соединений и т.д. Сезонная цикличность, особенно в условиях континентального климата, также сказывается на интенсивности микропроцессов ЭПП. Очевидно, что когда дневная поверхность несколько месяцев в течение года находится под снегом, когда отсутствуют условия для активной вегетации растений (в т.ч., и сельскохозяйственных), активность различных почвенных процессов замедляется по сравнению с летними месяцами.

Годовые циклы и, особенно, столетние и тысячелетние, затрагивая микропроцессы и ЭПП, «выходят» на общие (тотальные) макропроцессы, формирующие определенный тип почвообразования (через прохождение характерного времени) (см. рис.1). Наверное, можно говорить об определенном «временно**м** лаге» — временно́й задержке между изменением термических (и, соответственно, гидротермических) условий при вращении, обращении Земли, ритмических отклонениях её оси и интенсивности и направленности почвенных процессов. Очевидно, например, что изменение ритмов в жизни растений, связанных со сменой дня и ночи, активного вегетационного периода и периода зимнего покоя, обусловленных сезонным и годичными циклами, процессов дигрессии и демутации, вызванных десятилетними циклами, процессов первичного становления коренных насаждений, происходящих в вековые циклы, развития растительности на новых элементах мезо- и макрорельефа (например, новых речных террасах), приуроченных к тысячелетним циклам, все это будет «запускаться» не сразу, а с определенной задержкой. Следовательно, и те почвенные процессы, которые связаны с состоянием растительности, тоже «задерживаются» при циклической схеме гидротермических условий.

«Внешние» и «Внутренние» причины «Потоковости» почв и «Прерывания» цикличности почвообразования

Очевидно, что все указанные циклы почвообразования «уверенно вели бы» почвенный покров по определенному эволюционному пути, если бы осложнялись причинами, последствия которых нарушают «статичность» почвенных тел. К числу внешних причин следует отнести прежде всего процессы водной и ветровой эрозии почв, а также те ЭПП, которые были отнесены к группе «Непедогенное поступление в почву и потеря почвой вещества» [9] — смыв делювиальный и флювиальный, деразия, привнос текучими водами, выдувание мелкозема и солей, корразия, эоловый привнос мелкозема, импульверизация солей, привнос вулканической пыли, солифлюкция и конжелифлюкция, антропогенный привнос твердого вещества), привнос-унос жидкого (растворенного) вещества (унос с флювиальными водами, привнос с приливно-нагонными трансгрессивными морскими и озерными водами, привнос с индустриальными, транспортными, ирригационными водами и др.), привнос и сорбцию газообразных веществ. Как известно, интенсивность процессов, порожденных внешними причинами, может быть крайне велика. Например, в «предельных» случаях эрозия может полностью уничтожить почвенный покров, «выведя» на дневную поверхность материнскую или даже подстилающую породу. Чаще же всего происходит искусственное «омоложение» почвы за счет процессов постоянного латерального привноса/уноса почвенного материала. Для горных территорий, где уже можно говорить о смешанных эрозионно-делювиальных процессах, «омоложение» почв идет еще быстрее, чем для равнинных.

Внутренними причинами «прерывания» цикличности почвообразования являются различные педотурбационные процессы — процессы перемешивания почвенной массы под воздействием тех или иных природных и вызванных человеком сил. Одни из них приводят к незначительному внутрипочвенному перемещению, другие — к полному перемешиванию и оборачиванию горизонтов, во всех случаях оставляя определенные морфологические признаки, получившие название педотурбационных.

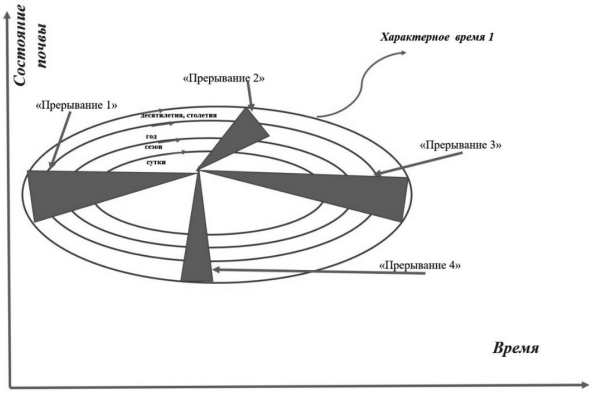


Рис. 2. **«Прерывание» цикличности почвообразования процессами, обусловленными внешними и внутренними причинами, не приводящее к изменению основного направления эволюции почвенного покрова**

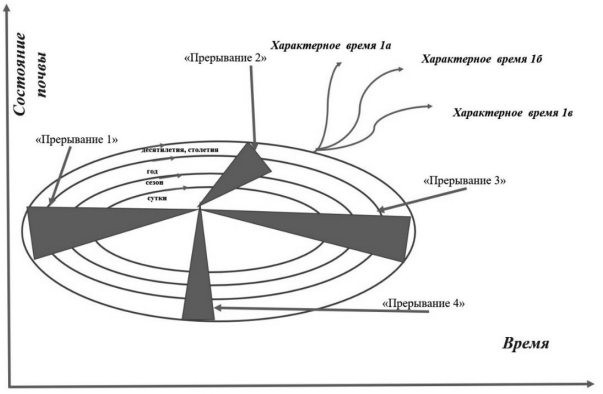


Рис. 3. **«Прерывание» цикличности почвообразования процессами, обусловленными внешними и внутренними причинами, приводящее к изменению основного направления эволюции почвенного покрова**

Б. Г. Розанов выделяет следующие педотурбационные процессы [10]:

1) самомульчирование;
2) растрескивание;
3) криотурбация;
4) вспучивание;
5) биотурбация;
6) лесные вывалы;
7) обработка почвы.

Несмотря на кажущуюся временную и пространственную хаотичность действия внешних и внутренних причин, обусловливающих течение процессов, «прерывающих» почвообразование, разумеется, можно определить некоторые закономерности, в соответствии с которыми эти процессы происходят. Скажем, интенсивность процессов водной эрозии увеличивается в ходе весеннего снеготаяния, криотурбация также связана с колебаниями температуры, а ветровалы в лесных экосистемах происходят, как правило, когда валящееся дерево достигает определенного возраста. В тоже время, нельзя не признать, что «прерывание» цикличности почвообразования в результате влияния «внешних» и «внутренних» причин выполняет роль или определенного «ступора» для циклов почвообразования, когда общая эволюция почвенного покрова не меняет своего основного направления (*рис. 2*), или — нового «вектора» («векторов») развития почв (*рис. 3*).

Заключение

Разноуровневые циклы почвообразования, которые определяются повторяющимися изменениями количества тепла, приходящего от Солнца на поверхность Земли, создают условия для многоэтапной эволюции почвенного покрова в определенном направлении. Однако в почве, которая обладает пластичностью вследствие напряжений и деформаций, возникающих под действием различных «внешних» и «внутренних» сил («внешних» и «внутренних» нагрузок), протекают различные процессы привноса-уноса почвенного материала, например, под действием воды и ветра (водная и ветровая эрозия) и педотурбационные процессы (биотурбация, ветровалы и т. д.), которые определяют потоковость почв. То есть, почвы являются постоянно «текущими» («потоковыми») телами, обладающими значительными динамическими свойствами [11].

Указанная потоковость почв «прерывает» циклы почвообразования, «омолаживая» почвы и затормаживая общую эволюцию почвенного покрова или «пуская» её по малопредсказуемому пути.

Исследование выполнено в рамках государственного задания Минобрнауки России (тема № АААА-А21–121012290189–8 «Научно-практические основы и информационное обеспечение устойчивого управления почвенно-земельными ресурсами европейской части РФ»).

Литература

1. *Пачоский И. К.* Основные черты развития флоры юго-западной России. — Херсон: Паровая типо-литография наследников О. Д. Ходушиной, 1910. — 430 с.
2. *Макаров О. А.* Нелинейность почвенных процессов во времени // Использование и охрана природных ресурсов в России, 2022. № 1. — С. 64–71.
3. *Макаров О. А.* Различные случаи нелинейного поведения почв // Использование и охрана природных ресурсов в России, 2023. № 4. — С. 77–84.
4. *Таргульян В. О.* Теория педогенеза и эволюции почв. — М.: Изд-во: ГЕОС, 2019. — 295 с.
5. *Миланкович М.* Математическая климатология и астрономическая теория колебаний климата — М., Л.: ГОНТИ; Ред. техн.-теорет. лит., 1939. — 208 с.
6. *Shackleton N. J., Berger A., Peltier W. R.* An alternative astronomical calibration of the lower Pleistocene timescale based on ODP Site 677 // Transactions of the Royal Society of Edinburgh: Earth

Sciences, 2011. 81 (4). — P. 251–261. DOI: 10.1017/S0263593300020782. S2CID129842704.
7. *Герасимов И. П.* Элементарные почвенные процессы как основа для генетической диагностики почв// Почвоведение, 1973. № 5. — С. 102–113.
8. *Роде А. А.* Почвообразовательный процесс и эволюция почв. — М.: ОГИЗ, 1947. — 142 с.
9. Элементарные почвообразовательные процессы: опыт концептуального анализа, характеристика, систематика / Н. А. Караваева, В. О. Таргульян, А. Е. Черкинский и др. — М.: Наука, 1992. — 186 с.
10. *Розанов Б. Г.* Морфология почв. — М.: Изд-во МГУ, 2004. — 433 с.
11. *Макаров О. А.* Представление о почве как о физическом теле, описываемом тензорами напряжения и деформации // Использование и охрана природных ресурсов в России, 2024. № 1. — С. 69–74.

Сведения об авторах:

Макаров Олег Анатольевич, д.б.н., завкафедрой эрозии и охраны почв факультета почвоведения МГУ имени М. В. Ломоносова, зав. лабораторией почвенно-экологического мониторинга УО ПЭЦ МГУ имени М. В. Ломоносова, в.н.с. Аграрного центра МГУ; oa_makarov@mail. ru.

Абдулханова Дина Рафиковна, м.н.с. кафедры эрозии и охраны почв факультета почвоведения МГУ; dina_msu@mail. ru.

Короткие сообщения

Итоги использования земель

24 октября пресс-служба Росреестра сообщила о том, что статс-секретарь – замруководителя Росреестра Алексей Бутовецкий на сессии «Актуальные вопросы управления государственной собственностью», прошедшей на полях Московского финансового форума, представил основные итоги работы ведомства по повышению эффективности использования земельных участков.

Как отметил Алексей Бутовецкий: «За этот год в рамках совместной работы с профильным Комитетом Госдумы принят разработанный Росреестром Закон о сроках освоения земельных участков. Впервые будет определен перечень мероприятий по освоению и установлены признаки неиспользования земель на территории городов и СНТ. Ожидаем, что соответствующие акты правительства появятся в ближайшее время. Закон еще не вступил в силу, но уже стимулирует правообладателей обратить внимание на свои земельные участки, которые они давно не посещали. Заброшенные участки, как правило, зарастают сорной растительностью, борщевиком, на них образовываются свалки и т.д. Закон создает условия для решения этой проблемы. При этом напомню, что задача принятых норм - не наказание собственников или изъятие у них земель, а именно их возвращение на свои участки для обеспечения надлежащего использования». По его словам, в 2022 г. Росреестр обследовал 8 млн га земельных участков на территории России, из которых по назначению не использовались 225 тыс. га. В 2023 г. ведомством обследовано 6,4 млн га земельных участков, из которых не использовались 435 тыс. га. При этом свыше 70% неиспользуемых участков расположены на землях населенных пунктов. Закон, который вступит в силу с 1 марта 2025 г., станет эффективным инструментом по повышению эффективности использования земель.

Росреестр

EDN KQFKXI

УДК 332.62:631

Итоги и основные проблемы в кадастровой оценке земель сельскохозяйственного назначения

П. М. Сапожников[1], д.с.-х.н., Н. Г. Рыбальский[2], д.б.н.
[1]Факультет почвоведения МГУ имени М. В. Ломоносова
[2]Аграрный центр МГУ

Дан ретроспективный анализ и этапы становления системы кадастровой оценки земель сельскохозяйственного назначения. Показано, что самая главная и существенная проблема в кадастровой оценке земель сельхозназначения, не решённая за весь её 25-летний период существования, — отсутствие современных крупномасштабных почвенных карт, необходимых для успешного функционирования блока земельных отношений страны и обеспечения продовольственной безопасности.

Ключевые слова: кадастровая оценка, земли сельскохозяйственного назначения, методология кадастровой оценки сельскохозяйственных угодий, необходимость почвенного обследования.

2024 год — юбилейный для института государственной кадастровой оценки в Российской Федерации, которой исполнилось четверть века. В честь 25-летия государственной кадастровой оценки в Москве 20 июня прошел Форум «Компетенции 2024. Кадастровая оценка», организованный Росреестром на площадке Международной выставки-форума «Россия» на ВДНХ. Мероприятие стало крупнейшим событием т.г. в сфере государственной кадастровой оценки и объединило более 350 участников из всех регионов России. Кроме того, к ним присоединились представители делегаций из Абхазии, Азербайджана, Белоруссии, Таджикистана и Узбекистана. Участники обменялись опытом в области государственной кадастровой оценки, обозначили этапы становления института кадастровой оценки, достижения отрасли и её влияние на развитие экономики страны, а также реализацию национальных задач, обозначенных Президентом России. По инициативе Росреестра на протяжении года в федеральных округах проводились рабочие встречи участников процесса кадастровой оценки недвижимости, посвященные юбилейной дате.

В рамках настоящей статьи авторы задались целью — дать ретроспективный анализ методологии кадастровой оценки земель сельскохозяйственного назначения.

В России оценку недвижимости (земельные участки тоже относят к объектам недвижимости) ученые разделяют на дореволюционный и современный периоды [1].

С момента своего появления оценка недвижимости применялась для налогообложения. Информация о первой оценке появилась в XVII в. в Италии, но полноценная оценка недвижимости стала проводиться в Западной Европе только в XIX в. В России такая процедура начала формироваться в XIX в. для пополнения земского бюджета в связи с отменой крепостного права. Позаимствовать процесс оценки в России решили в королевстве Витремберг (с 1871 г. в составе Германии), где ценность недвижимости определялась путём вычисления земельной ренты, капитализации доходов [2]. Министерством финансов создавалась специальная оценочная комиссия, которой была подведомственна оценочная окружная комиссия. Затем окружные комиссии проводили сверку «по установленной классификации и определение норм доходности 1 га с целью унификации». Первый зафиксированный в области оценки недвижимости нормативный акт был в 1864 г. в «Положении о земских учреждениях». Уже в этот период размер налогов исчислялся исходя из ценности «недвижимых имуществ», в дальнейшем процесс установления стоимости на государственном уровне стал более регламентированным. Объектами налогообложения выступали предприятия с промышленным производством, фабрики, заводы и соответственно земельные участки. Положение 1890 г. добавило к перечисленным объектам другие недвижимые имущества и торговые промышленные предприятия. В 1893 г. издаются «Закон об оценке имуществ», «Правила оценки недвижимых имуществ для обложения земскими соборами» на основании которых стала производиться переоценка всего недвижимого имущества и Инструкция Минфина под редакцией С. Ю. Витте, разъясняющая Закон и Правила [3]. Были образованы губернские оценочные комиссии в каждой из 34 земских губерний и уездные оценочные комиссии в каждом из 359 уездах. Но, к сожалению, как показала практика, данный нормативный акт не смог решить задачу в единообразии оценки — за 6 лет наблюдений историки зафиксировали целый ряд проблем в действии новых законов. Это выразилось в том, что уездные комиссии вели лишь формальную работу по оценке недвижимости или вообще не проводили заседания по заслушиванию циркуляров. Вследствие чего в 1899 году принимается новый закон об оценке недвижимого имущества, в соответствии с которым обязательному анализу при конкретной оценке, в частности, подлежали: характер почв и климатические условия, структура сельхозугодий и способы ведения хозяйства, а так же особенности эксплуатации земли ее последним владельцем.

В феврале 1919 г. ВЦИК принял «Положение о социалистическом землеустройстве и о мерах перехода к социалистическому земледелию», закрепившее две основные формы: государственную и коллективную. Земельный кадастр в те годы представлял собой сведенные в единую книгу регистрационные сведения по землепользователям, а также количественные и качественные характеристики земель. 65 лет назад, в 1959 г., завершилась большая работа по бонитировке почв, проведенная Комиссией во главе с Почвенным институтом им. В. В. Докучаева, которую возглавлял академик Сергей Степанович Соболев (в октябре 2024 г. отмечали 120 лет со дня его рождения). Впервые для всей страны в целом была составлена предварительная единая бонитировочная (оценочная) шкала плакорных почв [1]. В 1969 г., 55 лет назад, были приняты Основы земельного законодательства Союза ССР и союзных республик, закрепившие требование к научно-обоснованному учету качества земель, их потенциального и экономического плодородия. В земельный кадастр были включены разделы: 1) бонитировка почв; 2) экономическая оценка земель [4].

В период с ноября 1989 г. Верховным Советом СССР были приняты законы об аренде, о собственности и земле, а 25 апреля 1991 г. — Земельный кодекс РСФСР, который узаконил частную собственность на землю и определил механизмы передачи в собственность земельных участков. С 1991 г. система земельного кадастра начинает автоматизироваться. Разрабатывается специальная Федеральная целевая программа «Создание автоматизированной системы ведения государственного земельного кадастра (1996–2002 годы)». Быстрыми темпами развивается государственная кадастровая оценка земель. После принятия в 1999 г. Постановления Правительства РФ № 945, 8 апреля 2000 г. Постановлением Правительства РФ № 316 были утверждены Правила проведения Государственной кадастровой оценки земель. С этого момента в России начинается новый этап в экономической оценке земель. В нем была определена цель кадастровой оценки — внедрение экономических методов управления земельными ресурсами и повышение на этой основе эффективности использования земель.

Постановление Правительства РФ № 945 увенчало огромный пласт подготовительной работы по написанию и апробации методик, разработанных на опыте других стран с учетом реалий России в тесной взаимосвязи с оценочным сообществом, формируемым с 1998 г. после принятия Федерального закона № 135 «Об оценочной деятельности в Российской Федерации» [5].

В Постановлении Правительства РФ № 316 были утверждены Правила проведения Государственной кадастровой оценки земель, в которых впервые дано четкое определение оценочного зонирования территории как составной части процедуры государственной кадастровой оценки, а также краткое описание составных элементов и процедуры оценочного зонирования. Было установлено, что кадастровая стоимость продуктивных земель (земли сельскохозяйственного назначения и лесного фонда) определяется доходным подходом.

В 2001 г. был введен в действие новый Земельный кодекс Российской Федерации [6] и в этом же году Правительством РФ принята ФЦП «Создание автоматизированной системы ведения государственного земельного кадастра и государственного учета объектов недвижимости» [7].

Первой методикой, принятой в 2000 г. и утвержденной Госкомземом России, была Методика по государственной кадастровой оценке земель сельскохозяйственного назначения на уровне субъектов Российской Федерации [8]. Данная методика кадастровой оценки земель сельскохозяйственного назначения была основана на расчете базовых фактических показателей (оценочная продуктивность и оценочные затраты, расчетный рентный доход, кадастровая стоимость) на уровне субъектов РФ для сельскохозяйственных угодий, при этом для всех субъектов была взяты единые коэффициенты капитализации и рентабельности. Дифференциация базовых показателей по земельным участкам была основана на показателях плодородия, технологических свойствах и местоположении. По указанной методике было проведено два тура оценочных работ — 2002 и 2007 год.

Основные недостатки, действовавших в то время, методических указаний сводились к следующему [9]:

- неправомерность использования показателей фактических данных по урожайности и затратам при оценке земель; по существу, данный подход сводился не к оценке земель по уровню плодородия, а к оценке фактически достигнутого уровня производства, который никоим образом не связан с состоянием земель, а определяется интенсификацией сельскохозяйственного производства;
- не учитывалось влияние климатических условий и рельефа местности на продуктивность сельскохозяйственных угодий;
- использование средних базовых показателей отрицало один из основных рыночных принципов оценки — оценка по наилучшему, наиболее эффективному использованию земли;
- принятие единого для всех субъектов РФ единого коэффициента капитализации (3%) являлось экономически необоснованным и не поддавалось логике.

Приказом Минэкономразвития России от 20.09.2010 № 445 были утверждены новые Методические указания по государственной кадастровой оценке земель сельскохозяйственного назначения [10]. Они имели ряд существенных отличий, а именно:

1) в организационно-методическом плане вместо двухэтапной организации работ (субъект РФ —

земельный участок) был предложен одноэтапный подход (только земельный участок);

2) в методологическом плане:

- вместо анализа фактических данных за последние годы об урожайности культур и затратах на их возделывание справедливо предлагалось использовать показатели нормативной продуктивности (исходя из свойств почв) и нормативных затрат, получаемых на основе технологических карт;
- определение наилучшего и наиболее эффективного использования земельного участка по текущему виду землепользования — создание оптимального севооборота на основе возможного (по агроклиматическим параметрам) перечня выращиваемых сельскохозяйственных культур с учетом максимальной доходности и при условии соблюдения экологических требований;
- расчет показателей коэффициента капитализации для земельных участков в субъекте Российской Федерации.

По данной методологии, начиная с 2011 г., во всех субъектах Российской Федерации была проведена государственная кадастровая оценка земель сельскохозяйственного назначения. В рамках выполнения методологии были разработаны следующие документы:

- Справочник агроклиматического оценочного зонирования [11];
- Технические указания по выполнению работ по государственной кадастровой оценке земель сельскохозяйственного назначения [12];
- Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. № 2019611028. «Кадастровая оценка земель сельскохозяйственного назначения» [13].

До 2016 г. государственную кадастровую оценку выполняли рыночные оценщики, при этом было много нареканий на проведение оценки, как со стороны собственников (физических и юридических лиц), так и государства. В целях устранения основных недостатков действовавшей системы проведения государственной кадастровой оценки, в основу которой было положено привлечение независимых рыночных оценщиков (посредством их отбора по результатам конкурсных процедур) для определения кадастровой стоимости объектов недвижимости в рамках проведения государственной кадастровой оценки в соответствии с положениями Федерального закона об оценочной деятельности, а также в целях совершенствования порядка определения кадастровой стоимости объектов недвижимости был разработан и принят Федеральный закон от 3 июля 2016 г. № 237-ФЗ «О государственной кадастровой оценке» [14]. Новая система государственной кадастровой оценки предусматривает передачу полномочий по определению кадастровой стоимости государственным бюджетным учреждениям (ГБУ), создаваемым субъектом Российской Федерации. Ответственность за их работу возложена на региональные органы власти.

В Методических указаниях «О государственной кадастровой оценке», утвержденных приказом Минэкономразвития России от 12.05.2017 № 226 [15], при кадастровой оценке земель сельскохозяйственного назначения оцениваются почвенные свойства, влияющие на плодородие земель, характеристики климата и рельефа местности. По сути, методология определения кадастровой стоимости земель сельскохозяйственного назначения 2010 г. не отличается от методологии 2017 года. Различия заключаются в добавлении раздела по кадастровой стоимости оленьих пастбищ.

Методические указания № 226 рекомендуют проводить кадастровую оценку земель сельскохозяйственного назначения на основе Единого государственного реестра почвенных ресурсов России [16] и расчета нормативной урожайности. Отмеченные источники предоставляют наименование почв и показатели их плодородия, а также включают характеристику других природных условий. Необходимым атрибутом проведения государственной кадастровой оценки земель сельскохозяйственного назначения является наличие информации о почвенном покрове территории (крупномасштабные почвенные карты 1:10000 1:25000).

В 2021 г. приказом Росреестра от 04.08.2021 № П/0336 утверждены Методические указания о государственной кадастровой оценке [17] (зарегистрированы в Минюсте России 17.12.2021 № 66421). Данные Методические указания позволяют оценить все объекты недвижимости — земельные участки всех категорий земель и объекты капитального строительства. В рамках кадастровой оценки земель сельскохозяйственного назначения существенных отличий между методиками 2017 и 2021 годов нет.

В 2021–2022 гг. около 30 субъектов Российской Федерации проводили расчет кадастровой стоимости земель сельскохозяйственного назначения по разработанной нами программе, включая такие крупные регионы, как Приморский, Хабаровский, Красноярский, Краснодарский и Забайкальский края, Омская Московская, Владимирская, Вологодская области.

Однако в ходе выполнения работ по государственной кадастровой оценке земель сельскохозяйственного назначения возникли существенные проблемы методического характера.

Самая главная и самая существенная проблема — *отсутствие в необходимом объеме и соответствующего качества современного крупномасштабного картографического почвенного материала*. Эта проблема очень важна и не позволяет проводить качественную кадастровую оценку сельскохозяйственных угодий. В некоторых субъектах РФ крупномасштабные почвенные обследования вообще отсутствуют (Республика Удмуртия). В связи с этим, исполнители работ вынуждены брать

областные почвенные карты более мелкого масштаба и проводить работу по ним. Это делает работу по кадастровой оценке земель сельскохозяйственного назначения гораздо менее точной. В Еврейской автономной области Управление Росреестра не выдало сотрудникам ГБУ материалы крупномасштабных почвенных исследований, мотивируя это тем, что эти материалы «Для служебного пользования». Почему это сделано, совершенно неясно. На данных материалах нет топографической привязки, нет нанесенных горизонталей. Обращение в Центральный аппарат Росреестра сотрудников ГБУ, к сожалению, не принесло результатов. Не предусмотрен ограничительный критерий возможности применения почвенных карт по дате их составления, и, следовательно, не предусмотрена обязанность обновления данных материалов в случае необходимости [18].

Последние почвенные обследования на государственном уровне в нашей стране были проведены в середине 80-х годов прошлого века, т.е. прошло более 40 лет. Обследования были проведены предприятиями системы ГИПРОЗЕМ в рамках работ по бонитировке почв и экономической оценке сельскохозяйственных угодий. В соответствии с Постановлением Правительства РФ от 5 марта 2021 г. № 325 «Об утверждении Положения о формировании планов проведения почвенных, геоботанических и других обследований земель сельскохозяйственного назначения, а также о проведении таких обследований» периодичность почвенных обследований составляет не менее 1 раза в 15 лет [19]. В нашей стране прошло более 40 лет с последнего тура проведения почвенных обследований. Материалы почвенных обследований — крупномасштабная почвенная карта (М 1: 10000—1:25000) с необходимыми картографическими приложениями и очерк, содержащий характеристику почв всего землепользования и рекомендации по их использованию и улучшению. Эти материалы составляют на основе специальных полевых исследований, лабораторных и камеральных работ. Один из авторов настоящей статьи с 2001 по 2011 годы работал в Федеральном кадастровом центре «Земля» Росреестра, занимаясь вопросами государственной кадастровой оценки земель сельскохозяйственного назначения. В 2009 г. сотрудников Центра вызывали на совещание в Счетную палату РФ по вопросам методологии кадастровой оценки. И вопрос сотрудников СП РФ был в следующем — как же проводится кадастровая оценка земель сельскохозяйственного назначения, если исходная информация по почвам не соответствует современным реалиям? Вопросы представителей Счетной палаты вполне резонны и обоснованы. За это время вполне могли измениться свойства почв — и содержание гумуса, и мощность гумусового горизонта. Могли усилиться и деградационные процессы в почвах — переувлажнение (особенно интенсивно этот процесс наблюдается в черноземных почвах), переуплотнение, водная и ветровая эрозия, засоление, осолонцевание. От свойств почв и проявления деградационных процессов в почвах будет зависеть величина кадастровой стоимости и, как следствие, налог, который платит сельский товаропроизводитель за землю.

Важной проблемой при кадастровой оценке земель сельскохозяйственного назначения является оценка залежных земель. Как оценивать залежи и надо ли их оценивать? По-нашему мнению, это делать не надо. В соответствии с ст. 79 Земельного кодекса РФ к сельскохозяйственным угодьям относятся пашни, сенокосы, пастбища, залежи, земли, занятые многолетними насаждениями (садами, виноградниками и другими). При кадастровой оценке отнесение к различному виду сельскохозяйственных угодий определяется свойствами почв. Собственник земельного участка самостоятельно определяет, как ему использовать тот или иной вид угодий. При кадастровой оценке оценщики не обследуют объект на местности, а используют перечень объектов оценки, подготовленный Кадастровой палатой. В этом перечне отсутствует информация об использовании сельскохозяйственных угодий. В связи с этим при кадастровой оценке земель невозможно определить используется участок сельскохозяйственного назначения или нет. Необходимо также отметить, что в соответствии с ФЗ № 354 от 03.07.2016 [20] земельный участок сельскохозяйственного назначения может быть изъят из оборота в случае его неиспользования в течение трех лет. Поэтому при оценке залежных земель их необходимо оценивать, как сельскохозяйственные угодья и собственник или арендатор земельного участка должен платить налог или арендную плату. Данное утверждение, безусловно, должно быть утверждено или опровергнуто Росреестром.

Еще одной методической проблемой является невозможность составления экспликации площадей земельных участков по типам почв, по причине отсутствия в Государственном кадастре недвижимости сведений о местоположении границ земельных участков.

Важнейшей технологической проблемой государственной кадастровой оценки также является отсутствие контроля (надзора) и экспертизы со стороны Росреестра в методологии проводимых оценочных работ. К сожалению, пока экспертиза и контроль носят формальный характер. Это относится не только к землям сельскохозяйственного назначения, но и к объектам капитального строительства и участкам других категорий земель.

Литература

1. *Сапожников П. М., Рыбальский Н. Г.* Двадцатилетие кадастровой оценки в России — основные проблемы и трудности // Использование и охрана природных ресурсов в России, 2019. № 4. — С. 93—97.
2. *Шакирова О. К., Балдаева Р. А.* История развития рыночной и кадастровой оценки недвижимости в Российской Федерации // Современная цивилистика, 2017. № 2. — С. 45—49.

3. *Коростелев С. П.* Кадастровая оценка недвижимости. — М.: Маросейка, 2010. — 352 с.
4. *Иванов И. В.* История отечественного почвоведения: Развитие идей, дифференциация, институционализация. Кн. 1: 1870—1947. — М.: Наука, 2003. — 397 с.
5. Федеральный закон «Об оценочной деятельности в Российской Федерации» от 29.07.1998 № 135-ФЗ.
6. Земельный кодекс Российской Федерации от 25.10.2001 № 136-ФЗ
7. Постановление Правительства РФ от 25.10.2001 № 745 «Об утверждении Федеральной целевой программы «Создание автоматизированной системы ведения государственного земельного кадастра и государственного учета недвижимости».
8. Методика государственной кадастровой оценки сельскохозяйственных угодий на уровне субъектов Российской Федерации. Утв. Госкомземом России и согласована с Минсельхозпродом России, Минэкономикой России и Мингосимуществом России 11 мая 2000 г.
9. *Сапожников П. М.* Основные проблемы при проведении государственной кадастровой оценки земель сельскохозяйственного назначения // Имущественные отношения в Российской Федерации, 2019. № 12. — С. 111—115.
10. Приказ Минэкономразвития России от 20.09.2010 № 445 «Об утверждении Методических указаний по государственной кадастровой оценке земель сельскохозяйственного назначения».
11. Справочник агроклиматического оценочного зонирования субъектов Российской Федерации / Под ред. С. И. Носова. — М., 2010. — 198 с.
12. Государственная кадастровая оценка земель сельскохозяйственного назначения Российской Федерации / Под ред. П. М. Сапожникова, С. И. Носова. — М., 2012. — 158 с.
13. *Пшеничников А. П., Носов С. И., Оглезнев А. К.* и др. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. № 2019611028. «Кадастровая оценка земель сельскохозяйственного назначения», 2019.
14. Федеральный закон «О государственной кадастровой оценке» от 03.07.2016 № 237-ФЗ.
15. Приказ Минэкономразвития России от 12.05.2017 № 226 (ред. от 09.09.2019) «Об утверждении методических указаний о государственной кадастровой оценке».
16. Единый государственный реестр почвенных ресурсов России. Утв. Минсельхозом России. Версия 1.0. — Москва, Тула: Почвенный институт; Гриф и К, 2014. — 760 с.
17. Приказ Росреестра от 04.08.2021 № П/0336 «Об утверждении Методических указаний о государственной кадастровой оценке».
18. *Сапожников П. М.* Необходимость почвенных обследований // Природно-ресурсные ведомости, 2023. № 510—51.
19. Постановление Правительства РФ от 05.03.2021 № 325 «Об утверждении Положения о формировании планов проведения почвенных, геоботанических и других обследований земель сельскохозяйственного назначения, а также о проведении таких обследований».
20. Федеральный закон «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в части совершенствования порядка изъятия земельных участков из земель сельскохозяйственного назначения при их неиспользовании по целевому назначению или использовании с нарушением законодательства Российской Федерации» от 03.07.2016 № 354-ФЗ.

Сведения об авторах:

Сапожников Петр Михайлович, д.с.-х.н., проф., в.н.с. кафедры физики и мелиорации почв факультета почвоведения МГУ им. М. В. Ломоносова; e-mail: Sap-petr@yandex. ru.

Рыбальский Николай Григорьевич, д.б.н., проф., в.н.с. Евразийского центра по продовольственной безопасности МГУ им. М. В. Ломоносова (Аграрный центр МГУ); e-mail: rng@priroda. ru.

Короткие сообщения

К 120-летию ЦМП им. В.В. Докучаева

14 октября в Центральном музее почвоведения им. В.В. Докучаева состоялось открытие Всероссийской научной конференции «Почва как объект познания и источник вдохновения», посвященной 120-летию ЦМП им. В.В. Докучаева, в организации которой приняли участие Общество почвоведов им. В.В. Докучаева и Санкт-Петербургское отделение Росэкоакадемии.

С приветственными словами выступили: первый замдиректора ФИЦ Почвенный институт им. В.В. Докучаева, к.г.н. Дмитрий Козлов; президент Общества почвоведов им. В.В. Докучаева, и.о. декана факультета почвоведения МГУ, чл.-корр. РАН Павел Красильников; вице-президент РГО, директор Института наук о Земле СПбГУ, д.г.н., проф. Кирилл Чистяков; представители органов власти — первый зампредседателя Комитета по науке и высшей школе Ирина Ганус; зампредседателя Комитета по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экобезопасности Санкт-Петербурга Иван Серебрицкий, а также общественности — председатель комиссии по АПК, сельским территориям и природопользованию Общественной палаты Ленинградской области, член Президиума РЭА Вероника Тарбаева.

В первый день работы конференции открылась выставка «О почве и беспочвенности», рассказывающая о дискуссионных вопросах обработки почв, а также сохранения плодородия.

ЦМП им. В.В. Докучаева

Агроэкология

EDN CPZJWW

УДК 638.4; 574.24; 632.937.3

Разведение энтомофага яйцееда *Trissolcus kozlovi* (*Hymenoptera: Scelionidae*) на нецелевом хозяине — хищном клопе *Podisus maculiventris* (*Heteroptera: Pentatomidae*)

А. В. Ходакова[1,2], И. В. Андреева[1,2],к.с.-х.н., Е. И. Шаталова[1,2], к.б.н.
[1]Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН
[2]Новосибирский государственный аграрный университет

В статье приведены результаты экспериментов по отработке элементов лабораторного разведения яйцееда *Trissolcus kozlovi* сибирской популяции. Установлены сроки развития энтомофага в зависимости от температурного фактора. Определена плодовитость самок на лабораторном хозяине — хищном клопе *Podisus maculiventris*, составляющая в среднем 23,1±1,2 яйца. Выявлена способность энтомофага заселять разновозрастные яйца клопа-хозяина и яйца, хранившиеся до 20 суток при пониженных положительных температурах (+8–9°С), что расширяет возможности массового размножения триссолькуса. Подобрано соотношение количества оплодотворенных самок яйцееда к количеству яиц хозяина (1:10), оптимальное для получения максимального выхода имаго следующего поколения.

Ключевые слова: энтомофаг, яйцееды, лабораторный хозяин, биологическая продуктивность, способ разведения.

Введение

Методы биоконтроля фитофагов постоянно совершенствуются, ежегодно расширяется ассортимент биологических средств защиты растений, в том числе за счет энтомофагов, биоресурсный потенциал которых, во всем мире практически не ограничен [1]. По последним данным в практику биологической защиты растений введены около 300 видов энтомоакарифагов, из которых активно применяются 230 видов [2]. Большинство используемых для коммерческой наработки видов полезных членистоногих происходят родом из регионов с жарким климатом и на территории РФ используются преимущественно в условиях защищенного грунта [3]. Гораздо в меньшей степени применяются энтомофаги в агро- и биоценозах открытого грунта. Решением данной проблемы является изучение и использование аборигенных видов полезных насекомых, в том числе обитающих в Сибирском регионе, которые могут стать постоянным источником новых биологических средств защиты растений [4, 5].

Так, актуальным является поиск эффективных энтомофагов растительноядных клопов, повреждающих многие сельскохозяйственные и декоративные культуры. В частности, важное практическое значение имеют фитофаги из семейства щитников (Pentatomidae) — крестоцветные клопы рода *Eurydema* [6] ягодный клоп *Dolycoris baccarum* Linnaeus, 1758 [7], итальянский линейчатый или полосатый щитник, *Graphosoma lineatum* Linnaeus, 1758 [8], зеленый древесный клоп, *Palomena prasina* Linnaeus, 1761 [9], а также клопы рода *Eurygaster* из семейства (Scutelleridae) [10, 11]. Особое значение в качестве опасных вредителей в последние годы приобрели инвазивные для нашей страны виды — мраморный клоп *Halyomorpha halys* Stål, 1855, незара зеленая *Nezara viridula* Linnaeus, 1758 и др. [12]. Для борьбы с инвазивными видами обычно используются такие же интродуцированные, не приспособленные к местным условиям энтомофаги [2], что с экологической и экономической точек зрения далеко не всегда оправдано.

В связи с этим, изучение ресурсного потенциала аборигенных видов энтомофагов растительноядных клопов с целью введения их в культуру в качестве новых агентов биоконтроля, а также разработка

методов их лабораторного разведения является актуальными задачами на сегодняшний день. Наиболее перспективными для регуляции численности клопов-фитофагов считаются паразиты рода *Trissolcus* (Hymenoptera: Scelionidae) [13, 14]. Некоторые виды этого рода подробно изучены и для них разработаны методики лабораторного разведения, однако подобные исследования проводятся преимущественно за рубежом. К числу таких видов относятся *Trissolcus japonicus* Ashmead, *T. basalis, T. grandis, T. mitsukurii* [15–19]. Тем не менее, биоразнообразие представителей рода *Trissolcus* — потенциальных агентов биоконтроля вредителей — включает более 150 видов, распространенных в различных регионах мира [13, 20]. Перспективным, но недостаточно изученным в этом плане является распространенный в Западной Палеарктике *Trissolcus kozlovi* Rjachovsky, 1975. Итальянские ученые выявили круг хозяев данного вида, включающего 11 видов клопов-пентатомид, в том числе мраморного клопа [21, 22]. По собственным данным авторов *T. kozlovi* сибирской популяции способен паразитировать на таких видах вредителей как *D. baccarum, P. prasina*, *G. lineatum*, представителях рода *Aelia* и др. [23].

Целью исследований являлось изучение биологических особенностей, введение в культуру и отработка технологии лабораторного разведения энтомофага *T. kozlovi*, выделенного из природных условий Западно-Сибирского региона.

Материалы и методы

Исследования проводили в 2021–2024 гг. на базе лаборатории биологического контроля фитофагов и фитопатогенов Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий (СФНЦА РАН). Опыты по изучению биологических особенностей *T. kozlovi*, а также отработке основных элементов технологии разведения яйцееда осуществляли, опираясь на методики, описанные в [17, 21, 24, 25] с изменениями, адаптированными к задачам и условиям проводимых экспериментов.

Вид *T. kozlovi* был выведен из яиц природной популяции клопа *Palomena prasina*, яйцекладки которого были собраны в Новосибирске (55.031159, 83.032661), введен в лабораторную культуру и с 2021 года содержится в лаборатории круглогодично.

Разведение энтомофага осуществляли на яйцах хищного клопа *Podisus maculiventris* Say, 1832 [26], размножение которого производится в лабораторных условиях по оригинальной методике [27]. Для этого одно- или двухдневные яйца подизуса в количестве 100–200 шт. помещали в стеклянные банки объемом 100 мл, на внутренние стенки которых наносили капли меда и выпускали в них имаго яйцееда из расчета 1 оплодотворенная самка на 10–15 яиц. Банки закрывали прозрачной тканью для осуществления газообмена, а сверху помещали ватный тампон, пропитанный водой для поддержания водного баланса насекомых. Затем банки с заселенными триссолькусом яйцами помещали в климатическую камеру «Биотрон-8», где поддерживали постоянные условия температуры, влажности и светового периода (+24±1°С, 70±10%; 16:8 ч L: D) до вылета имаго яйцееда следующего поколения.

Для определения продолжительности развития яйцееда при разных температурных условиях (в диапазоне от +18°С до +27°С) использовали 1–2-х дневные яйца клопа *P. maculiventris* и 1–2-х дневные имаго яйцееда. В стеклянные банки закладывали по 100 яиц лабораторного хозяина и запускали имаго триссолькуса, соблюдая соотношение паразитоид: хозяин — 1:10. После заселения яиц клопа взрослых особей яйцееда удаляли, а паразитированные яйца оставляли при тех же условиях до появления имаго следующего поколения. При учете фиксировали дату вылета имаго следующего поколения, процент вышедших взрослых паразитоидов от общего числа яиц, подвергшихся воздействию родительских самок, а также соотношение полов.

Для определения биотического потенциала самок *T. kozlovi* при разведении на лабораторном хозяине в стеклянные чашки Петри диаметром 90 мм помещали по 25 яиц клопа *P. maculiventris*, ватный тампон, пропитанный медовым раствором, и подселяли к ним по 1 самке и 1 самцу яйцееда. Через каждые двое суток после начала эксперимента проводили замену яиц клопа-хозяина. Паразитированные яйца удаляли из чашек и добавляли свежие яйца в количестве 25 штук. Замену яиц клопа-хозяина проводили до гибели родительских самок яйцееда. Паразитированные яйцекладки клопов сохраняли при тех же условиях до вылета имаго паразитоида следующего поколения. После вылета имаго дочернего поколения делали учет особей, определяли общее количество заселенных яиц по числу вылетевших имаго самок и самцов.

Оценку влияния сроков эмбрионального развития яиц клопа — лабораторного хозяина на способность к паразитированию *T. kozlovi* проводили по следующей методике. Для опытов отбирали партии однодневных яиц *P. maculiventris* и хранили их в чашках Петри в течение 1, 2, и 3-х суток при 24 ± 1°С, тем самым получая двух-, и трехдневные яйца лабораторного хозяина. Затем хранившиеся яйца помещали в стеклянные банки и выпускали в них 1–3-х дневные имаго яйцеедов. В качестве контроля использовали однодневные яйца клопа-хозяина. В каждой повторности использовали по 100 яиц, количество яйцеедов — произвольное, но не менее 7 самок и 2–3-х самцов. Насекомых содержали при постоянных условиях — +24±1°С, 70±10%; 16 часов света. В опытах учитывали количество вылетевших имаго триссолькуса дочернего поколения и вышедших нимф клопа.

Для выявления возможности длительного хранения яиц подизуса при пониженных температурах на способность *T. kozlovi* к паразитированию в них

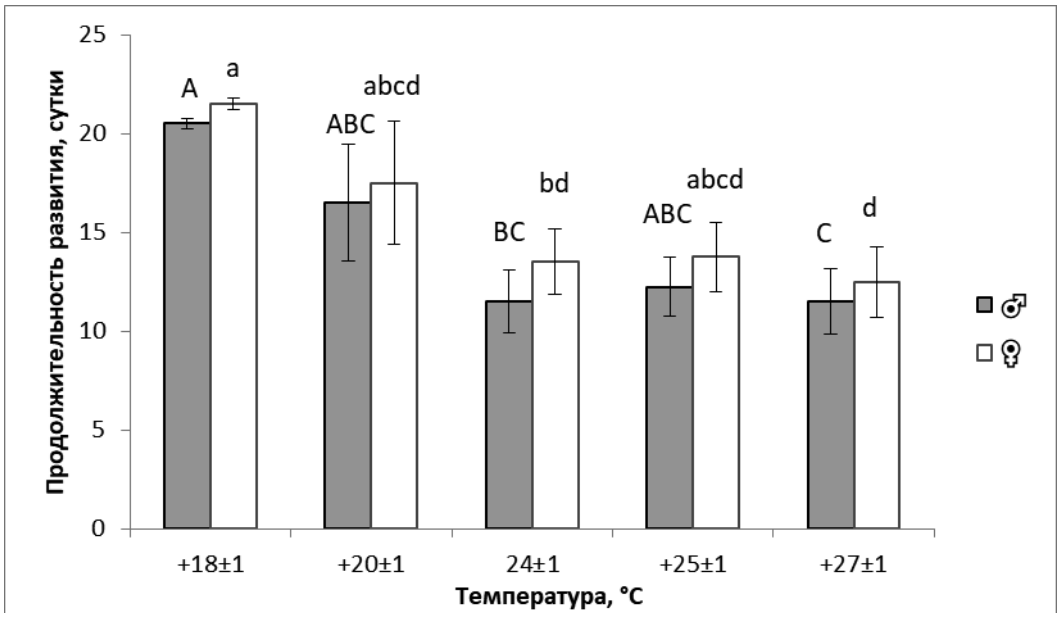


Рис. 1. **Влияние температуры на длительность развития *T. kozlovi* на яйцах лабораторного хозяина *P. maculiventris***

и образованию потомства однодневные яйца лабораторного хозяина до заселения их триссолькусом хранили в условиях холодильника (+9±1°C) в течение 7, 10, 15, 20 и 25 суток, контролем служили свежесобранные однодневные яйца *P. maculiventris.* Результативность опыта оценивали по проценту вылета имаго нового поколения.

Влияние исходного количества самок *T. kozlovi* на заселение яиц лабораторного хозяина и половой индекс следующего поколения паразита оценивали в опытах с разным исходным соотношением оплодотворенные самки яйцееда: количество яиц хозяина (от 1:6 до 1:30). После вылета особей нового поколения определяли количество имаго и половой индекс.

Во всех экспериментах (за исключением опытов по определению сроков развития энтомофага, проводимых при разных температурах) опытных насекомых содержали в климатических камерах при температуре 24 ± 1°C, относительной влажности 60–70% и 16:8 ч L: D. Повторность опытов — 4–5-ти кратная, в опытах по определению плодовитости — 10-ти кратная.

Половой индекс популяции определяли по формуле:

$$i = \frac{f}{f+m}, \qquad (1)$$

где: *i* — половой индекс, *f* — количество самок, шт., *m* — количество самцов, шт.

Статистическую обработку данных проводили методами расчета средних значений, стандартной ошибки средней (SE). Для анализа различий в полученных данных использовался непараметрический анализ Вилкоксона, Крускалла-Уоллиса с апостериорным анализом Данна в программе Past 6.0, графики получены с помощью программы Excel 2010.

Результаты и обсуждение

Изучение биологических особенностей *T. kozlovi* показало, что преимагинальное развитие энтомофага проходит внутри яйца хозяина и длится от 11 до 21 суток в зависимости от температурного фактора, а также от пола энтомофага. Так, самцы вылетают на 1–2 дня раньше самок (обычно это единичные особи), затем наблюдается массовый вылет имаго, где преобладают самки. При высоких температурах — более +26°C преимагинальное развитие завершается за 11 сут. у самцов и 12 сут. у самок (*рис. 1*). При снижении температуры ниже +20°C цикл развития яйцееда увеличивается до 18–21 дней. Наиболее оптимальными являются температуры — около +24°C, при которых триссолькус проходит полный цикл своего развития на лабораторном хозяине за 12–14 дней.

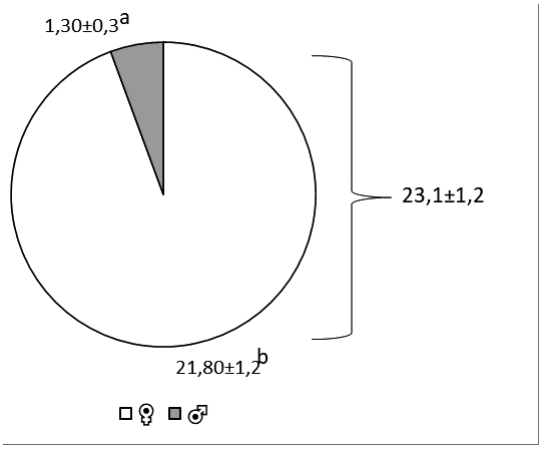


Рис. 2. **Плодовитость *T. kozlovi* при разведении на лабораторном хозяине (по вылету имаго следующего поколения).** Разными буквами обозначены достоверно отличающиеся варианты (тест Вилкоксона, W=55, p⩽0,001)

Тест Крускалла-Уолли ♂(chi^2=16,6, df=4, p=0,002) и ♀ (chi^2=16,5, df=4, p=0,0018) с апостериорным анализом Данна. Разными буквами обозначены достоверно различающиеся варианты при p⩽0,01.

Плодовитость одной самки триссолькуса на яйцах лабораторного хозяина составляла в среднем 23,1±1,2 яйца. При одиночном содержании оплодотворенных самок энтомофага (без конкуренции между самками) половой индекс имаго следующего поколения составлял 0,94±0,01 (*рис. 2*).

Для разработки технологии разведения яйцееда представляло интерес определить на какой стадии эмбрионального развития яиц хозяина, самки энтомофага предпочитают их заселять. Для этого самкам предлагали для заселения одно-, двух-, трехдневные яйца лабораторного хозяина. В результате установлено, что самки яйцееда заселяли разновозрастные яйца хозяина практически одинаково (*табл. 1*), что существенно расширяет возможности массовой наработки энтомофага. Так, не выявлено достоверных различий по числу имаго нового поколения, вылетевших из разновозрастных яиц, а количество личинок клопов, вышедших из незаселенных паразитом яиц, не превышало 2,7%. Кроме того, была отмечена гибель яиц клопа-хозяина по невыясненным причи-

Таблица 1

Заселенность яйцеедом *T. kozlovi* яиц лабораторного хозяина на разных стадиях эмбрионального развития (+24 ±1° С)

Вариант	*Количество имаго яйцееда нового поколения, %*			*Количество клопов (не заселенных паразитом яиц)*	*Гибель яиц клопа неизвестной этиологии, %*
	самок	*самцов*	*всего*		
Однодневные яйца	63±8,1	26,8±9,1	89,8±3,6	2,7±1,6	7,5±3,01
Двухдневные яйца	50±7,9	31,5±8,4	81,5±8,5	1,0±1	17,5±8,27
Трехдневные яйца	70,5±5,5	16,0±4,4	86,5±3,7	1,0±0,58	12,5±3,38
p-значение	0,1	0,47	0,74	0,6	0,48

Примечание: по тесту Крускалла-Уоллиса не обнаружено достоверно отличающихся значений вариантов.

Таблица 2

Влияние длительности периода хранения при пониженных температурах (+8–9°С) яиц лабораторного хозяина с последующим заселением их яйцеедом *T. kozlovi* на вылет имаго следующего поколения

Вариант (хранение, сутки)	*Количество имаго нового поколения, %*	*Половой индекс*
Контроль (свежесобранные однодневные яйца)	79,8±6,94	0,74±0,04
7	88,7±2,33	0,85±0,02
10	92,7±2,84	0,80±0,02
15	89,0±1,96	0,74±0,06
20	82,5±7,53	0,85±0,01
25	69,8±2,10	0,75±0,04
p-значение	0,107	0,12

Примечание: тест Крускалла-Уоллиса для имаго (chi^2=8,98, df=5, p=0,107) и полового индекса (chi^2=8,46, df=5, p=0,12). Не обнаружено достоверно отличающихся значений вариантов.

Таблица 3

Влияние исходного количества самок *T. kozlovi* при заселении яиц лабораторного хозяина на выход имаго следующего поколения

Исходное количество — самки яйцееда: яйца клопа-хозяина	*Выход имаго яйцееда следующего поколения, %*	*Половой индекс*
1: 6	94,5±1,7^{a}	0,80±0,03
1: 8	94,1±2,4^{a}	0,80±0,03
1: 10	93,8±2,9^{ab}	0,79±0,03
1: 15	76,9±5,0^{b}	0,81±0,02
1: 25	78,0±4,6^{ab}	0,84±0,03
1: 30	75,5±3,6^{ab}	0,88±0,03
p-значение	0,0002	0,57

Примечание: тест Крускалла-Уоллиса для выхода имаго следующего поколения (chi^2=23,55, df=5, p=0,0002) с апостериорным тестом Данна и тест Крускалла-Уоллиса полового индекса (chi^2=3,84, df=5, p=0,57). Разными буквами обозначены достоверно отличающиеся варианты.

нам — от 7,5 до 17,5%, что, вероятно, также связано с влиянием энтомофага.

Данные, иллюстрирующие возможность хранения яиц клопа-хозяина при пониженных температурах до заселения яйцеедом представлены в *табл. 2.*

В результате хранения яиц клопа-хозяина при пониженных температурах до 25 суток не выявлено существенного снижения основных показателей жизнеспособности яйцееда. Длительность периода развития *T. kozlovi* составляла 12 суток для самцов и 14 суток для самок и не зависела от периода хранения яиц хозяина, а половой индекс во всех вариантах находился в пределах от 0,74±0,04 до 0,85±0,02 и существенно не различался по вариантам (chi^2=8,4, df=5, p=0,12). Не смотря на отсутствие значимых различий между всеми вариантами опыта, была отмечена тенденция снижения выхода имаго следующего поколения в варианте с заселением яиц, хранившихся в течение 25 суток на 10–23%, поэтому хранение яиц клопа-хозяина при пониженных температурах более 20 суток нецелесообразно.

Как известно, у паразитоидов рода *Trissolcus* в популяциях преобладают самки [17, 22]. В серии экспериментов подобрано оптимальное количество оплодотворенных самок яйцееда *T. kozlovi*, необходимое для эффективного заселения яиц клопа-хозяина, с последующим получением наибольшего количества имаго нового поколения и оптимальным половым индексом лабораторной популяции энтомофага. В *табл. 3* приведены сравнительные показатели репродуктивного развития яйцееда в зависимости от исходного соотношения количества самок яйцееда к количеству яиц хозяина.

Результаты эксперимента свидетельствуют, что для получения имаго *T. kozlovi* следующего поколения в оптимальном для разведения количестве при заселении яиц клопа-хозяина необходимо придерживаться следующего соотношения — количество оплодотворенных самок яйцееда: количество яиц хозяина — 1:10. При соблюдении указанного соотношения количество имаго яйцееда следующего поколения составляет в среднем 93,8% от первоначального количества заселенных яиц, а половой индекс популяции равен 0,79. Таким образом, в лабораторной популяции энтомофага присутствуют примерно 80% самок, а также достаточное количество самцов для их оплодотворения.

В результате проведенных исследований на примере *T. kozlovi* была разработана методика лабораторного разведения представителей рода *Trissolcus,* позволяющая круглогодично поддерживать культуру энтомофага в искусственных условиях.

Заключение

Изучены биологические особенности яйцееда *T. kozlovi*, выведенного из яиц сибирской популяции зеленого древесного клопа *P. prasina*. Вид введен в культуру и содержится в лаборатории круглогодично. Отработаны основные элементы метода лабораторного разведения энтомофага на яйцах хищного клопа *P. maculiventris* с сохранением высоких показателей жизнеспособности и биотического потенциала энтомофага. Установлено, что для разведения яйцееда можно использовать разновозрастные яйца (одно-трехдневные) лабораторного хозяина, а также яйца, хранившиеся до 20 суток при пониженных температурах. Подобрано оптимальное соотношение количества оплодотворенных самок яйцееда к количеству яиц хозяина (1:10), необходимое для эффективного заселения яиц клопа с целью получения максимального количества имаго следующего поколения и оптимального полового индекса лабораторной популяции энтомофага. Разведение триссолкуса по разработанной методике позволяет получать около 25 поколений энтомофага в год. Полученные результаты являются основой для разработки технологии массового разведения яйцеедов рода *Trissolcus* — потенциальных агентов биологической регуляции численности растительноядных клопов.

Литература

1. *Komarova O. P., Kozenko K. Y., Zemlyanitsina S. V.* Biological method of plant protection is one of the green economy development directions // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. — IOP Publishing, 2021. V. 786. № 1. — P. 012007.
2. *Белякова Н. А., Павлюшин В. А., Попов Д. А.* Освоение биоресурсов энтомофагов: проблемы и дальнейшие пути развития //Труды Русского энтомологического общества, 2022. — С. 5–20.
3. *Павлюшин В. А., Воронин К. Е., Красавина Л. П., Асякин Б. П., Раздобурдин В. А.* Использование энтомофагов в биологической защите растений в теплицах России // Труды Русского энтомологического общества, 2001. Т. 72. — С. 16–31.
4. *Штерншис М. В.* Исследования защиты растений от насекомых-фитофагов в Сибири //Евразиатский энтомологический журнал, 2007. Т. 6. № 2. — С. 113–118.
5. *Андреева И. В.* Потенциал сибирских популяций энтомоакарифагов для регуляции численности вредной энтомофауны // Биологическая защита растений — основа стабилизации агроэкосистем, 2022. — С. 66–72.
6. *Поддубная Е. Н., Поддубный Т. Н.* Вредители ярового рапса в Западной Сибири // Защита и карантин растений, 2014. № 5. — С. 34–36.
7. *Ширинян Ж. А., Исмаилов В. Я.* Эколого-биоценотические закономерности пространственного распределения фитофагов и энтомофагов в агроэкосистемах как основа беспестицидной защиты озимой пшеницы от вредителей: агробиотехнологические приемы для органического земледелия // Энтомологическое обозрение, 2015. Т. 94. № 2. — С. 259–266.
8. *Балеев Д. Н., Бухаров А. Ф.* Полосатый щитник-причина дегенерации семян овощных зонтичных культур //Защита и карантин растений, 2015. № 8. — С. 26–29.
9. *Polajnar J., Kavčič A., Kosi A., Čokl A. Palomena prasina (Hemiptera: Pentatomidae*) vibratory signals

and their tuning with plant substrates // Open Life Sciences, 2013. V. 8. № 7. — Pp. 670—680.
10. *Гринько А. В.* Вредоносность личинок клопа вредной черепашки в условиях приазовской зоны Ростовской области //Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета, 2007. № . 34. — С. 217—223.
11. *Davari A., Parker B. L.* A review of research on Sunn Pest {*Eurygaster integriceps Puton (Hemiptera: Scutelleridae*)} management published 2004—2016 // Journal of Asia-Pacific Entomology, 2018. V. 21. № 1. — Pp. 352—360.
12. *Пушня М. В., Исмаилов В. Я., Снесарева Е. Г.* Влияние изменения климата на распространение адвентивных видов клопов-пентатомид (*Heteroptera, Pentatomidae*) в Краснодарском крае // Успехи современной науки, 2017. Т. 1. № . 10. — С. 162—166.
13. *Talamas E. J., Buffington M. L., Hoelmer K.* Revision of Palearctic *Trissolcus Ashmead (Hymenoptera, Scelionidae*) // Journal of Hymenoptera Research, 2017. № 225. — Pp. 3—186.
14. *Moraglio S. T., Tortorici F., Pansa M. G., Castelli G., Pontini M., Scovero S., Tavella L.* A 3-year survey on parasitism of *Halyomorpha halys* by egg parasitoids in northern Italy // Journal of Pest Science, 2020. V. 93. — Pp. 183—194.
15. *Yang S. Y., Zhan H. X., Zhang F., Babendreier D., Zhong Y. Z., Lou Q. Z., Zhang J. P.* Development and fecundity of *Trissolcus japonicus* on fertilized and unfertilized eggs of the brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* // Journal of Pest Science, 2018. V. 91. — Pp. 1335—1343.
16. *Kaser J. M.*, Akotsen-*Mensah C., Talamas E. J., Nielsen A. L.* First report of *Trissolcus japonicus* parasitizing *Halyomorpha halys* in North American agriculture // Florida Entomologist, 2018. V. 101. № 4. — Pp. 680—683.
17. Sabbatini-*Peverieri G., Dieckhoff C., Giovannini L., Marianelli L., Roversi P. F., Hoelmer K.* Rearing *Trissolcus japonicus* and *Trissolcus mitsukurii* for biological control of *Halyomorpha halys* //Insects, 2020. V. 11. № 11. — P. 787.
18. *Cira T., Santacruz E. N., Koch R. L.* Optimization of *Trissolcus japonicus* cold storage methods for biological control of *Halyomorpha halys* // Biological Control, May 2021. V. 156. P. 104534. https://doi.org/10.1016/j. biocontrol.2021.104534
19. *Giovannini L., Sabbatini-Peverieri G., Marianelli L., Rondoni G., Conti E., Roversi P. F.* Physiological host range of *Trissolcus mitsukurii*, a candidate biological control agent of *Halyomorpha halys* in Europe // Journal of Pest Science, 2022. V. 95. № 2. — Pp. 605—618.
20. *Austin A. D., Johnson N. F., Dowton M.* Systematics, evolution, and biology of scelionid and platygastrid wasps //Annu. Rev. Entomol., 2005. V. 50. — Pp. 553—582.
21. *Moraglio S. T., Tortorici F., Giromini D., Pansa M. G., Visentin S., Tavella L.* Field collection of egg parasitoids of *Pentatomidae* and *Scutelleridae* in Northwest Italy and their efficacy in parasitizing *Halyomorpha halys* under laboratory conditions // Entomologia Experimentalis et Applicata, 2021. V. 169. № 1. — Pp. 52—63.
22. *Moraglio S. T., Tortorici F., Visentin S., Pansa M. G., Tavella L. Trissolcus kozlovi* in North Italy: host specificity and augmentative releases against Halyomorpha halys in hazelnut orchards // Insects, 2021. V. 12. № 5. — P. 464.
23. *Андреева И. В., Ходакова А. В.* Подходы к разработке технологии разведения яйцеедов рода *Trissolcus* / V Евроазиатский симпозиум по перепончатокрылым насекомым (Новосибирск, 21—25 августа 2023 г.): тезисы докладов. — Новосибирск: ИПЦ НГУ, 2023. — С. 23—24.
24. *McIntosh H., Lowenstein D. M., Wiman N. G., Wong J. S., Lee J. C.* Parasitism of frozen *Halyomorpha halys* eggs by *Trissolcus japonicus*: applications for rearing and experimentation // Biocontrol Sci. Technol., 2019 (29). — Pp. 478—493. https://doi. org/10.1080/09583157.2019.1566439
25. *Li W. J., Chen J. H., Avila G. A., Ali M. Y., Tian X. Y., Luo Z. Y., Zhang J. P.* Performance of two egg parasitoids of brown marmorated stink bug before and after cold storage // Frontiers in physiology, 2023. V. 14. — P. 1102216.
26. *Ходакова А. В., Шаталова Е. И., Андреева И. В.* Хищные клопы семейства *Pentatomidae* как альтернативные хозяева яйцеедов рода *Trissolcus* для разведения в лабораторных условиях // Материалы Международной научно-практической конф. «Биологическая защита растений — основа стабилизации агроэкосистем» (17—19 сентября 2024 г.) — Краснодар: «ЭДВИ»,2024. — С. 375—379.
27. *Шаталова Е. И., Агриколянская Н. И., Андреева И. В., Ульянова Е. Г., Ходакова А. В.* Способ разведения клопа подизуса *Podisus maculiventris* Say // Патент РФ № 2795991 от 16 мая 2023 г.

Сведения об авторах:

Ходакова Алевтина Владимировна, м.н.с., Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий (СФНЦ) РАН, аспирантка Новосибирского государственного аграрного университета (Новосибирский ГАУ); khodakova. alevtina@bk. ru.

Андреева Ирина Валерьевна, к.с.-х.н., доцент, в.н.с. СФНЦА РАН, Новосибирский ГАУ; ivaandreva@yandex. ru.

Шаталова Елена Игоревна, к.б.н., с.н.с. СФНЦА РАН, Новосибирский ГАУ; elenashatalova@mail. ru.

EDN HNWOTL

УДК 627.157

Возможность использования донных отложений водоёмов для мелиорации почв

Г. Ю. Толкачёв, к.г.н., Б. И. Корженевский, к.г.н., Н. В. Коломийцев, к.г.-м.н.
ФНЦ «ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова»

Водные объекты различных иерархических уровней являются локальными и региональными базисами эрозии и сборниками и хранителями тяжёлых металлов. Донные отложения — главные хранители этих загрязнителей, при определённых природно-техногенных условиях являются источниками вторичного загрязнения водной толщи. Приводится один из возможных путей решения проблемы, связанной с изъятием иловатых отложений из водохранилищ и рек — переотложение илов на территории сельхозугодий для мелиорирования этих объектов. Приведены теоретические оценки участков возможного изъятия загрязнённых донных отложений, допустимая степень их загрязнения тяжелыми металлами и характеристики почв, в пределы которых возможно переотложение этих отложений, в зависимости от степени загрязнения последних.

Ключевые слова: донные отложения, тяжёлые металлы, почвы, водные объекты, мелиорация, предельно-допустимые концентрации (ПДК).

Тяжёлые металлы (ТМ) являются широко распространёнными микроэлементами в земной коре и гидросфере. Среднее содержание в земной коре составляет для Mn 10^{-1}%; Zn=10^{-3}-n*10^{-2}%; Cu=10^{-3}—10^{-2}%; в гидросфере Mn=n*10^{-7}—10^{-5}%; Zn=n*10^{-5}%; Cu=10^{-6}% [1, 2]. Распределение и миграция металлов в водных системах контролируются в основном характером взаимодействия донных отложений (ДО), водной массы и биоты. ТМ, такие как Hg, Cu, Pb, Cd, Zn, Cr, Ni, Co представляют собой определённую опасность для живых организмов. Одним из основных факторов, определяющих распределение и содержание металлов по площади ДО, являются генетический, фракционный состав отложений и содержание в них органических соединений [3, 4]. Мониторинг ДО является важнейшим аспектом изучения экологического состояния водных объектов, поскольку сами отложения играют роль аккумулятора и трансформатора техногенного воздействия, при этом являясь индикатором его уровня [5]. При изучении ДО учёт различий проб по механическому составу является основополагающим методическим принципом, позволяющим оптимизировать количество проб в соответствии с гидрологией водного объекта. Для мониторинга были выделены участки 3-х категорий по природно-техногенным признакам; участки IV категории — для специальных наблюдений [6]. В работе приведена оценка загрязнения ДО водных объектов следующими ТМ: Cd, Cu, Pb, Zn, Cr, Co, Ni, Fe, Mn, а также As.

К участкам I категории относятся чаши водохранилищ с сопредельными до водоразделов склонами, на которых расположены промышленные и селитебные зоны, сельхозугодья и прочие техногенные объекты. Обычно водохранилище характеризуется промывным режимом ниже водопропускных сооружений гидроузла, режимом транзита и локального накопления ТМ в средней части и мощной седиментационной зоной ТМ в приплотинной части. Свой вклад в загрязнение/очищение вносят города, промзоны и притоки, которые могут способствовать как загрязняющему, так и очищающему эффекту, нередко являясь фактором разбавления загрязнённых отложений более чистыми наносами. Для оценки общей тенденции загрязнения ДО целесообразно повторять исследования в водохранилищах один раз в 5—10 лет [6].

На основании мониторинга на участках I категории выделяются участки II категории — те, на которых фоновые значения по ТМ превышены в несколько раз. К таким участкам относятся как города с промзонами, расположенные на берегах больших рек (в данной работе — Волги), так и расположенные на притоках различных порядков. Проводимые исследования позволяют оценивать результаты применения природоохранных мероприятий, как отдельными предприятиями, так и в целом в пределах промышленных и селитебных зон.

К участкам III категории отнесены условно чистые малые реки, роль которых в загрязнении, как правило, незначительна. В отдельных случаях при привносе ими чистых наносов происходит очищение загрязнённых зон в водном объекте, в который они впадают. Малые реки с промышленными зонами и объектами целесообразно относить к участкам II или IV категории, так как такие объекты зачастую производят существенное ухудшение геоэкологической обстановки на таких реках. На участках III категории при отсутствии сильной экспансии человека повторение наблюдений один раз в 5—10 лет представляется достаточным. При поступлении загрязнителей в водоток частоту наблюдений следует увеличивать до 1 раза в год, а иногда и раз в сезон. На участках I — III категории мониторинг отвечает на общие вопросы оценки загрязнения ДО ТМ. На участках спецнаблюдений — IV категории — могут изучаться как специально поставленные научные задачи, так и более детальные аспекты загрязнения водных объектов [7—9].

Объекты и методы исследования

В настоящей работе приведён анализ техногенного загрязнения Cd, Cu, Pb, Zn, Cr, Co, Ni, Fe, Mn, а также As. В качестве объекта исследований и примера представляемого подхода в работе рассмотрено Иваньковское водохранилище, которое является одним из основных источников водоснабжения г. Москвы, а также водоёмом сельскохозяйственного, транспортного и рекреационного значения.

Отбор проб ДО осуществляется в зависимости от целей исследований. Водный объект разбивается на серию створов — в каждом створе пробы ДО должны характеризовать водный объект или его часть за определённый промежуток времени, объем проб должен быть достаточным для выполнения запланированных аналитических лабораторных исследований. В каждом створе отбирается несколько проб в зависимости от гидрологических характеристик водного объекта. При использовании методики [5, 7] достаточно отбирать пробы весом 300–500 грамм. Далее выделяется «сорбирующая фракция» размером менее 0,02 мм — мокрым просеиванием, выпаривается и высушивается, до воздушно-сухого состояния в сушильных шкафах при температуре не выше +60°С. При длительном хранении пробы рекомендуется замораживать до –20ºС [5]. Определение концентраций ТМ в пробах ДО проводится методами ICP и атомной адсорбции (Cd) — после их разложения в «царской водке».

Обоснование точек отбора не носит унифицированного характера, т.к. участки различных категорий являются в некоторой степени уникальными и требуют индивидуального подхода. В целом необходимо соблюдать следующие принципы [6, 8]:

- на участках I категории при первичных обследованиях необходимо опробовать 2–4 точки по створам водохранилища или реки на участках ниже промышленно-селитебных агломераций и на условно чистых участках; при повторных отборах следует корректировать пункты опробования в соответствии с целями исследования и результатами предыдущих исследований;
- на участках II категории, т.е. в районах промышленно-гражданского освоения территории, створы опробования следует размещать выше и ниже объекта обследования на первичной стадии с корректировкой или сохранением предыдущих мест опробования в зависимости от полученных результатов [6];
- на участках III категории рекомендуется отбирать несколько проб в наиболее проблемных местах малых рек;
- участки IV категории — индивидуальны и здесь специфика отбора проб зависит от цели исследования [6, 8].

Уровень аккумуляции ТМ в ДО оценивается с помощью «индекса геоаккумуляции» [10], который характеризует относительную кратность загрязнения ДО (против природного фона) во фракциях грунта <20 мкм:

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

где Cn — измеренная концентрация элемента n в ДО (фракция менее 20 мкм); Bn — геохимическая фоновая концентрация элемента n по [1] или [11].

На основании этого уравнения ДО подразделяются на классы качества по каждому ТМ и As. Выражение Cn/1,5Bn представляет коэффициент накопления, где фоновое значение даётся с определённым запасом [10]. На основе данной классификации могут составляться карты загрязнения ДО по каждому элементу.

Обсуждение результатов

ДО в виде иловатой фракции (одна из разновидностей — сапропель) могут использоваться при мелиорации почв в качестве удобрения и для улучшения гранулометрического состава — для повышения её продуктивности. Сапропелевые удобрения — уникальный продукт, органическое удобрение, применяемое для коренного улучшения (рекультивации) и санации почвы [12, 13]. Применение сапропелей в качестве удобрения улучшает структуру почв, влагопоглотительную и влагоудерживающую способность и аэрацию, приводит к увеличению в почве гумуса, активирует почвенные процессы. Сапропелевые удобрения способствуют очищению почв от болезнетворных растений, грибков и вредных микроорганизмов. Как все лучшие органические удобрения, сапропели долго разлагаются в грунте и обеспечивают питанием растения и почвенные микроорганизмы. Постепенно часть сапропелей превращается в гумус — основу плодородия любой почвы. Вместе с тем внос сапропелей, как и илистых ДО в целом, может быть источником загрязнения почвы ТМ.

Приведённая выше система мониторинга позволяет определять наиболее пригодные районы водоёмов для отбора ДО с последующим вносом в почвы, а также достаточно оперативно определять возрастающие уровни загрязнения ДО металлами и предотвращать внос в почвы избыточно загрязнённых отложений.

На основе ранее проведённых исследований можно сделать вывод о высокой изменчивости содержания форм существования ТМ в верхнем 10-см слое ДО водоёмов, в результате чего данный слой активно вовлекается в процесс массообмена ДО с водной массой водоёма [14–16]. В более глубоких слоях ДО, как правило, ТМ переходят в кристаллическую форму и большей частью выводятся из массообмена с окружающей средой. Для расчёта масс ТМ в твёрдой фазе верхнего 10 сантиметрового слоя ДО принимаются следующие средние значения характеристик фракции <0,02 мм: плотность осадков — до 1,5 г/см^3; пористость верхнего горизонта — 0,6. Следовательно, вес призмы твёрдой фазы илистых отложений размером 1,0м*1,0м*0,1м не будет превышать 150 кг. Оценка содержания накопленных масс ТМ в изучаемом слое ДО основана

Таблица 1

Распределение значений накопленной массы ТМ в призме ДО 1,0м*1,0м*0,1м по классам геоаккумуляции (игео-классам) [10]

Элемент	*Фон, г*	*Накопленная масса по классам геоаккумуляции, г*						
		0	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*
Mn	127,5	191	382,5	765	1530	3060	6120	> 6120
Cd	0,045	0,07	0,135	0,27	0,54	1,08	2,16	> 2.16
Zn	14,25	21,4	42,8	85,6	171,2	342,4	684,8	> 684,8
Pb	3	4,5	9	18	36	72	144	> 144
Cu	6,75	10,1	20,2	40,4	80,8	161,6	323,2	> 323,2
Ni	10,2	15,3	30,6	61,2	122,4	244,8	490	> 490
Co	2,85	4,3	8,6	17,2	34,4	68,8	138	> 138
Cr	13,5	20,2	40,4	80,8	161,6	323,2	646	> 646
As	2	2,9	5,8	11,6	23	46	84	> 84
Hg	0,06	0,1	0,2	0,4	0,8	1,6	3,2	> 3,2

на распределении по классам геоаккумуляции [10] (*табл. 1*). При проведении отбора ДО по заданным схемам, данный подход позволяет определять районы с относительно равномерным загрязнением ДО, рассчитывать их приблизительную площадь и затем максимально возможный выход ТМ в водную толщу, либо, при их извлечении из водоёма — в окружающую среду. Такие оценки особенно актуальны при предполагаемом заборе больших масс ДО из водоёмов с последующим компактным размещением на водосборной территории. Вместе с тем, в большинстве водоёмов, используемых в качестве источника забора иловатых отложений, мощность отложений значительно превышает 10 см — следовательно, и глубина забора превышает 10-сантиметровый слой. При заборе и вносе на почвы происходит т.н. «разбавление» или «рассеивание» содержащих активные формы ТМ отложений, что в целом снижает их токсичное воздействие на обрабатываемые почвы.

Таким образом, представляется возможным провести районирование ДО по площади в зависимости от уровня игео-класса накопленной массы (или запасов) ТМ. В результате районирования и унификации содержания ТМ по игео-классам существенно упрощается оценка количества ТМ в ДО как для каждого района водоёма, так и для всего обследованного водоёма в целом.

Для расчёта допустимого вноса ДО в почву предварительно следует определить исходные параметры подвергающегося обработке почвенного покрова. Плотность почвы варьирует в пределах 0,8—1,8 г/см^3. Также в ряде случаев используется такое понятие как насыпная плотность почвы — которая равна сухой массе почвы, делённой на её объём. Таким образом, насыпная плотность почвы включает воздушное пространство и органические материалы в объёме почвы и поэтому всегда меньше плотности частиц почвы, являясь хорошим показателем уплотнения почвы [17]. В частности, насыпная плотность возделываемого суглинка составляет примерно 1,1—1,4 г/см^3 [18]. В данной работе приведены расчёты с общей плотностью почвы, подвергающейся вспашке.

Вспашка на глубину 20 см считается нормальной, иначе — глубокой или мелкой. Глубину и направление вспашки выбирает агроном, исходя из потребностей возделываемого растения, засорённости почвы сорняками, наличия вредителей и болезней, из потребности снегозадержания, накопления талых вод и защиты от ветровой эрозии [19]. В работе при расчёте массы обрабатываемой и засеваемой почвы приводится средняя глубина вспашки в 20 см.

Таким образом, масса призмы почвы 1м×1м×0,2м, принимая плотность 1,5 г/см^3, составляет порядка 300 кг. Далее необходимо оценить предельно допустимые накопленные массы ТМ, рассчитанные на основании предельно допустимых концентраций (ПДК) ТМ для почв [20] (*табл. 2*). В качестве сравнения с уровнями загрязнениями ДО водоёмов — ПДК ТМ в почвах были оценены по индексам гео-аккумуляции [10].

Таблица 2

Предельно допустимые концентрации ТМ для почв (мг/кг) [20], их соответствие игео-классам ДО, и предельные накопленные массы (мг) ТМ в почвенной призме 1м×1м×0,2м

	Mn	*Hg*	*As*	*Cu*	*Pb*	*Cr3+*	*Co*	*Ni*	*Zn**
Величина ПДК (мг/кг) с учётом фона (кларка)	1,5	2,1	2,0	3,0	6,0	6,0	5,0	4,0	23,0
Накопленные массы	450	630	600	900	1800	1800	1500	1200	6900
I-geo [10]	1	2	фон	фон	фон	фон	фон	фон	фон

*ПДК Zn соответствует транслокационному показателю вредности, ПДК остальных элементов — общесанитарному.

Подвижная форма элемента извлекается из почвы ацетатно-аммонийным буферным раствором с pH 4,8.

Как следует из табл. 2, практически все ПДК ТМ для почв соответствуют их фоновым концентрациям в ДО. Поскольку ДО, вносимые в почву, становятся частью почвы, к ним применимы приведённые ПДК — следовательно, необходимо определить количество ДО с содержащимися в них запасами ТМ, которое возможно вносить в почву без превышения нормативов. Представляется возможным рассчитать максимально допустимую вносимую массу ДО в обрабатываемую почву на площади 1 м^2 — в зависимости от уровней содержания ТМ в обрабатываемой почве и потенциально вносимых отложениях. Допустимая вносимая масса ДО соответствует разнице в содержании между показателем предельно допустимой накопленной массой ТМ в почве и реальной накопленной массой. Реальная накопленная масса каждого металла на исследуемом участке почвы рассчитывается в виде произведения его измеренной концентрации на массу 300 кг:

$$M_{доп} = M_{пред} - M_{почвы};$$
$$M_{I\text{-}geo} = M_{доп} / C_{I\text{-}geo,} \quad (1)$$

где $M_{доп}$ — максимально допустимая вносимая масса ДО, $M_{пред}$ — предельно допустимая накопленная масса ТМ на 1 м^2 почвы, $M_{почвы}$ — реальная накопленная масса ТМ на 1 м^2 почвы, $C_{I\text{-}geo}$ — концентрация ТМ по игео-классу, $M_{I\text{-}geo}$ — вносимые массы ТМ в соответствии с игео-классами.

Далее рассчитываются значения $M_{I\text{-}geo}$ в зависимости от игео-классов, с целью недопущения превышения содержания ТМ над допустимым, путём отношения $M_{доп} / C_{I\text{-}geo}$. В качестве примера значения максимально допустимой вносимой массы ДО представлены в *табл. 3*, при этом принимается условие, что $M_{доп} = M_{пред}$, и первоначальное загрязнение почвы отсутствует. Значения допустимых масс определены в соответствии с градацией по игео-классам, максимально возможный игео-класс задан *пятый*, поскольку при превышении его значений внос ДО теряет смысл.

В реальных условиях, как было указано по формуле (1), высчитывается допустимая вносимая масса ДО, а также определяется необходимая масса ДО для обработки почв в соответствии с имеющимися потребностями. Иловатые ДО, вносятся под культуры в объёмах, которые определяются для каждого поля, исходя из условий, биологических особенностей культуры, агрохимических характеристик удобрений. Далее определяется игео-класс, значения которого удовлетворяют потребностям при обработке, и в зависимости от результата определяется район водоёма и количество забора его ДО для обработки почв. Могут быть составлены карты содержания ТМ по районам для основных загрязнителей. В частности, *на рис. 1 и 2 (см. вклейку)* в качестве примера представлены первичные карты содержания и распределения ТМ в ДО Иваньковского водохранилища.

Из составляемых карт запасов ТМ в ДО водоёмов можно определять оптимальные, или т.н. «донорские» районы для забора и рационального использования иловатых отложений при углублении (чистке ложа водохранилища) и последующей обработке почв.

Выводы

Загрязнение ДО водного объекта отражает его современное состояние и несёт информацию об инженерно-хозяйственной деятельности на водосборной территории, что особенно актуально при малом количестве гидропостов или при их полном отсутствии. Фракция ДО <20 мкм способна удовлетворять требованиям мониторинга водного объекта, инвентаризации и оценки содержания микроэлементов. Их аккумуляцию в ДО рекомендуется оценивать с помощью «индекса геоаккумуляции», который характеризует относительную кратность загрязнения ДО (относительно природного фона) во фракциях <20 мкм.

Представленное ранжирование территории по иерархическим единицам (таксонам) позволяет достаточно чётко определить ранги участков при исследовании загрязнений и определять последовательность действий, необходимых при изучении загрязнений ДО ТМ. Выбор пунктов отбора проб и частота повторяемости отбора позволит минимизировать затраты на эти операции. Исходя из ранжирования по участкам различных категорий, все пункты отбора проб на формы существования ТМ в ДО Иваньковского водохранилища относятся к первой категории, целесообразно повторять исследования один раз в 5—10 лет.

Таблица 3

Расчёт максимально допустимой вносимой массы ДО (кг) **на 1 м^2 почвы в зависимости от индекса гео-аккумуляции при отсутствии содержания ТМ в почве**

	Mn	*Hg*	*As*	*Cu*	*Pb*	*Cr*	*Co*	*Ni*	*Zn*
фон	529	1575	46	20	90	20	78	17	72
0	353	1050	30	13	60	13	52	11,5	48
1	176	525	15	6,5	30	6,5	26	5,8	24
2	88	262	7,5	3,2	15	3,2	13	2,9	12
3	44	131	3,7	1,6	7,5	1,6	6,5	1,47	6
4	22	65	1,8	0,8	3,7	0,8	3,2	0,7	3
5	11	32	0,9	0,4	1,8	0,4	1,6	0,35	1,5

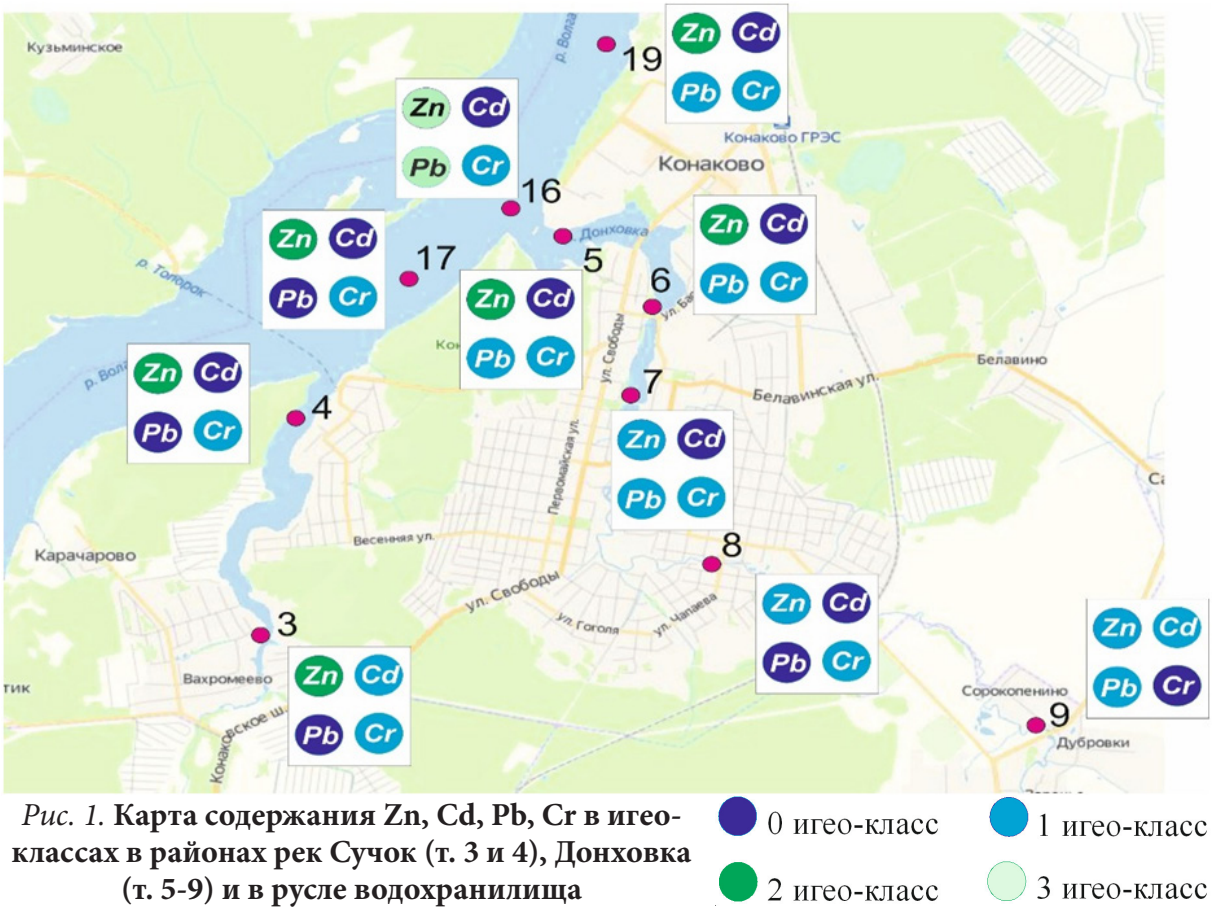


Рис. 1. **Карта содержания Zn, Cd, Pb, Cr в игео-классах в районах рек Сучок (т. 3 и 4), Донховка (т. 5-9) и в русле водохранилища**

Рис. 2. **Карта содержания Zn, Cd, Pb, Cr в игео-классах в районе Мошковского залива**

На основании оценки содержания накопленных масс ТМ в 10-см слое ДО, базирующейся на распределении по классам геоаккумуляции, представляется возможным провести районирование ДО по площади в зависимости от уровня игео-класса накопленной массы ТМ. В результате районирования и унификации содержания ТМ по игео-классам существенно упрощается оценка количества ТМ в ДО как для каждого района водоёма, так и для всего водоёма в целом.

ДО вносят в почвы в количествах, которые определяются для каждого поля, исходя из условий и биологических особенностей возделываемой культуры. При этом определяется игео-класс, значения которого удовлетворяют потребности в обработке, и в зависимости от результата определяется район водоёма и количество забора его ДО для обработки почв. Могут быть составлены карты запасов ТМ в ДО водоёмов по районам для основных загрязнителей, из которых можно определять оптимальные, или т.н. «донорские» районы для забора и рационального использования иловых отложений при обработке почв. Наиболее экономически выгодным следует отметить ситуацию, когда углубление (очистка) ложа водного объекта совмещена с переотложением ДО на мелиорируемые территории.

Литература

1. *Виноградов А. П.* Геохимия редких и рассеянных элементов в почвах. — М.: Изд-во АН СССР, 1957. — 235 с.
2. Геохимия окружающей среды / Ю. Е. Сает, Б. А. Ревич, Е. П. Янин и др. — М.: Недра, 1990. — 335 с.
3. *Денисова А. И.* Формирование гидрохимического режима водохранилищ Днепра и методы его прогнозирования. — Киев: Наук. думка, 1979. — 292 с.
4. *Добровольский В. В.* География микроэлементов. Глобальное рассеяние. — М.: Мысль, 1983. — 272 с.
5. Техногенное загрязнение речных экосистем / В. Н. Новосельцев и др., под ред. В. Е. Райнина и Г. Н. Виноградовой. — М.: Научный мир, 2002. — 140 с.
6. *Корженевский Б. И., Толкачев Г. Ю., Ильина Т. А., Коломийцев Н. В.* Основные принципы мониторинга загрязнения большой реки (на примере бассейна реки Волги) // СтройМного, 2017. № 2 (7). — С. 1/7—7/7.
7. *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.
8. *Корженевский Б. И., Коломийцев Н. В., Ильина Т. А., Гетьман Н. О.* Мониторинг загрязнения автотранспортом малых рек Московской области тяжелыми металлами // Безопасность жизнедеятельности, 2018. № 4 (208). — С. 24—29.
9. *Коломийцев Н. В., Корженевский Б. И., Ильина Т. А.* Загрязнение тяжелыми металлами и мышьяком донных отложений Иваньковского водохранилища // Вода: химия и экология, 2017. № 2 (104). — С. 20—28.
10. *Mueller G.* Schwermetalle in den Sedimenten des Rheins — Veraenderungen seit 1971 // Umschau, 1979. H. 24. — S. 778—783.
11. *Turekian K. K., Wedepohl K. H.* Distribution of the Elements in Some Major Units of the Earth's Crust // Geological Society of America, Bulletin, 1961. V. 72. — P. 175—192.
12. *Димитров Д. П., Георгиев Г. Ц., Димитров П. С.* Некоторые результаты применения глубоководных органо-минеральных осадков дна Чёрного моря для агротехнических целей. Архивная копия от 8 сентября 2013 на Wayback Machine // Геология и полезные ископаемые Мирового океана, 2006. № 1. — С. 74—80.
13. *Димитров П. С., Димитров Д. П., Солаков Д. П., Шнюков Е. Ф., Зиборов А. П., Куковская Т. С.* О создании международного консорциума для разведки и добычи глубоководных органо-минеральных осадков со дна Чёрного моря. Архивная копия от 8 сентября 2013 на Wayback Machine // Геология и полезные ископаемые Мирового океана, 2007. № 1. — С. 52—56.
14. *Бреховских В. Ф., Волкова З. В.* О накоплении тяжелых металлов в донных отложениях Иваньковского водохранилища // Мелиорация и водное хозяйство, 1998. № 3. — С. 15—16.
15. Иваньковское водохранилище: Современное состояние и проблемы охраны / В. А. Абакумов, Н. П. Ахметьева, В. Ф. Бреховских и др. — М.: Наука, 2000. — 344 с.
16. *Толкачёв Г. Ю.* Тяжёлые металлы в системе «вода — донные отложения». — Saarbrucken: LAP LAMBERT Academic Publ., 2012. — 98 с.
17. *Håkansson I., Lipiec J.* A review of the usefulness of relative bulk density values in studies of soil structure and compaction (PDF) // Soil and Tillage Research, 2000. 53 (2). — P. 71—85.
18. *Donahue R. L., Miller R. W., Shickluna J. C.* Soils: An Introduction to Soils and Plant Growth. — Prentice-Hall, 1977.
19. Вспашка // Большая советская энциклопедия [в 30 т.] / Гл. ред. А. М. Прохоров. 3-е изд. — М.: Советская энциклопедия. 1969—1978.
20. ГОСТ Предельно допустимые концентрации (ПДК) и ориентировочно-допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве. ГН 2.1.7.2041—06, ГН 2.1.7.2042—06. Государственное санитарно-эпидемиологическое нормирование Российской Федерации. Государственные санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. — М.: 2006.

Сведения об авторах:

Глеб Юрьевич Толкачев, к.г.н., с.н.с., ФГБНУ «ФНЦ гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова»; ORCID0000—0001—6983—7106; e-mail: k-26@yandex. ru.

Борис Игоревич Корженевский, к.г.-м.н., с.н.с., ФНЦ гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова; ORCID0000—0001—7663—9677; Scopus 57195526993; e-mail: 542609@list. ru.

Николай Владимирович Коломийцев, к.г.-м.н., с.н.с./доцент, завотделом, ФНЦ гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова; ORCID0000—0001—8169—7644; Scopus 6505900441; e-mail: kolomiytsev@vniigim. ru.

Агроэкономика

EDN IORJHQ

УДК 339.972

Проблемы развития и перспективы международного транспортного коридора «Север — Юг»

С. В. Ламанов[1], М. Р. Ли[2], к.э.н., Р. А. Ромашкин[1], к.э.н., Т. В. Сурганова[1], к. фил. н.
[1]Евразийский центр по продовольственной безопасности МГУ имени М. В. Ломоносова
[2]Ташкентский государственный экономический университет

В настоящей статье рассматривается ситуация с грузопотоком по маршрутам МТК «Север — Юг» в период 2021–2024 гг., а также дается оценка прогнозам и проектам по развитию этого транспортного коридора на среднесрочную перспективу. Несмотря на некоторое снижение доли агропродовольственных товаров, они по-прежнему составляют основу российского грузопотока по МТК. Проводится анализ причин, по которым не оправдались первоначальные оптимистичные прогнозы развития МТК, разработанные в 2022 году. Кроме того, рассматриваются новые инвестиционные проекты, призванные составить альтернативу более ранним решениям и предложениям, реализация которых затянулась. Новые проекты обещают рост конкурентоспособности доставки экспортных и импортных грузов по маршрутам МТК, но при этом, на наш взгляд, в них не в полной мере учитываются те проблемы и вызовы, с которыми сталкиваются страны, выступающие инициаторами создания МТК.

Ключевые слова: Международный транспортный коридор, стейкхолдеры, транспортный маршрут, агропродовольственные товары, грузопоток, грузовая база, транзит, перевалка грузов, инвестиционный проект, прогнозы развития.

Введение

Международный транспортный коридор «Север — Юг» (МТК) — мультимодальный маршрут, который связывает Россию и страны ЕАЭС через Иран со странами Персидского залива, Северной Африки и Индией. Крайними пунктами МТК «Север — Юг» являются г. Санкт-Петербург и иранский портовый комплекс Бендер-Абас на берегу Персидского залива. МТК предназначен для развития торговли и экономического сотрудничества. Рост интереса к развитию коридора обусловлен изменением геополитической ситуации в 2022 году, утратой для России европейских рынков и изменением экспортно-импортной логистики, включая поставки агропродовольственных товаров. В развитие этого коридора вовлечены значительные политические и инвестиционные ресурсы. Авторским коллективом неоднократно исследованы различные аспекты реализации проектов по развитию МТК [1,2].

К настоящему времени определился перечень стран, по территории которых проходят маршруты МТК «Север — Юг». Однако сфера притяжения коридора выходит за географические границы этих стран, и число реальных стейкхолдеров проекта существенно шире. Аналитики выделяют три группы государств-стейкхолдеров, в той или иной степени задействованных и/или заинтересованных в проекте [3]:

1) страны-производители грузов, которые заинтересованы в росте товарооборота и экспорта при использовании МТК — Индия, Беларусь;

2) страны-транзитеры, которые заинтересованы в прибыли за счет предоставления услуг по транзиту грузов и их логистики на своей территории — Азербайджан, Казахстан и Туркменистан, не генерирующие в настоящее время крупных объемов груза;

3) страны, являющиеся и производителями, и транзитерами, генерирующие экспортный грузопоток и обеспечивающие передвижение грузов по своей территории — Россия и Иран.

Целесообразно выделить четвертую группу стран, являющихся дополнительными или косвенными бенефициарами проекта. Это страны Персидского залива и Северной Африки, которые получают новый коридор для поставок импортных товаров, прежде всего агропродовольственной группы.

В России всплеск интереса в 2022 году к МТК «Север — Юг» был связан не столько с торговыми возможностями, сколько с геоэкономической необходимостью на фоне жесткого политического давления со стороны стран евро-атлантического блока. Сегодня в диверсификации, долгосрочной устойчивости и безопасности цепочек поставок, очевидно, нуждается не только Россия, но также Беларусь и Иран.

Столь разнообразные интересы стейкхолдеров определяют вызовы и риски, с которыми связана реализация проекта, уровень исполнительской дисциплины участников при выполнении взятых на себя обязательств, а также реальную конфигурацию маршрутов международного коридора.

Первоначальные планы развития МТК «Север — Юг»

В 2022 году предполагалось развитие четырех маршрутов МТК: Западного, Транскаспийского, Восточного и Кавказского. К настоящему времени остались только первые три маршрута (*рис. 1, см. вклейку*).

Западный маршрут — проходит по западному берегу Каспийского моря через Дагестан, Азербайджан и Иран с выходом к портам Персидского залива. Это железнодорожный маршрут, который продублирован также автомобильным сообщением. Представляется, что этот маршрут может быть самым быстрым из всех, поскольку перевозки могут производиться без промежуточных перевалок.

Транскаспийский маршрут — из портов Астрахань, Оля, Махачкала через Каспийское море в иранские порты на Каспии, далее — с выходом на порты Персидского залива. Это железнодорожный маршрут с двойной перевалкой: на водный транспорт и наоборот (при использовании речных маршрутов по Волге и Дону, перевалка может быть тройной, первой при этом является перевалка с речных судов на железнодорожный транспорт, доставляющий грузы к морским портам России на Каспийском море).

Таблица 1

Параметры маршрутов МТК «Север — Юг» в 2030 г. по планам 2022 г.

Маршрут	*Расстояние, км*		*Прогноз объема перевозок, млн тонн*	*Требуемые инвестиции, $млрд*
	Санкт-Петербург — Бендер-Аббас	*Астрахань — Бендер-Аббас*		
Западный	5100	3000	15–16	24,7
Транскаспийский	4900	2800	10–11	6,8
Восточный	6200	4000	4–5	4,3
Итого			29–32	35,8

Источник: экспертные оценки ЦЭИ, данные N. Trans Lab [4] и ЕАБР [6].

Таблица 2

Экспорт по МТК «Север — Юг» в 2021 г.

Номенклатура товаров	*Грузопоток, тыс. тонн*	*Структура грузопотока, %*
Продукция пищевой и перерабатывающей промышленности	3897	33
Зерновые культуры	3251	27
Продукция лесопромышленного комплекса	1785	15
Черные металлы и изделия из них	713	6
Удобрения	101	1
Нефть	93	1
Прочие товары	2013	17
Итого	11853	100

Источник: по данным Минтранса, Минпромторга и Минсельхоза России.

Таблица 3

Импорт по МТК «Север — Юг» в 2021 г.

Номенклатура товаров	*Грузопоток, тыс. тонн*	*Структура грузопотока, %*
Продовольственные товары и с/х сырье	2849	64
Промышленные товары	1598	36
Итого	4447	100

Источник: по данным Минтранса, Минпромторга и Минсельхоза России.

Восточный маршрут — железнодорожный маршрут, проходящий по восточному берегу Каспийского моря через Казахстан, Туркменистан в Иран, далее с выходом на порты Персидского залива.

По планам, анонсированным в 2022 году, МТК «Север — Юг» должен был демонстрировать высокие и устойчивые темпы роста экспортных грузоперевозок из России и стран-транзитеров, и незначительное увеличение импортных перевозок в эти страны (*рис. 2, см. вклейку*).

На фоне оптимистичного прогноза Минтранса России экспертный прогноз Евразийского банка развития (ЕАБР) 2021 года выглядел более скромно — от 14,6 млн до 24,7 млн тонн грузопотока к 2030 году при осуществлении соответственно базового и оптимистичного сценариев. Отметим, что ЕАБР предлагал именно сценарный подход к разработке перспектив развития МТК, что методологически выглядит корректным при разработке масштабных мегапроектов с участием нескольких стран с не всегда совпадающими интересами и мотивами принимаемых решений [5].

По планам, составленным в 2022 году, объемы перевозок по перспективным маршрутам МТК «Север — Юг» в 2030 году должны были выглядеть следующим образом: Западный маршрут — 15–16 млн тонн, Транскаспийский — 10–11 млн тонн, Восточный — 4–5 млн тонн (*табл. 1*). Основным намечался Западный маршрут, он же требует и наибольшего объема инвестиций.

Заметное место в прогнозах занимала оценка перспективной грузовой базы МТК. В 2021 году в объемах перевозок по группам товаров преобладали продовольственные товары и сельхозсырье, доля которых в экспорте по МТК составляла 60%, а в импорте — 64% (*табл. 2–3*).

По предварительным оценкам Минтранса России, к 2025 году ожидалось изменение структуры грузовой базы МТК «Север — Юг». Прежде всего, планировалось многократное — со 100 тыс. тонн в 2021 году до 5 млн тонн к 2025 году увеличение объемов экспорта нефти (предположительно, транзитом через Иран). Грузопоток других групп товаров претерпевал менее существенные изменения. Прогнозировался рост экспорта из России продукции пищевой и перерабатывающей промышленности на 20–30%, продукции лесопромышленного комплекса на 110–130%, зерновых культур — на 30–45%. Ввоз в Россию продовольственных и сельскохозяйственных товаров планировалось увеличить на 20–25% при сокращении импорта промышленных товаров на 15–20%. Суммарный объем товаропотока в 2025 году должен был составить более 28 млн тонн, то есть вырасти в 1,7 раза по отношению к 2021 г.

Под давлением политических и экономических обстоятельств, в 2022–2024 годах, произошла трансформация первоначальных планов развития МТК. Рассмотрим основные результаты развития коридора за эти годы.

Прежде всего следует отметить, что в настоящее время стало заметно труднее работать с данными по грузопотоку МТК «Север — Юг». Информация из разных источников заметно отличается. Например, за 2022 год, по данным Минтранса России, грузопоток по МТК составлял 14,5 млн тонн, а по сведениям замминистра экономического развития Д. Вольвача — 16 млн тонн [7]. Судя по всему, корректной является первая оценка (примерно тот же показатель был озвучен на ПМЭФ-2024). Однако, в любом случае, реальный грузопоток был ниже запланированного на 2022 г. — 17,0 млн тонн.

Грузопоток в 2023 году составил около 19,5 млн тонн [7], тогда как прогнозный показатель на этот год по планам 2022 года составлял 25,3 млн тонн.

Таким образом, несмотря на то что значение МТК «Север — Юг» на фоне принятых против России санкций резко выросло, это не нашло отражение в цифрах по фактическому грузопотоку — они оказались ниже запланированных.

Но, невзирая на то, что первоначальные планы по развитию МТК оказались не выполненными, оптимистичные оценки по дальнейшему увеличению товарооборота выросли. Согласно оценкам российского правительства, озвученным в конце 2023 года (в зависимости от того, кто из вице-премьеров их анонсирует) общий объем грузоперевозок по МТК к 2030 году составит от 35 млн до 41–45 млн тонн, причем отметка в 30 млн должна быть достигнута в 2025 году [8] (по планам 2022 года, в 2030 году грузопоток должен был составить 31,7 млн тонн).

Таким образом, отмечается парадоксальная картина: в 2022–2023 годах наблюдалось заметное отставание от графика реализации плана по грузоперевозкам, но к 2025 году предполагается стремительное наращивание грузопотока с выходом в 2030 году на показатели на 10–40% превышающие плановые, анонсированные в 2022 году (*рис. 3, см. вклейку*).

В 2022–2024 годах наиболее быстрыми темпами рос грузопоток по Восточному маршруту, что отчасти объясняется низкой базой сравнения. Если в 2021 году объем перевозок оставлял порядка 0,6 млн тонн, то к 2023 году он превысил 1,2 млн тонн, а в 2024 ожидается рост до 2 млн тонн. При этом потенциал восточной ветви МТК «Север — Юг» сегодня оценивается в 15 млн тонн грузов в год, тогда как в 2022 году этот потенциал оценивался в 4 млн тонн в год [9].

Грузопоток по Транскаспийскому маршруту отмечен стабильным ростом на интервале 2021–2023 годов и превысил 4 млн тонн в 2023 году. По информации Минпромторга России, к 2030 году грузоперевозки предполагается довести до 8 млн тонн. Потенциал этого маршрута по планам 2022 года оценивался в 10–11 млн тонн к 2030 г. [8].

Западный маршрут, как и предполагалось, был основным по объему грузоперевозок. Такая ситу-

Таблица 4

Экспортно-импортные перевозки России по маршрутам МТК «Север — Юг» в 2021–2023 гг.

Маршрут	*2021 г.*		*2022 г.*		*2023 г.*	
	млн тонн	*%*	*млн тонн*	*%*	*млн тонн*	*%*
Западный	10,32	74,8	10,41	72,0	12,36	69,9
Транскаспийский	2,92	21,2	3,36	23,3	4,08	23,1
Восточный	0,55	4,0	0,68	4,7	1,23	7,0
Итого	13,79	100	14,45	100	17,67	100

Источник: [4].

ация сохранится и в ближайшей перспективе. По имеющимся прогнозам, при мультимодальных перевозках железнодорожным и автотранспортом пропускная способность маршрута составит к 2030 году до 26,7 млн тонн [4].

Таким образом, грузопоток по коридорам нарастал, но не теми темпами, которые планировались в 2022 году.

Структура грузопотока по маршрутам МТК представлена в *табл. 4*. Поскольку отсутствуют сведения по объемам грузов, генерируемых странами, по территории которых проходят трассы МТК, анализ проводится в разрезе российского экспорта-импорта. По этой причине данные по грузопотоку ниже вышеприведенных за соответствующие годы.

В объеме экспортно-импортных перевозок России по МТК «Север — Юг» доля агропродовольственных грузов составляла: 2021 г. — 46,9%; 2022 г. — 47,3%; 2023 г. — 44,3%.

Несмотря на некоторое снижение доли агропродовольственных товаров, они составляли основу в грузопотоке на протяжении рассматриваемого периода. Для ускорения процессов транспортировки и перевалки, а также обеспечения доставки грузов в режиме «от двери до двери», планируется увеличение объемов перевозки агропродовольственных товаров контейнерами. Основным товаром агропродовольственной группы является зерно. Его грузопоток к 2030 году может составить от 8 до 13 млн тонн. Кроме зерна увеличивается транспортировка других продовольственных товаров с потенциалом роста до 164 тыс. ДФЭ[1] (≈ 3,9 млн тонн) в 2030 году. Потенциал по перевозке металлов в 2030 г. оценивается в 113 тыс. ДФЭ, древесины и бумаги — 68 тыс. ДФЭ; машин и оборудования — от 27 тыс. до 60 тыс. ДФЭ [10].

Прогнозируется, что к 2040 году объем перевозок продовольственных товаров в структуре экспорта снизится до 43% [4]. В грузовой базе импорта значительную долю будут сохранять товары параллельного импорта, поступающие в Россию по сложным маршрутам через страны Ближнего Востока и Иран [7].

[1] ДФЭ — двадцатифутовый эквивалент — эквивалентная размерам ISO-контейнера длиной 20 футов (6,1 м) с максимальной массой загруженного контейнера в 24 тонны.

Причины срыва первоначальных планов развития МТК «Север — Юг»

Основополагающей причиной того, что первоначальные планы по развитию МТК не были выполнены, является сложность мегапроекта, в реализацию которого вовлечено много стран с очень разными, в том числе взаимоисключающими, интересами. В такого рода проектах возникает совокупность внешних (экзогенных) и внутренних (эндогенных) факторов, значимость которых очень сложно оценивать, а динамику их развития — прогнозировать.

Экзогенные факторы вызваны изменениями политической и экономической обстановки в мире в целом и в странах, по территориям которых проходят маршруты МТК. При этом инициаторы создания МТК «Север — Юг» чаще всего не могли повлиять на развитие экзогенных факторов, в то время как эти факторы оказывали непосредственное и сильное воздействие на проект. К важнейшим факторам следует отнести обострение политического и военного кризиса в ближневосточном субрегионе, что повлекло за собой изменение мировой логистики, снижение интенсивности судоходства в Красном море, увеличение морских тарифов с последующим откатом тарифов в сторону снижения.

Как отмечала руководитель проекта N. Trans, М. Никитина, в 2022 году рост интереса к МТК был мотивирован геополитикой, а также экономическими предпосылками. Цены на стандартных маршрутах выросли в 3–4 раза, в результате доставка контейнера из Новороссийска до Нава-Шевы стала стоить $7 тыс. вместо $1,5–2 тыс. ранее. Но в 2023 г. ситуация стала меняться из-за стабилизации мирового рынка торговли и логистики. Коммерческая привлекательность коридора стала падать, поскольку тенденция на восстановление прежних ставок и сохранение низкого роста фрахтовых цен является долгосрочной. При этом коммерческая составляющая оказывает мультипликативный эффект на деградацию МТК: падение ставок на старых стандартных маршрутах ведёт к снижению конкурентоспособности коридора, что вызывает ослабление привлекательности и сокращение объёмов грузопотока по МТК. В свою очередь уменьшение объёмов перевозок ведёт к сокращению инвестиций и технологичности транспортировки грузов, что вызывает рост тарифов по маршрутам МТК и новый виток снижения

конкурентоспособности. В этой связи основным риском для МТК является возможное будущее восстановление связей с Европой, которая является для России естественным и выгодным торговым партнёром, как это было на протяжении всей истории страны [7].

Таким образом, доставка грузов по МТК должна так или иначе конкурировать с доставкой экспортных и импортных грузов через российские порты Азово-Черноморского бассейна. Тезис о том, что МТК «Север — Юг» выступит могильщиком маршрута через Суэцкий канал оказался сильным преувеличением уже по причине того, что грузопоток по МТК в любом случае оказывается на порядок ниже грузопотока, следующего через Черное море. Грузопоток из портов Азово-Черноморского бассейна в 2023 году вырос на 10,4% по сравнению с предыдущим годом и составил 291,4 млн тонн [11].

Приход к власти в США республиканской администрации, лидер которой известен резкой неприязнью к иранским властям, повышает уровень конфронтации США и Израиля с Ираном. С одной стороны, это может подтолкнуть Иран к развитию взаимодействия с Россией и росту интереса иранской стороны к МТК. С другой стороны, риски военной конфронтации будут иметь тяжелые последствия для реализации планов по развитию транзита экспортно-импортных потоков через Иран, вплоть до полного замораживания намеченных проектов.

Таким образом, под влиянием экзогенных факторов политического и экономического характера перспективы развития МТК отличаются высокой неопределенностью, а тарифы подвержены сильной волатильности.

К эндогенным факторам относятся проблемы и трудности, возникшие при реализации инвестиционных и организационных проектов по развитию пропускной способности МТК, обеспечению его грузовой базы и требуемой логистической инфраструктуры. На эти факторы инициаторы проекта могли оказывать непосредственное воздействие, но этот процесс оказался более продолжительным и сложным, чем казалось ранее. Рассмотрим воздействие эндогенных факторов на развитие каждого из маршрутов МТК «Север — Юг».

Западный маршрут обеспечен прямым железнодорожным сообщением между Россией и Азербайджаном через погранпереход Самур — Ялама с последующим выходом на территорию Ирана через погранпереход в Астаре. Здесь грузы вынужденно перегружают на автомобильный транспорт для перевозки в порт Энзели или/и далее до г. Решт, где вновь начинается железнодорожная колея уже до самого Бендер-Аббаса.

Отсутствие сквозного железнодорожного сообщения приводит к двойной перевалке грузов, что повышает стоимость и сроки доставки грузов. По итогам I квартала 2023 года время доставки грузов из Санкт-Петербурга в индийский Мумбаи (Бомбей) составляет 30–45 суток, стоимость — около $6500 за ДФЭ [8].

Таким образом, критическим фактором, тормозящим развитие Западного маршрута, выступает отсутствие сквозного железнодорожного сообщения по территории Ирана — разрыв на участке Астара — Решт. Необходимость строительства на этом участке железной дороги протяженностью в 165 км обсуждается многие годы, сроки строительства переносились 5 раз. Причины срыва сроков многообразны. Прежде всего, иранская сторона не спешила с инвестированием в строительство этого участка, полагая, что налаживание железнодорожного сообщения более интересует российскую сторону и именно Россия должна взять на себя инициативу в этом вопросе. Кроме того, Иран имеет проблемы в железнодорожной отрасли: отмечается недостаток локомотивов и их ремонтной базы. Неразвитость отрасли приводит к тому, что тарифы перевозок по железной дороге существенно выше тарифов при автомобильных перевозках. В 2024 году появились сообщения, что железнодорожная компания Ирана (RAI) планирует решить проблемы с локомотивной базой и тарифами в 2025 году [12]. Кроме того, в Иране существуют противники строительства участка Астара — Решт, который проходит через несколько охраняемых природных территорий, а также по большому количеству рисовых полей, что ведёт к отчуждению сельхозземель и, как следствие, выплате компенсаций крестьянам [7].

В 2024 году наметились перемены в решении наболевшей проблемы. В середине мая министр транспорта России и министр дорог и градостроительства Ирана подписали соглашение о сотрудничестве по строительству железной дороги Астара — Решт. Стоимость проекта составит 1,6 млрд евро, на его реализацию выделен межгосударственный кредит в 1,3 млрд евро. Ожидаемый срок сдачи дороги в эксплуатацию — 2027 год [13]. Предполагается, что с введением в эксплуатацию железнодорожного участка Астара — Решт, время доставки грузов в Индию сократится до 10 суток. По мнению экспертов, это выглядит чрезвычайно оптимистично, но, если такое время доставки будет выдержано, интерес экспортеров к использованию Западного маршрута, безусловно, вырастет.

Транскаспийский маршрут является морским. Основные препятствия для развития маршрута относятся к проблемам водного транспорта и водных путей сообщения.

Во-первых, потенциал транспортного флота России и Ирана в акватории Каспийского моря недостаточен для обеспечения потенциального объема перевозок. Поскольку водные маршруты в России ориентированы на использование бассейнов рек Волга и Дон с последующим выходом в Каспийское море, российским судовладельцам не хватает универсальных сухогрузов-контейнеровозов смешанного плавания размерностью «Волга-Дон макс». В 2021 году

Таблица 5

Перевалочные мощности портов России и Ирана, входящих в МТК «Север — Юг», млн тонн/год

Россия		*Иран*	
порт	*мощности*	*порт*	*мощности*
Астрахань	2,5	Амирабад	5,5
Оля	0,5	Энзели	4,0
Махачкала	3,0	Ноушехр	1,5
		Торкемен	1,1
Итого	6,0	Итого	12,1

Источники: Правительство Астраханской области, АМП, MarineInsight.

в России были намечены обширные планы по строительству до 63 судов разных типов для Каспийского бассейна. Однако, санкции 2022 года остановили поставки двигательных установок для этих судов. Разработка отечественных аналогов заняла более полутора лет, в результате планы по наращиванию судового состава редуцировались и сдвинулись во времени: первые суда с двигателями и иным оборудованием отечественного производства планировались к вводу в строй в 2024—2025 годах [8]. При реализации планов по строительству судов «Волго-Дон макс» возможности российского флота будут обеспечивать перевозки объемом 7—8 млн тонн в год [4].

Во-вторых, отмечается слабость перевалочных мощностей в российских каспийских портах: суммарные перевалочные мощности портов Астрахань, Оля и Махачкала по сухим/контейнерным грузам вдвое уступают соответствующему показателю иранских портов (*табл. 5*).

В-третьих, недостаточные проходные глубины на внутрироссийских водных путях по Волго-Каспийскому и Волго-Донскому каналам приводят к необходимости перевалки грузов с судов «река-море» на железнодорожный транспорт, доставляющий грузы в каспийские порты.

В результате доставка грузов по Транскаспийскому маршруту оказывается также достаточно долгой и дорогой. По итогам I квартала 2023 года сроки доставки контейнера ДФЭ по Транскаспийскому маршруту в сравнении с аналогичным периодом прошлого года выросли с 45 до 60 суток, а цена перевозки возросла с $3450 до $6000—7000 [8].

Восточный маршрут является наиболее протяженным и располагает сквозным железнодорожным сообщением через Россию, Казахстан, Узбекистан и Туркменистан с дальнейшим выходом на иранские железные дороги через погранпереходы Сарахс и Акяйла-Инче-Бурун, а затем на Бендер-Аббас. Несмотря на непрерывность трасс и, следовательно, отсутствие необходимости перевалки грузов на автотранспорт, и здесь имеет место ограничение в виде разной ширины железнодорожной колеи (1520 мм в России и 1435 мм в Иране), что требует дополнительного времени на смену колесных пар железнодорожных составов. Кроме того, до недавнего времени существовала несогласованность параметров реализации инфраструктурных проектов между странами-участниками проекта развития Восточного маршрута. Только в июле 2024 года Россия, Казахстан, Иран и Туркменистан подписали «дорожную карту» по развитию МТК «Север — Юг» на 2024—2025 годы [14]. Реализация документа позволит к 2027 году устранить имеющиеся ограничения, сдерживающие пропускную способность Восточного маршрута, потенциал которого оценивается как минимум в 15 млн тонн грузов в год [9].

Однако, основной проблемой развития маршрута является не столько пропускная способность имеющихся железных дорог, сколько отсутствие достаточного количества грузогенерации, что приводит к низкой востребованности путей. При существующей пропускной способности маршрута в 11 млн тонн, фактическая загрузка составляет 10—18% от возможной. То есть в ближайшей перспективе при планировании грузопотока по Восточному маршруту, основные усилия странам-участницам придется направить на наращивание грузогенерации.

По итогам I квартала 2023 года время доставки грузов Восточным маршрутом составляло 45—47 суток, а тариф — около $7000 за ДФЭ [8].

Таким образом, в 2023 году все маршруты МТК «Север — Юг» характеризовались большими сроками (40—60 дней) и высокой стоимостью доставки грузов ($6—7 тыс. за ДФЭ). С учетом снижения тарифов доставки грузов морем, коридор не смог обеспечить достаточную конкурентоспособность по сравнению с черноморскими маршрутами. По имеющимся оценкам, стоимость доставки по Восточному маршруту МТК в страны Ближнего Востока и Индию 40-футового контейнера на $1000 превышает цену его отправки через порты Азово-Черноморского бассейна.

Введение льготных железнодорожных тарифов на перевозки по Восточному маршруту не сделало МТК для грузоотправителей достаточно привлекательным. В 2023 году РЖД ввели скидку в 20% на экспортно—импортные контейнерные перевозки через российско—казахстанские погранпереходы. На железных дорогах Казахстана, Туркменистана и Ирана также действуют специальные тарифы: $0,15—0,18/ДФЭ-км. Тем не менее, как было показано, это не способствовало решительному увеличению объема перевозок Восточным маршрутом [10].

Сложившееся положение вещей требует энергичных мер по расширению пропускной способности МТК и увеличению скорости транспортировки грузов по всем маршрутам.

Альтернативные решения

Задержка с расшивкой узких мест по маршрутам МТК привела к появлению альтернативных решений. В октябре 2024 года компания «ВТБ — проектный офис» представила Правительству России проект по развитию Западного маршрута МТК «Север — Юг», в рамках которого предлагается создать новый железнодорожный путь из Азербайджана в Иран в качестве альтернативы дороги Астара-Решт. Предложено соединить железной дорогой в 70 км азербайджанскую ст/ Имишли и иранский г/ Парсабад (*рис. 4, см. вклейку*).

Магистраль Имишли — Парсабад позволит состыковаться с железнодорожными линиями северо-западного Ирана, по кратчайшему маршруту выходящими на иранские порты в Персидском заливе (Абадан, Бендер-Хомейни, Хорремшехр) и на порты Ирака в том же бассейне (Басра, Фао, Умм-Каср). В октябре 2023 года правительство Ирака выразило официальную заинтересованность в участии в МТК «Север — Юг». Участие сторон в инвестициях и смежные вопросы по проекту Имишли-Парсанабад планируется согласовать в декабре 2024 года. Строительство намечено на 2025—2026 годы [15].

Помимо альтернативного маршрута Имишли — Парсабад «ВТБ — проектный офис» разрабатывает проект «МТК «Север — Юг» — бесшовная технология грузоперевозок из России до южных портов Ирана», предполагающий создание железной дороги с широкой колеей в 1520 мм от границ России через Азербайджан до одного из иранских портов в Персидском заливе. При этом на территории Ирана предполагается иметь на железнодорожных путях одновременно две колеи: российскую шириной 1520 мм и европейскую в 1435 мм. Также будет создана цифровая платформа для управления международными перевозками на всем маршруте. Запуск строительства запланирован к концу 2025 года, а окончание — к 2031 году [16].

По мнению экспертов N. Trans Lab, именно упор на развитии единой бесшовной инфраструктуры, которая в перспективе позволила бы перевозить до 80—100 млн тонн грузов в год, является наиболее эффективным решением для развития МТК «Север — Юг» и позиционирования его как важного элемента транспортной сети, обеспечивающей значимый объем торговли России и стран Центральной Азии с Индией, странами Ближнего Востока и Юго-Восточной Азии [4]. Выводы экспертов базируются на том, что достижение таких объемов грузоперевозок позволят МТК выйти на размеры экспортно-импортных перевозок, сопоставимые с обеспечиваемыми в настоящее время портами Азово-Черноморского бассейна. Значительное увеличение масштаба перевозок обеспечит снижение тарифов и рост конкурентоспособности коридора. Кроме того, расширится и укрепится финансовая база проекта.

Наконец, в ноябре 2024 года появилось сообщение о том, что намечается строительство дороги, которая будет связывать север и юг Кыргызстана и обеспечивать пересечение коридоров «Север — Юг» и «Восток — Запад». Ее маршрут будет пролегать через Узбекистан, Туркмению и включать в себя акваторию Каспийского моря. Грузы будут доставляться в порт Астрахани [17]. Впрочем, это намерение пока вызывает больше вопросов, чем дает ответов. Так, непонятно, какова протяженность трассы, неизвестны сроки реализация проекта, какие страны будут инвестировать в проект, каков ожидаемый объем перевозок, особенно с учетом того, что в настоящее время, как отмечено выше, Восточный маршрут обеспечивает очень слабую генерацию грузов. Очевидно, подключение Кыргызстана вряд ли кардинально решит вопрос с загрузкой намечаемого маршрута.

Вопросы финансирования и повышения устойчивости проектов по развитию МТК «Север — Юг»

Одним из факторов, тормозящих развитие МТК, является проблема обеспечения финансирования логистических проектов. Евразийский банк развития сформировал базу инвестиционных проектов МТК «Север — Юг». В нее вошли 102 проекта (в том числе 52 на территории России) в области железнодорожного, автодорожного, морского, внутреннего водного транспорта, пунктов пересечения границ, а также придорожной и логистической инфраструктуры. Эти проекты реализуются на горизонте 2024—2030 годов. Их суммарный портфель по трем маршрутам МТК составляет $38,2 млрд, из них 35% приходится на Россию, 34% на Иран, 16,5% на Казахстан. Наибольшую капиталоемкость имеет развитие наземной инфраструктуры, в первую очередь автомобильных и железных дорог. На это требуется свыше 86% всех инвестиций.

Для повышения эффективности перевозок, качества транспортных и логистических услуг, а также сокращения негативного влияния на экологию и климат необходимы инвестиции в проекты по обновлению подвижного состава, перегрузочного и иного оборудования в морских портах и транспортно—логистических центрах.

Существенной слабостью проектов по развитию МТК «Север — Юг» является то, что главную роль в их финансировании играют государственные бюджеты. Так, доля федеральных инвестиций в развитие российских участков МТК «Север — Юг» составляет 76% ($10 млрд из $13,2 млрд). Другим источником являются средства естественных монополий. В частности, за счет средств ОАО «РЖД» реализуются проекты по строительству и модернизации инфраструктуры железных дорог.

Частные инвестиции носят точечный характер и не оказывают заметного влияние на реализацию проектов. Между тем, по оценке экспертов ЕАБР, ряд проектов является потенциально интересным для частного бизнеса. Например, обновление флота и подвижного состава, развитие вспомогательной придорожной и логистической инфраструктуры.

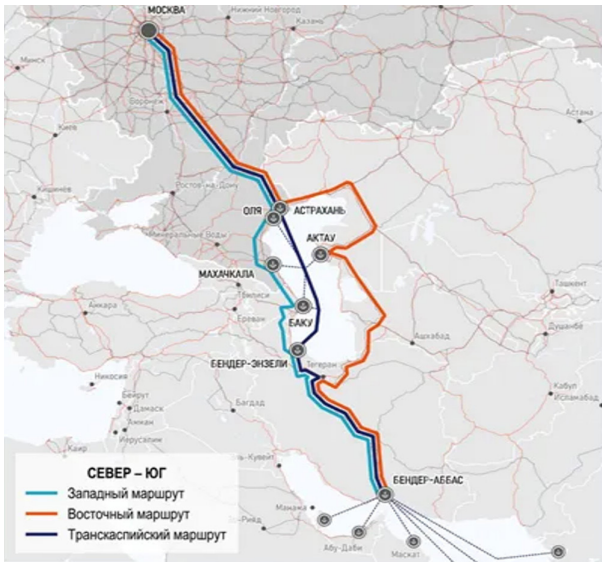


Рис. 1. **Маршруты МТК «Север – Юг»**
Источник: [4]

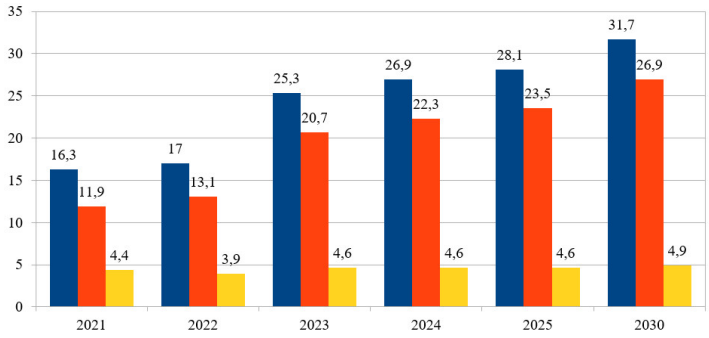


Рис. 2. **Динамика грузопотока по планам 2022 г.,** млн тонн
Источник: данные Минтранса России и Дирекции МТК

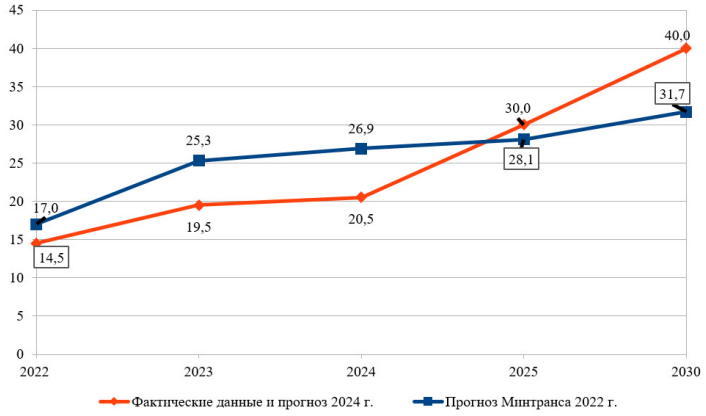


Рис. 3. **Сравнение прогноза Минтранса России и Дирекции МТК 2022 г. с фактическими данными за 2022-2023 гг. и прогнозами, сформированными в 2024 г.,** грузопоток в млн тонн
Примечание. Ожидаемые данные за 2024 г. представлены экстаполяционно.
Источник: по данным Минтранса РФ и экспертным оценкам из открытых источников

Рис. 4. **Расположение проектируемых участков железнодорожных дорог по Западному маршруту МТК «Север-Юг»**

Инвестирование частных средств в настоящее время ограничено из-за неопределенности с грузовой базой. При повышении пропускной способности коридора и значительном росте транзитных грузов из Индии и стран АТР можно рассчитывать на их привлечение, поскольку барьер входа в портовую инфраструктуру по силам преодолеть предпринимателям не только из крупного бизнеса. Что же касается железнодорожной составляющей, то для ее развития необходимо привлекать инвесторов из числа крупных российских и казахских экспортеров, заинтересованных в выходе к терминалам Ормузского пролива Ирана для прямого сообщения со странами Юго-Восточной Азии.

Российский малый и средний бизнес, в отличие от госкорпораций, институтов развития и естественных монополий, вовлечь в участие в проектах МТК «Север — Юг» не получается. Между тем, широкая вовлеченность МСП повышает устойчивость инвестиционных проектов, обеспечивает их экономическую состоятельность и долговечность. Важным условием привлечения частных инвестиций в долгосрочный и многокомпонентный проект является уверенность бизнеса в неизменности государственной политики, направленной на поддержку данного проекта как в экономической, так и в геополитической сферах. Позитивным сигналом могла бы стать разработка и законодательное утверждение комплексной программы развития МТК «Север — Юг» и прилегающего экономического пространства с горизонтом планирования 20—30 лет и с понятными для бизнеса алгоритмами входа в интересные ему проекты. Необходима также организация прозрачной системы расчетов по маршрутам МТК, разработка сквозных тарифов «от двери до двери», создание единого оператора коридора [10].

Выводы

В период 2021—2024 годов происходило постепенное развитие пропускной способности всех маршрутов МТК «Север — Юг» и обусловленное этим увеличение экспортно-импортных потоков грузов. В объеме экспортно-импортных перевозок России по МТК превалируют агропродовольственные грузы, несмотря на снижение их доли до 44% в 2023 году. При этом основным товаром агропродовольственной группы является зерно. Его грузопоток к 2030 году может составить от 8 до 13 млн тонн. Кроме зерна увеличивается транспортировка других продовольственных товаров с потенциалом роста до 164 тыс. ДФЭ (≈ 3,9 млн тонн) в 2030 году. Потенциал по перевозке металлов в 2030 г. оценивается в 113 тыс. ДФЭ, древесины и бумаги — 68 тыс. ДФЭ; машин и оборудования — от 27 тыс. до 60 тыс. ДФЭ.

При общем росте грузопотоков по МТК «Север — Юг» выявилось отставание фактических показателей объемов грузоперевозок от планировавшихся ранее. Расхождение фактических и плановых показателей обусловлено воздействием совокупности экзогенных и эндогенных факторов.

Анализ экзогенных факторов показывает, что практически все обозначенные в 2022 г. внешние риски, обусловленные нестабильностью субрегиона и воздействием западных санкций в отношении России и Ирана, оправдались и негативным образом повлияли на конкурентоспособность и привлекательность МТК для экспортеров и импортеров грузов. Следует отметить, что как ранее обозначенные, так и новые внешние риски сохранят актуальность и остроту в ближайшие годы.

Анализ эндогенных факторов показывает, что различие в интересах участников проекта, задержка с выработкой согласованных решений по расшивке узких мест по маршрутам МТК негативным образом повлияли на выдерживание сроков, темпов и объемов привлечения инвестиций в проекты по расширению пропускной способности и развитие грузовой базы. Реализация проектов сдвинулась на два-три года и требуемое развитие ресурсного потенциала МТК предполагается обеспечить не ранее 2026—2027 годов.

Недостаточна финансовая база проекта МТК «Север — Юг». Практически все финансирование обеспечивается странами-участниками из государственных бюджетов и ресурсов естественных монополий, поддерживаемых государствами. Малый и средний бизнес пока не участвует в проектах по развитию МТК, что является знаковым явлением, указывающим на слабую привлекательность этих проектов для частных инвесторов.

Маршрутам МТК «Север — Юг» предстоит доказывать свою конкурентоспособность по сравнению с традиционными маршрутами, берущими начало в портах Азово-Черноморского бассейна.

Таким образом, проект МТК «Север — Юг» имеет реальные перспективы развития, но сохраняет высокий уровень рисков и непредсказуемости. В этой связи более реалистичными выглядят умеренные прогнозы генерации грузопотока, объемов перевозки грузов, уровня привлекательности коридора для экспортеров и импортеров и других параметров МТК на ближайшую перспективу.

Литература

1. *Ламанов С. В., Ли М. Р., Ромашкин Р. А., Сурганова Т. В.* Международные транспортные коридоры и перспективы экспортно-импортной агрологистической экосистемы в России // Использование и охрана природных ресурсов в России, 2022. № 4. — С. 78—84.

2. *Ламанов С. В., Шергазиев У. А., Ромашкин Р. А., Сурганова Т. В.* Перспективы расширения экспорта сельскохозяйственной продукции странами ЕАЭС при развитии международного транспортного коридора «Север-Юг» // Использование и охрана природных ресурсов в России, 2023. № 4. — С. 96—104.

3. Досье: Развитие транспортного коридора «Север-Юг». URL: https://eurasia. expert/dose-razvitie-transportnogo-koridora-sever-yug/
4. Из варяг в персы: перспективы развития МТК «Север-Юг» // N. Trans Lab., 2024. URL: https://ntranslab. ru/analytic/doklady/iz-varyag-v-persy-perspektivy-razvitiya-mtk-sever-yug/
5. ЕАБР. Международный транспортный коридор «Север-Юг»: создание транспортного каркаса Евразии // Доклады и рабочие документы, 2021. № 5. URL: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://eabr. org/upload/iblock/c69/EDB_2021_Report_5_INSTC_rus. pdf
6. *Гайва Е.* Во что обойдется логистический коридор «Север-Юг» // Российская газета, 22.11.2022. URL: https://rg. ru/2022/11/22/persidskie-motivy. html
7. *Максимов В.* Алекс-Юстасу, Север-Югу. Коридор в затмении: что происходит в МТК «Север-Юг» и каковы его реальные перспективы // Vgudok, 25.01.2024. URL: https://vgudok. com/lenta/aleks-yustasu-sever-yugu-koridor-v-zatmenii-chto-proishodit-v-mtk-sever-yug-i-kakovy-ego
8. *Сидоров А.* «МТК «Север-Юг»: от замысла к реализации» // Морские вести России, 09.01.2024. URL: https://morvesti. ru/analitika/1685/106899/
9. Потенциал восточной ветви транспортного коридора «Север-Юг» оценивается в 15 млн тонн грузов в год // Пресс-служба ОАО «РЖД», 27.08.2024. URL: https://trans. ru/news/potentsial-vostochnoi-vetvi-transportnogo-koridora-sever-yug-otsenivaetsya-v-15-mln-tonn-gruzov-v-god
10. *Полякова И.* МТК «Север-Юг»: время реализовать потенциал // Транспорт России, 06.06.2024. URL: https://transportrussia. ru/razdely/avtomobilnye-dorogi/10995-mtk-sever-yug-vremya-realizovat-potentsial. html
11. *Донскова А.* Грузопоток портов Азово-Черноморского бассейна за год вырос на 10% // Коммерсант, 17.01.2024. URL: https://www. kommersant. ru/doc/6455318
12. RAI планирует повысить эффективность железных дорог на 20% // IRAN. ru, 23.10.2024. URL: https://iran. ru/news/photo/126697/RAI_planiruet_povysit_effektivnost_zheleznyh_dorog_na_20
13. *Соляник А.* Север-Юг растёт в объёмах. Усилия России, Ирана, Казахстана и Туркменистана позволили нарастить объёмы перевозки по восточному маршруту коридора // International. URL: https://1520international. com/content/2023/may-2023/sever-yug-rastyet-v-obyemakh/
14. Россия, Казахстан, Иран и Туркменистан подписали «дорожную карту» по развитию МТК «Север-Юг» на 2024—2025 годы // PortNews, 23.07.2024. URL: https://portnews. ru/news/365717/
15. Новые магистрали повысят конкурентоспособность МТК «Север-Юг» // Интернет-портал СНГ, 01.11.2024. URL: https://e-cis. info/news/566/122389/
16. *Велизаде И.* Коридор «Север-Юг» может получить новый маршрут // Vesti. az, 14.10.2024. URL: https://vesti. az/v-mire/koridor-sever-yug-mozet-polucit-novyi-marsrut-analitika-527717
17. *Фомченков Т.* Транспортным коридорам «Север-Юг» и «Восток-Запад» предстоит объединение // Российская газета — Спецвыпуск: Дороги России № 260(9502), 15.11.2024. URL: https://rg. ru/2024/11/15/kliuchevoj-element. html

Сведения об авторах:

Ламанов Сергей Владимирович, научный сотрудник, Евразийский центр по продовольственной безопасности МГУ имени М. В. Ломоносова; e-mail: slamanov@yandex. ru.

Ли Марина Рудольфовна, к.э.н., доцент кафедры корпоративной экономики и менеджмента, Ташкентского государственного экономического университета; e-mail: limarinarud@gmail. com.

Ромашкин Роман Анатольевич, к.э.н., доцент, заместитель директора, Евразийский центр по продовольственной безопасности МГУ; e-mail: ecfs. msu@gmail. com.

Сурганова Татьяна Всеволодовна, к. фил. н, с.н.с., Евразийский центр по продовольственной безопасности МГУ; e-mail: coramail@yandex. ru.

Юбилеи

С юбилеем!

Сосунова Ирина Александровна, доктор социологических наук, кандидат философских наук, профессор. Более 30 лет проработала в Академии наук (с 1974 по 1990 гг. — в Институте социологических исследований, с 1991 г по 2003 гг. — в Институте социально-политических исследований). Прошла путь от младшего научного сотрудника до заместителя руководителя Центра социологии национальных и региональных отношений и зав. отделом социальной экологии регионов ИСПИ РАН.

Опубликовала более 300 научных статей, более десятка научных монографии и учебных пособий по проблемам методологии и методики социально-экологических исследований, социальной и информационной безопасности, экономической и политической социологии, социологии духовной жизни и культуры, социологии межнациональных отношений и др. Автор книг: «Социальная экология» (1996), «Социально-экологический мониторинг: методологические и методические основы» (1997), «Методология и методика социально-экологических исследований» (1999), «Экология, экономика, социум: состояние, тенденции, перспективы» (2002), «Российская космонавтика: социальная отдача и социально-экологические проблемы в зеркале общественного мнения» (2004), «Методология и методика общественного участия в подготовке и принятии экологически значимых решений» (2004), «Истоки единства: социально-экологическая политика и проблемы формирования экологической этики и морали в условиях интеграции России и Беларуси» (2006), «Актуальные проблемы социальной экологии и экосоциологии. Курс лекций» (2009) и др.

С 2003 г. является членом Научно-консультативного Совета Парламентского Собрания Союза Беларуси и России, членом редсоветов ряда научных журналов, в том числе «Использование и охрана природных ресурсов в России», «ПОИСК», «Качество и жизнь» и др. После служебного перевода из ИСПИ РАН в 2003 г. в РЭФИА до 2007 г. возглавляла Центр социальной экологии и прикладной социологии Российского экологического федерального информационного агентства, с 2007 по 2013 г. была проректором по науке Международного эколого-политологического университета, по совместительству 14 лет проработала во ВНИИ технической эстетики (ВНИИТЭ) Минобрнауки России, в 2013 г. — стала зам. директора ВНИИТЭ.

В настоящее время — руководитель Центра прикладных исследований Национального информационного агентства «Природные ресурсы». Первый федеральный вице-президент Российского общества социологов (с 2012 г.), с 1998 г. возглавляет созданный по ее инициативе Исследовательский комитет РОС «Экосоциология». Член Международной социологической ассоциации (ISA), Европейской социологической ассоциации (ESA). Действительный член Международной академии наук (русская секция), Международной академии экологии, Российской академии космонавтики им. К. Э. Циолковского, Академии политической науки, Академии проблем качества и др. Десять лет являлась членом Комитета по экологии и природопользования Торгово-промышленной Палаты РФ. Член Совета и зам. руководителя секции «Экология» Центрального дома ученых РАН. Эксперт Российского фонда фундаментальных исследований и Российского научного фонда.

«Персона России» 2009 г. в номинации «Образование», представлена в разделе «Наука» биографического издания «Россия XXI век. Дела и люди» за 2014 г.

Награждена медалью «В память 850-летия Москвы», памятной медалью и Почетными грамотами Парламентского Собрания Союза Беларуси и России, Президента РАН, Президиума РАН, медалями и грамотами Ростата, РОС и др., в том числе: Золотой медалью заслуженного деятеля РОС (2009), Золотой медалью им. Ковалевского (2018), Серебряной медалью им. Питирима Сорокина (2019). В 2024 г. награждена Брильянтовой звездой Международной Академией квантового искусства и науки за международное и культурное сотрудничество.

Редакция, редколлегия и редсовет журнала поздравляют Ирину Александровну с юбилеем и желают ей крепкого здоровья, благополучия и творческого долголетия!

Книжная полка

Охрана окружающей среды в России. 2024: Стат. сб. — М.: Росстат, 2024. — 118 с.

В статистическом сборнике представлена информация, характеризующая состояние окружающей среды, наличие и использование природных ресурсов. Сборник издается начиная с 1993 года с периодичностью один раз в два года.

Опубликованная информация основывается на официальных статистических данных Росстата, а также других министерств и ведомств, деятельность которых связана с природопользованием, экологическим контролем и охраной окружающей среды (Минприроды России, Минсельхоза России, Росприроднадзор, Роспотребнадзор, Росгидромет, Росводресурсы, Росрыболовство, Росреестр, Рослесхоз и др.).

Официальная статистическая информация, разрабатываемая Росстатом, публикуется без учета статинформации по ДНР, ЛНР, Запорожской и Херсонской областям. Отдельные показатели, к которым приведены соответствующие сноски, публикуются по данным Росреестра, Росводресурсов и включают статистическую информацию с учетом данных по вышеуказанным субъектам РФ.

Статистические данные приведены в основном за 2019—2023 гг.

В сборнике публикуются материалы по охране атмосферного воздуха, водных, земельных, лесных, охотничьих ресурсов, образованию, обработке и утилизации отходов производства и потребления, особо охраняемым природным территориям, а также сведения о затратах на охрану окружающей среды и др.

Статсборник предназначен для высшего управленческого персонала, руководителей и работников предприятий и организаций, научных, предпринимательских и банковских кругов, профессорско-преподавательского состава, аспирантов и студентов экономических вузов, других заинтересованных пользователей. деятельности выделена в отдельное электронное приложение.

Редакционная коллегия статсборника: *И. В. Васильев* (председатель), *Е. Н. Глушакова, Т. Р. Жемчугова, М. П. Клевакина, Н. Б. Коренькова, М. Г. Котлякова, Е. А. Кузьмина, С. В. Ледовская, Т. А. Марченко, Р. В. Некрасов, И. В. Новикова, Е. В. Прокофьева, О. Н. Романова, Н. Г. Рыбальский, О. В. Харина.*

С 2014 года статсборник «Охрана окружающей среды в России» публикуется на официальном сайте Росстата (https://rosstat. gov. ru) только в электронном виде в разделе «Публикации» в подразделе «Каталог публикаций».

NATURE

Water Resources

Some Environmental Issues of the Great Rivers of BRICS

G.S. Rozenberg, D.Sc. (Biology), the Member-Correspondent, the Russian Academy of Sciences (RAS),
N.V. Kostina, D.Sc. (Biology), G.E. Kudinova, Ph.D. (Econ.), A.G. Rozenberg, Ph.D. (Biology)
Institute of Ecology of the Volga River Basin of the Russian Academy of Sciences –
Branch of the Samara Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Tolyatti

The possibility of more detailed cooperation between the BRICS+ countries in solving water and environmental issues of the great river basins – the Amazon, Yangtze, Volga, Ganges and Orange – is considered. They are compared by a number of geographical parameters (length, basin area, volume of water resources, etc.). The BRICS countries exceed the G7 countries in fresh water reserves by more than 2.3 times; in terms of fresh water consumption per capita, the G7 countries exceed the BRICS countries by 10 times. Using the example of the Volga and Yangtze, a method for comparing the socio-ecological-economic systems of the basins is proposed. A conclusion is made about the need for such a comparison of the great rivers of the BRICS.

Keywords: commonwealth of states, river basin, Amazon, Volga, Ganges, Orange, Yangtze, natural resources, fresh water reserves.

Determination of Heavy Metals in Natural Waters of the Kaluga Region

N.N. Roeva, Prof.-Dr.Sc. (Chemistry), I.A. Zaitseva
Russian Biotechnological University

The article presents the results of hydromonitoring of surface waters in the Kaluga region in order to determine the concentration levels of zinc, lead, nickel, copper and chromium in them. The atomic absorption method with flameless atomization was chosen as the basic analysis method. The concentration levels of the studied heavy metals were established in water samples taken during the periods of spring flood, summer low water and autumn flood in 2022-2023.

Keywords: natural waters, hydromonitoring, zinc, lead, nickel, copper, chromium, atomic absorption method with flameless atomization.

Biological Resources of Land

International Trade and Natural Populations of CITES Annex Flora Species Growing in the Russian Federation

N.I. Kichuk, Can. Sc. (Biology)
Branch of FGBU "Federal Center for Analysis and Assessment of Technogenic Impact" –
Scientific - Research Center "Red Book", Russia

The article deals with the impact of international trade on natural populations of CITES Annex flora species growing on the territory of the Russian Federation. The data on the volumes of legal and illegal trade in the flora species most demanded in international trade are given. The impact of illegal trade on the number of natural populations of Asian ginseng and King's-Crown (Rhodiola rosea) in the places where they grow is assessed. Measures are proposed to increase the number of natural populations of these species of flora.

Keywords: CITES Appendix, Mongolian oak, Manchurian ash, Korean cedar, Asian ginseng, Rhodiola rosea, international trade, natural population.

Climatic Resources

Estimated Functions of the Heating Impact of the Anthropogenic Greenhouse Effect

V.V. Tetelmin, Dr.Sc. (Technical), Institute of Ecology of the Peoples' Friendship University of Russia, Russian Ecological Academy

Seven basic empirical functions are presented that determine the energy characteristics of the observed greenhouse effect. In the proposed functions, the concentration of anthropogenic greenhouse gases in the atmosphere is used as a boundary condition and an independent variable. A balanced moderate scenario of energy decarbonization is suggested with accumulation of no more than 350 ppm-eq anthropogenic greenhouse gases in the atmosphere by 2100. At the current level of technological development, none of the possible decarbonization scenarios will stop the process of global warming until the end of the 22nd century.

Keywords: Anthropogenic greenhouse gases, greenhouse effect, decarbonization scenario, global warming, climate system.

Use of Technologies of Active Influence on Hydrometeorological Processes to Reduce the Level of Adverse Impacts of Hazardous Hydrometeorological Phenomena

V.Yu. Veryatin[1], Cand.Sc. (Geogr.), B.G. Danelyan[2], Cand.Sc. (Phys-Math), A.V. Osetrov[2]
[1]NRC «Planeta»
[2]Center for Cloud Physics and Active Impacts of the Federal State Budgetary Institution «CAO»

The article considers changes in the frequency of occurrence of dangerous hydrometeorological events. Conclusions are made about the economic efficiency of using hydrometeorological information. The work of Roshydromet and its contribution to minimizing social losses and damage to the economy from dangerous hydrometeorological events are considered. The tasks are defined and the types of work on active impacts on hydrometeorological processes are described. A conclusion is made about the efficiency of work on active impacts on hydrometeorological processes.

Keywords: dangerous hydrometeorological events, active impacts on hydrometeorological processes, anti-hail service, anti-avalanche service, precipitation regulation.

Dynamics of Changes in the Main Climate-Forming Factors on the Territory of the Moscow Region

S.S. Voronich[1], Can.Sc. (Technical), A.G. Khlopaev[2], D.A. Zajcev[2], D.R. Buzdakov[2], N.S. Voronich[2]
1GKU MO "Mosoblekomonitoring"
2FGBOU HE "Russian Biotechnological University"

The article is devoted to the study of the dynamics of changes in climate-forming factors in the territory of the Moscow region for the period 1960-2023. The study focuses on the analysis of the thermal regime, precipitation, radiation background and related environmental consequences. It was found that over the past 30 years, the average annual air temperature has increased by 1.5 °C. Precipitation has also shown an increasing trend, although its spatial and temporal variability remains high. The study of the radiation situation revealed stable levels of background radiation that comply with hygienic standards. Natural isotopes remain the main source of dose formation, while man-made sources make a negligible contribution. The analysis was based on data from 13 weather stations and 3 posts, as well as publications and archival materials. The results highlight the importance of monitoring climate change to predict its impact on ecosystems and to make decisions in the field of ecology and environmental management.

Keywords. Climate change, Moscow region, radiation regime, temperature, precipitation, wind regime.

Recreational Resources and Special Protected Natural Areas

Socio-Economic Issues of Development of Protected Areas Based on Promotion of Ecological and Other Types of Tourism

A.V. Shevchuk, Prof.-Dr.Sc. (Economics), SOPS VAVT of the Ministry of Economic Development of the Russian Federation

The article considers the issues of increasing the contribution of protected areas to socio-economic development based on tourism development. The relevance of the problem, the general state of tourism development in general, including in protected areas, are presented. Information is provided on the development of ecotourism in the CIS countries (Belarus and Kazakhstan), as well as in China. An analysis of the regulatory framework in the field of ecotourism is given, including the implementation of the national project "Ecology" and federal projects. The research based on the Smolenskoye Poozerye NP is described with the aim of developing a Methodology for assessing the contribution of protected areas to the socio-economic development of the region. Calculations are given using the example of the Smolenskoye Poozerye National Park, and recommendations are given for the further development of ecological tourism in the protected area.

Keywords: protected area, tourism, ecological tourism, CIS, PRC, national project, federal project, assessment methods, calculations.

Environmental Protection

Environmental Well-Being as a Factor of National Security and Civilizational Development in the Context of New Challenges

I.A. Sosunova, Prof.-Dr.Sc. (Sociol.), National Information Agency «Natural Resources» (NIA-Priroda)

This article is devoted to a topic that is significant in theoretical and practical terms, which is extremely relevant in the context of environmental risks of a planetary scale and the corresponding discursive reaction to them of various social institutions, the scientific community, political forces and the general public.

Keywords: environmental well-being, national security, civilizational development, new challenges, environmental behavior, ecophilia.

Assessment of Water Quality in the Uglich Reservoir

N.N. Klets[1], M.G. Petrova[1], A.V. Zdrok[1], V.Y. Zharikova[1,2], Cand. Sci (Agr.), D.V. Goryachev[1], M.Yu. Kudinov[1]
1Branch for Freshwater Fisheries of the Federal State Budgetary Scientific Institution "VNIRO" ("VNIIPRH")
2Dmitrovsky Fishery Technological Institute (branch) Astrakhan State Technical University (DRTI AGTU)
Russia, Moscow region, pos. Rybnoe,

The paper presents the results of water quality studies of the Uglich reservoir conducted in 2020-2023. Samples were taken annually at three points. During the filming, there was a vertical temperature stratification of the water column. The bottom layers were colder than the surface ones. During the summer observations, the under-saturation of the bottom layers of water with oxygen was revealed. The excess of the content of pollutants relative to the maximum permissible concentrations (MPC) for ammonium group substances and BPK5 at individual stations, common iron at all stations of the Uglich reservoir has been established. The water quality of the Uglich reservoir, according to the results of studies conducted in 2020-2023, corresponds to the 3rd class "moderately dirty".

Keywords: Uglich reservoir, MPC, water quality, hydrochemical index of water pollution.

Cartography

Hydrological Modeling of the Catchment Area of the Yachenka River Based on a Digital Surface Model in QGIS

M.V. Zakharova[1], Cand. Sc. (Geogr.), V.E. Ivanova[2]
[1]Kaluga State University named after K.E. Tsiolkovski
[2]Limited Liability Company Firm «Ekoanalitika»

Results of hydrological modeling of the drainage basin of the Yachenka River based on a digital surface model using QGIS tools are presented in this article. The FABDEM dataset was chosen as the DSM. Cartographic images of the geometric model of the hydrographic network and local catchment basins have been obtained. A thematic map of the hypsometric surfaces of local catchment basins has been created. Separate morphometric characteristics of the Yachenka River watershed were determined and compared with the characteristics obtained on topographic maps.

Keywords: hydrological modeling, catchment area, hydrographic network, digital surface model, morphometric characteristics.

AGRICULTURAL RESOURCES AND FOOD SECURITY

Food Security

Russia and Central Asian Countries: Some Natural Resource and Socio-Economic Aspects of Ensuring Food Security

D.M. Khomiakov, Can.Sc. (Biol.), Prof.-Dr.Sc. (Technical), Faculty of Soil Science, Lomonosov Moscow State University

The dynamics of population growth in Central Asian countries is analyzed. Higher rates are typical for Uzbekistan — over 2% per year. The forecast of trends shows that after the coming of 35-40 years in the period from 2026 to 2065, the population of the five Central Asian countries will reach 130 million people in total and exceed the population of Russia. In conditions of limited soil and land resources, lack of water resources, and growing aridization of the territory, it is possible to solve the issue of providing a growing population with high-quality food only with the steady work of the agricultural sector. Its stable development in the Central Asian region will be determined by natural and social factors. The successful experience of implementing the Agroexpress system will allow expanding the range of transported goods, including agricultural raw materials, agricultural machinery, mineral fertilizers, pesticides and other necessary materials used in agricultural production.

Keywords: central Asian countries, Uzbekistan, agriculture, agriculture, mineral fertilizers, agrochemicals, GDP, soil, fertility, food security.

Structure of Variability of Agricultural Yields in New Regions of the Russian Federation

V.N. Maslova, Cand. Sc. (Geogr.), E.N. Voskresenskaya, Dr.Sc. (Geogr.),
Institute of Natural and Technical Systems, Sevastopol

The analysis of the influence of changing weather and climatic factors on the temporary variability of agricultural productivity in the Azov-Black Sea region in the new regions of the Russian Federation was carried out using long-term yield data from test sites to which agrotechnologies were not applied. The interannual periodicity and the multidecadal change of the sign of anomalies are shown in the variability of the average monthly and annual yields. The revealed features are associated at the regional level with the temporal variability of

the characteristics of cyclones in the Black Sea, and at the global level with the temporal scales of natural interannual-multidecadal quasi-periodic processes in the ocean—atmosphere system.

Keywords: winter wheat, barley, corn, sunflower, productivity, Crimea, Kherson region, Zaporozhye region, Donetsk People's Republic, Luhansk People's Republic.

Soils

Cyclicity and Fluidity of Soil Formation

O.A. Makarov[1,2,3], Dr.Sc. (Biol.), D.R. Abdulkhanova[1]
[1]Faculty of Soil Science, Lomonosov Moscow State University
[2]Training and Experimental Soil Ecological Center of Moscow State University
[3]The MSU Eurasian Center for Food Security

It is shown that multi-level cycles of soil formation, which are determined by repeated changes in the amount of heat coming from the Sun to the Earth's surface, create conditions for a multi-stage evolution of the soil cover in a certain direction. However, in the soil, which has plasticity due to stresses and deformations arising under the influence of various "external" and "internal" forces, various processes of introduction and removal of soil material and pedoturbation processes occur, which determine the flow of soils. The indicated soil flow "interrupts" the cycles of soil formation, "rejuvenating" the soil and slowing down the overall evolution of the soil cover or "letting it go down an unpredictable path.

Keywords: cycles of soil formation, characteristic time, pedoturbation processes, soil erosion

Results and Main Problems in Agricultural Land of Cadastral Valuation

P.M. Sapozhnikov[1], Prof.-Dr.Sci (Agr.), N.G. Rybalsky[2], D.Sc. (Biol.)
[1]Faculty of Soil Science, Lomonosov Moscow State University
[2]The MSU Eurasian Center for Food Security

A retrospective analysis and stages of the development of the system of cadastral valuation of agricultural land are given. It is shown that the most important and significant problem in the cadastral valuation of agricultural land, which has not been solved for its entire 25-year period of existence, is the lack of modern large-scale cartographic maps of soils, necessary for the successful functioning of the country's land relations block and food security.

Keywords: cadastral valuation, agricultural land, methodology of cadastral valuation of agricultural land, need for soil survey.

Agroecology

Breeding of the Entomophage Egg-Eater *Trissolcus kozlovi* (*Hymenoptera: Scelionidae*) on a Non-Target Host — the Predatory bug *Podisus maculiventris* (*Heteroptera: Pentatomidae*)

A.V. Khodakova[1,2], I.V. Andreeva[1,2], Cand. Sc. (Agr.), E.I. Shatalova[1,2], Cand. Sc. (Biol.)
[1]Siberian Federal Scientific Center for Agrobiotechnology of the Russian Academy of Sciences
[2]Novosibirsk State Agrarian University

The article presents the results of experiments on the development of elements of laboratory breeding of the egg-eater Trissolcus kozlovi of the Siberian population. The terms of entomophage development depending on the temperature factor are established. The fecundity of females on the laboratory host, the predatory bug Podisus maculiventris, was determined to be on average 23.1±1.2 eggs. The ability of the entomophage to populate host bug eggs of different ages and eggs stored for up to 20 days at low positive temperatures (+8-9ºC) was revealed, which expands the possibilities of mass reproduction of the trissolcus. The ratio of the number of fertilized females of the oviparous bug to the number of host eggs (1:10) was selected, which is optimal for obtaining the maximum yield of imago of the next generation.

Keywords: entomophage, oviparous bugs, laboratory host, biological productivity, breeding method.

Agroecology

The Possibility of Using Sediments of Water Bodies for Soil Reclamation

G.Yu. Tolkachev, Cand. Sc. (Geogr.), B.I. Korzhenevskiy, Cand. Sc. (Geogr.), N.V. Kolomiytsev, Cand. Sc. (Geol.-Miner.)
A.N. Kostyakov Federal State Budgetary Scientific Research Center for Hydraulic Engineering and Land Reclamation

In recent decades, the geoecological problem that emerged with the onset of the industrial revolution has remained relevant: the release of industrial and economic activity products, and especially heavy metals, into water bodies. Water bodies of various hierarchical levels are local and regional erosion bases and collectors and repositories of heavy metals. Sediments are the main repositories of these pollutants; under certain natural and man-made conditions, they are sources of secondary pollution of the water column. One of the possible solutions to the problem associated with the removal of silt sediments from reservoirs and rivers is presented: redeposition of silts on the territory of agricultural lands for the reclamation of these objects. Theoretical estimates of the sites for possible removal of contaminated sediments, the permissible degree of their pollution with heavy metals and the characteristics of the soils within which redeposition of these sediments is possible, depending on the degree of pollution of the latter, are given.

Keywords: sediments, heavy metals, soils, water bodies, reclamation, maximum permissible concentrations.

Agroeconomics

Development Problems and Prospects of the North-South International Transport Corridor

S.V. Lamanov[1], M.R. Li[2], Can.Sc. (Economics),
R.A. Romashkin[1], Can.Sc. (Economics), T.V. Surganova[1], Can.Sc. (Philology)
[1]Eurasian Center for Food Security under Moscow State "Lomonosov" University
[2] Tashkent State University of Economics

This article examines the situation with cargo traffic along the North-South ITC routes in the period 2021-2024 and assesses forecasts and projects for the development of this transport corridor for the medium term. An analysis is being carried out of the reasons why the initial optimistic forecasts for the development of ITC did not come true. In addition, new investment projects are being considered, designed to form an alternative to earlier solutions and proposals, the implementation of which has been delayed. New projects promise to increase the competitiveness of the delivery of export and import goods along the ITC routes, but at the same time, in our opinion, they do not fully take into account the problems and challenges faced by the countries that initiate the creation of the ITC.

Keywords: international transport corridor, stakeholders, transport route, cargo traffic, cargo base, transit, cargo transshipment, investment project, development forecasts.