ИКИ РАН · МОСКВА · 9–13 НОЯБРЯ 2026

Место дистанционного зондирования Земли в нормативном регулировании выбросов метана и климатических рисков в Российской Федерации

Никитин О.В., Кузьмин Р.С.

ООО «Экоаудит», г. Москва · olnova@mail.ru

О чём доклад

03 Спутниковые оценки метана: от региона до источника

04 Наши работы по метану в Приволжском федеральном округе

05 Каскад «от района до площадки»

06 Метод: 112 документов, три статуса нормы

07 Карта: где ДЗЗ находится в регулировании

08 Стратегическое планирование

09 Два статуса метана: парниковый газ и загрязняющее вещество

10 Где ДЗЗ нужно уже сейчас; правовой режим данных

11 Климатические проекты и климатические риски

12 Условие применения — оценка неопределённости

13 Выводы

14 Литература

112

документов, из них 78 НПА,
17 национальных стандартов,
9 материалов Банка России.

СТАТУС ДЗЗ В КАЖДОЙ НОРМЕ

ПРЯМО КОСВЕННО НЕ ПРЕДУСМОТРЕН

ГЛАВНЫЙ ВЫВОД

ДЗЗ пока вспомогательный инструмент;
основной нормативный спрос —
мониторинг климатических проектов с 01.03.2027.

Спутники уже измеряют метан — от региона до точечного источника

Спутниковые наблюдения стали самостоятельным инструментом количественной оценки выбросов и независимой проверки национальных кадастров.

РЕГИОНАЛЬНОЕ И ГЛОБАЛЬНОЕ КАРТИРОВАНИЕ

GOSAT, TROPOMI (Sentinel-5P)

Выбросы регионов и бассейнов, проверка кадастров «сверху вниз».

пиксель TROPOMI ≈ 7 × 5,5 км

ТОЧЕЧНЫЕ ИСТОЧНИКИ

GHGSat, PRISMA, EnMAP

Целевая и гиперспектральная съёмка: шлейфы отдельных объектов.

пиксель 25–50 м (GHGSat), 30 м (PRISMA, EnMAP)

МНОГОСПЕКТРАЛЬНЫЕ СНИМКИ

Sentinel-2, Landsat

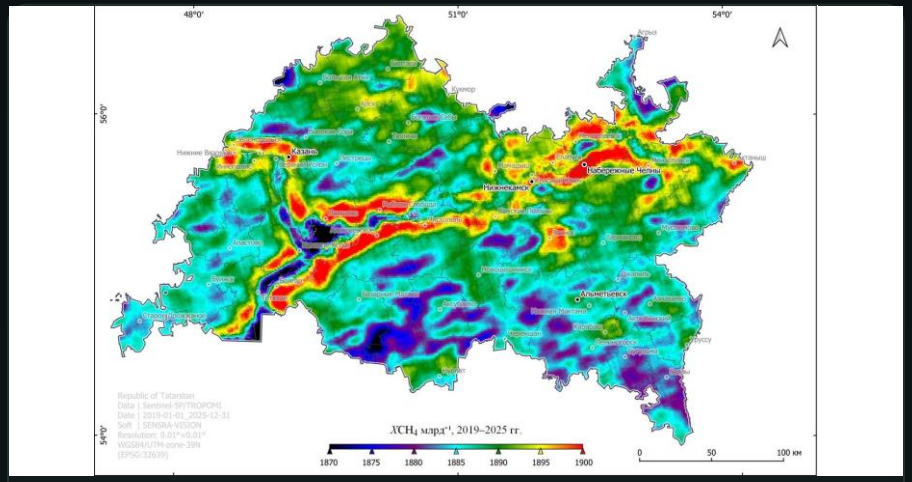
Открытые данные с регулярной съёмкой: крупные шлейфы.

пиксель 20 м (Sentinel-2, SWIR), 30 м (Landsat)

Вопрос работы: в каких сферах российского регулирования такие оценки могут быть использованы и на каких условиях?

Jacob et al., 2022; Liu et al., 2026

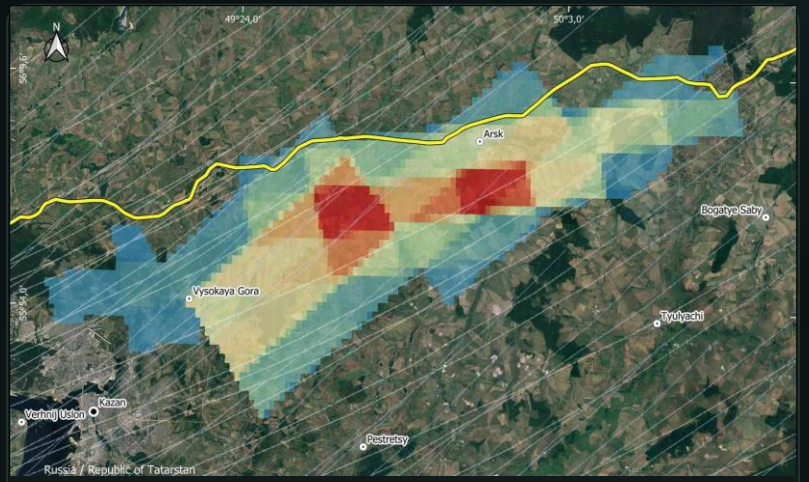
Наши работы по метану в ПФО



SENTINEL-5P / TROPOMI

Метан над Республикой Татарстан, регионами ПФО 2019–2025

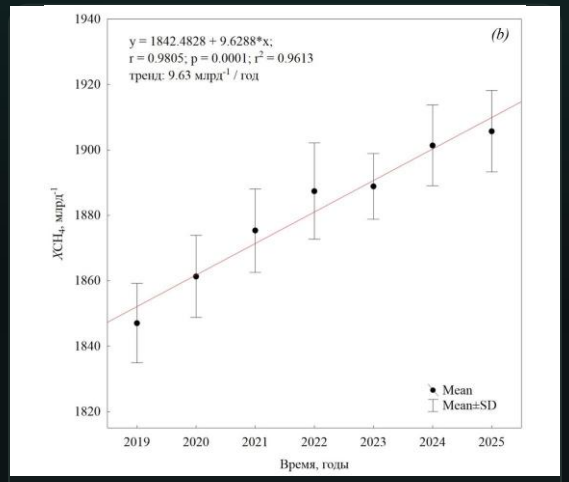
Nikitin et al., 2024a; Никитин и др., 2026б



АВАРИЯ · 04.06.2021

Аномалия до 2084 ppb у газопровода «Уренгой — Центр-1»

Nikitin et al., 2024a · линии — траектории ветра ERA5



TROPOMI · 2019–2025

+9,6 ppb/год рост концентрации по среднегодовым значениям

Никитин и др., 2026б

ВОДОХРАНИЛИЩЕ И РЕГИОНЫ

Метан над Куйбышевским водохранилищем и пятью регионами ПФО с учётом землепользования.

Nikitin et al., 2024b

НАЗЕМНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ

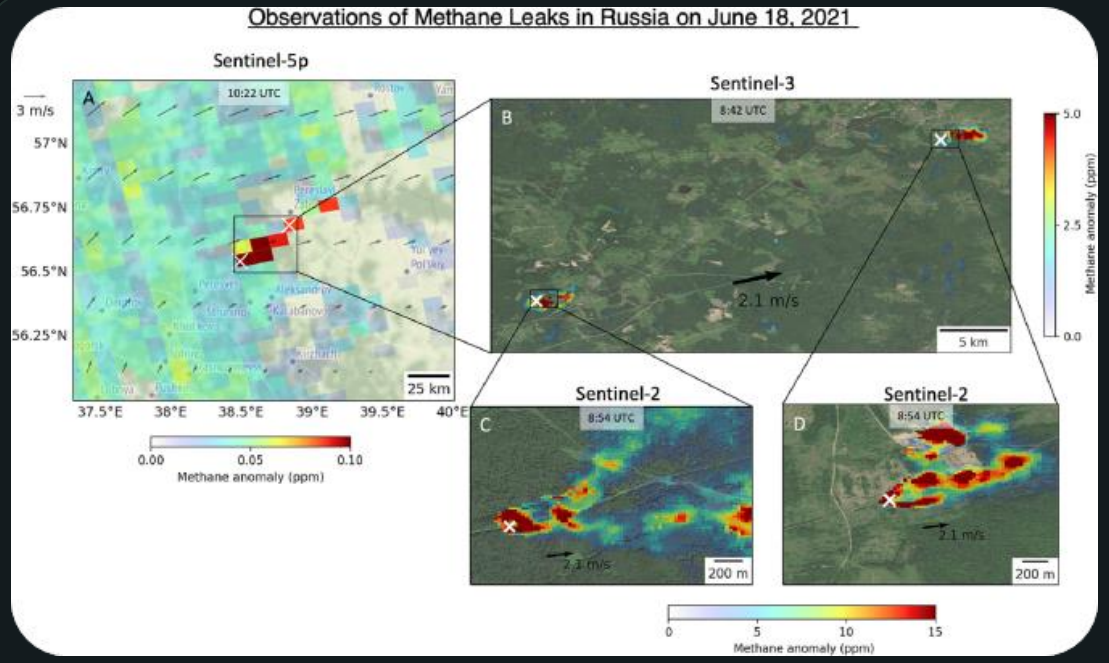
Потоки метана: турбулентные пульсации и плавучие камеры; мониторинг АБС.

Никитин и др., 2026в; Nikitin et al., 2025; Nikitin et al., 2026

Спутник — независимая проверка расчётных оценок «сверху вниз». Следующий шаг — понять, **где такие оценки признаёт регулирование**.

ПФО — Приволжский федеральный округ · АБС — автономная буйковая станция · рисунки — из публикаций авторов; список литературы — слайд 14

Каскад «от района до площадки»: спутник находит не только регион, но и объект



УТЕЧКИ МЕТАНА В РОССИИ · 18.06.2021

Две утечки на газопроводе в 30 км друг от друга: в Sentinel-5P — один шлейф, Sentinel-3 и Sentinel-2 разделяют источники

01 · РАЙОН

Sentinel-5P / TROPOMI

Ежедневный глобальный обзор, пиксель ≈ 7 × 5,5 км: где искать.

02 · ПЛОЩАДКА

Sentinel-3 → Sentinel-2

Пиксель 500 м (ежедневно) сужает поиск, 20 м показывает шлейф и место источника.

03 · НАШ ВКЛАД

Генератор синтетических данных

Шлейфы, внедрённые в реальные снимки Sentinel-2 ПФО, — обучение нейросетевых детекторов без ручной разметки.

Никитин и др., 2026а

Связь с регулированием: каскад переводит региональную аномалию в конкретную площадку — уровень, на котором работают инвентаризация неорганизованных источников и производственный экологический контроль.

Рисунок: Pandey S. et al. // Remote Sensing of Environment. 2023. V. 296. Article 113716. DOI: 10.1016/j.rse.2023.113716

112 документов — и для каждой нормы один из трёх статусов

ЧТО РАЗОБРАНО · РЕДАКЦИИ НА 11.10.2026



78 НПА **17** национальных стандартов **9** материалов Банка России **8** иных

ИЗ 78 НПА:

16	законов и кодексов	**11**	указов Президента
19	постановлений Правительства	**12**	распоряжений Правительства
14	приказов министерств	**3**	санитарных правил (СанПиН)
2	акта Республики Татарстан	**1**	международный договор — Парижское соглашение

Иные — концепция сети карбоновых полигонов, проект стратегии, нацпроекты, международные документы.

ПРЯМО

Метод ДЗЗ назван в тексте

Норма прямо упоминает дистанционное зондирование, спутниковую или авиационную съёмку.

КОСВЕННО

Допускается, но не назван

Задача нормы решается и с помощью ДЗЗ: инвентаризация, сценарный анализ, планы адаптации.

НЕ ПРЕДУСМОТРЕН

Нет места для ДЗЗ

Норма опирается на иные методы, например на расчётные.

Статус ДЗЗ присвоен авторами · в правовых работах роль ДЗЗ не обсуждается (Кичигин, Хлуденева, 2022 и др.)

Карта: где ДЗЗ находится в регулировании

СФЕРА	ДОКУМЕНТ И ЧТО В НЁМ	ДЗЗ
Стратегическое планирование	Климатическая доктрина (указ № 812); критические технологии (№ 529)	ПРЯМО
Низкоуглеродное развитие до 2050 г.	№ 3052-р — снижение фугитивных выбросов	КОСВЕННО
Отчётность о выбросах ПГ	296-ФЗ; приказ № 371: расчёт без утечек и аварий; ДЗЗ — только поглощения	НЕТ
Метан как загрязняющее вещество	№ 2909-р; приказ № 871 — инвентаризация неорганизованных источников	КОСВЕННО
Производственный экомониторинг	ГОСТ Р 56059-2014 — дистанционные наблюдения	ПРЯМО
Лесное законодательство	Пожарная опасность, лесопатологический мониторинг, инвентаризация лесов	ПРЯМО
Космическое право и госконтроль	Закон № 5663-1, ст. 31 — данные государственных КА; 248-ФЗ	ПРЯМО
Климатические проекты	ПП № 1121 (с 01.03.2027); ГОСТ Р 72555-2026 — спутниковая съёмка	ПРЯМО
ЕНС мониторинга КАВ	№ 3240-р — развитие дистанционных методов	ПРЯМО
Финансовые организации	Банк России, ИН-018-35/60 — сценарный анализ физических рисков	КОСВЕННО
Региональные планы адаптации	№ 1538-р — рекомендовано утвердить до 15.01.2028	КОСВЕННО

Реквизиты документов — на слайдах 08–12 · ПГ — парниковые газы; КАВ — климатически активные вещества

На уровне стратегий ДЗЗ названо прямо

КЛИМАТИЧЕСКАЯ ДОКТРИНА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Обеспечение государства наблюдаемыми и расчётными данными, полученными в том числе путём ДЗЗ, для объективной оценки антропогенных и природных выбросов парниковых газов.

указ Президента РФ от 26.10.2023 № 812, п. 59 (изложение)

КРИТИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

Мониторинг и прогнозирование состояния окружающей среды и изменения климата.

указ Президента РФ от 18.06.2024 № 529

СТРАТЕГИЯ ДО 2050 ГОДА

В мерах целевого сценария — снижение фугитивных выбросов при технологических процессах и транспортировке ископаемого топлива.

распоряжение Правительства РФ от 29.10.2021 № 3052-р

Рамка экологического и климатического регулирования задаётся документами стратегического планирования — и в них спутниковые данные уже названы источником для оценки выбросов.

У метана два статуса — и у ДЗЗ два разных места

ПАРНИКОВЫЙ ГАЗ

Обязательная отчётность — расчётная

- 296-ФЗ «Об ограничении выбросов парниковых газов»;
- методические указания (приказ Минприроды № 371) не включают утечки из оборудования и аварийные выбросы;
- данные дистанционного мониторинга — только при оценке поглощений;
- разрешений и нормативов для метана как парникового газа нет.



ЗАГРЯЗНЯЮЩЕЕ ВЕЩЕСТВО

Инвентаризация и нормирование

- в перечне загрязняющих веществ (распоряжение № 2909-р);
- утечки — неорганизованные источники, подлежат инвентаризации (приказ № 871);
- сверх установленных объёмов — плата с повышающими коэффициентами;
- для атмосферного воздуха — ОБУВ (СанПиН 1.2.3685-21).

Спутниковое обнаружение крупных шлейфов метана — **основание для проверки и корректировки инвентаризации**, но не замена производственному экологическому контролю.

Где ДЗЗ нужно уже сейчас:
там, где наземная сеть дорога или разрежена

ФОН И СВОДНЫЕ РАСЧЁТЫ

Репрезентативность постов

Оценка пространственной репрезентативности постов, по которым определяют фоновые концентрации и выполняют сводные расчёты загрязнения воздуха городов.

ОБЪЕКТЫ I КАТЕГОРИИ

Оперативный контроль

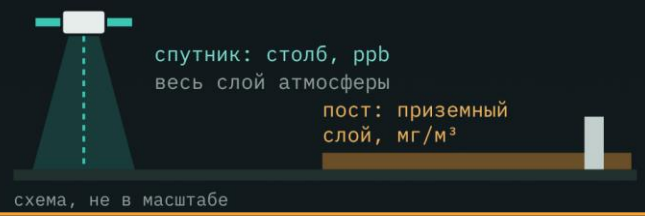
В дополнение к системам автоматического контроля выбросов.

ст. 67 федерального закона № 7-ФЗ

ОГРАНИЧЕНИЕ

Столб, а не приземный слой

Спутник видит газ во всём столбе атмосферы; для сравнения с гигиеническими нормативами нужны наземные измерения.



Данные государственных КА допускается использовать при наблюдении за соблюдением обязательных требований.
закон РФ от 20.08.1993 № 5663-1, ст. 31; 248-ФЗ

Данные зарубежных КА и российских КА гражданского назначения не относятся к государственной тайне и используются публично.
постановление Правительства РФ от 17.12.2014 № 1390

КА — космические аппараты · вне климатической сферы ДЗЗ закреплено также в лесном законодательстве

Наиболее определённо роль ДЗЗ закреплена для климатических проектов

29.10.2022

Паспорт ЕНС мониторинга КАВ

Развитие дистанционных методов, в том числе для верификации расчётных данных национального кадастра.

распоряжение № 3240-р

04.12.2023

Банк России

Рекомендует финансовым организациям сценарный анализ физических климатических рисков; упоминает модель ИВМ РАН INM-CM5.

ИН-018-35/60

2026

ГОСТ Р 72555-2026

Спутниковая и авиационная съёмка — метод мониторинга сохранности; оценка природных рисков с учётом климатических сценариев.

01.03.2027

ПП № 1121 вступает в силу

Многолетний мониторинг сохранности результатов климатических проектов.

от 01.09.2026

01.03.2027

вступает в силу ПП № 1121 о мониторинге сохранности

Мониторинг сохранности длится годами и охватывает большие площади — именно здесь формируется **основной нормативный спрос** на спутниковые данные.

Нормы требуют оценки неопределённости, а не метрик точности модели

01
Спутниковая оценка
Прослеживаемость данных: исходный продукт, версия, обработка.
ГОСТ Р ИСО 14064

02
Калибровка по наземным данным
Данные карбоновых полигонов — основа калибровки, верификации и оценки неопределённости ДЗЗ.
Гулев и др., 2026

03
Метод Монте-Карло
Распространение неопределённости на основе бутстрап-оценок для нелинейных моделей.
ГОСТ 34100.3.1; Никитин и др., 2026г

04
Интервал при P = 0,95
Сравнение с допустимой неопределённостью для климатических проектов.
ГОСТ 34100.3

≤ 15 %

при доверительной вероятности 0,95 — ГОСТ Р 72555-2026

Средняя абсолютная процентная ошибка и другие метрики машинного обучения этого требования **не заменяют**. Протокол Монте-Карло даёт нормативно значимый интервал — при условии учёта всех составляющих неопределённости.

ДЗЗ пока вспомогательный инструмент — но спрос уже определён

СЕЙЧАС

Вспомогательная функция

Независимая проверка расчётных данных и раннее выявление неучтённых источников.

ОСНОВНОЙ СПРОС

Климатические проекты

Многолетний мониторинг сохранности с 01.03.2027 (ПП № 1121, ГОСТ Р 72555-2026).

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ СПРОС

Региональные планы адаптации

Рекомендовано утвердить до 15.01.2028 (№ 1538-р); концепция сети карбоновых полигонов предусматривает их наземные данные.

ПЕРСПЕКТИВА

Добровольный мониторинг

Дистанционные наблюдения в производственном экологическом мониторинге (ГОСТ Р 56059-2014).

ЧТО ДАЁТ РЕГУЛЯРНЫЙ СПУТНИКОВЫЙ СКРИНИНГ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАТЕЛЮ

Быстрее выявлять аварийные и неучтённые выбросы.

Снижать риски платы за сверхнормативное воздействие, штрафов и потерь товарного газа.

Подкреплять фактическими данными отчётность об устойчивом развитии (приказ Минэкономразвития России № 764).

А.А. Соловьянов (2025) о предпосылках Стратегии экологической безопасности (2013 г.): «отсутствует адекватное понимание процессов, происходящих в окружающей среде…».

1. *Гулев С.К., Дурманов Н.Д., Ольчев А.В., Криницкий М.В., Терещенков В.П.* Концепция развития сети карбоновых полигонов Российской Федерации на 2026–2030 годы. М.: Минобрнауки России; ИО РАН, 2026. 63 с.
2. *Кичигин Н.В., Хлуденева Н.И.* Правовые механизмы углеродного регулирования в Российской Федерации // Экологическое право. 2022. № 3. С. 10–16. DOI: 10.18572/1812-3775-2022-3-10-16.
3. *Матвеева Е.В., Новикова Е.В., Пономарев М.В.* Изменение климата: правовое регулирование в Российской Федерации // Экологическое право. 2022. № 3. С. 22–28. DOI: 10.18572/1812-3775-2022-3-22-28.
4. *Никитин О.В., Кузьмин Р.С., Кузьмин М.Р. (2026а)* Генерация мультиспектральных синтетических данных: повышение эффективности обучения нейросетевых моделей детекции точечных источников эмиссии метана // Международный форум KAZAN DIGITAL WEEK – 2026: сб. материалов. Казань: Научный центр безопасности жизнедеятельности АН РТ, 2026. Т. 1. С. 660–668.
5. *Никитин О.В., Степанова Н.Ю., Кузьмин Р.С., Латыпова В.З.* (2026б) Содержание метана в атмосфере Республики Татарстан по данным спутникового мониторинга: глобальные тренды и региональные особенности // Российский журнал прикладной экологии. 2026. № 1. С. 21–35. DOI: 10.24852/2411-7374.2026.1.21.35.
6. *Никитин О.В., Степанова Н.Ю., Новикова Л.В.* и др. (2026в) Эмиссия метана в мелководной зоне Куйбышевского водохранилища: исследование методом плавучих камер // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2026. № 1. С. 76–93. DOI: 10.35567/1999-4508-2026-1-76-93.
7. *Никитин О.В., Степанова Н.Ю., Кузьмин Р.С., Латыпова В.З.* (2026г) Модель оценки хлорофилла *a* для крупного равнинного водохранилища по данным Sentinel-2: калибровка и оценка неопределённости // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2026 (в печати).
8. *Соловьянов А.А.* О Стратегии экологической безопасности Российской Федерации // Промышленные процессы и технологии. 2025. Т. 5. № 3(17). С. 23–46. DOI: 10.37816/2713-0789-2025-5-3(17)-23-46.
9. *Шпаковский Ю.Г., Жаворонкова Н.Г.* Экологическая безопасность устойчивого развития: стратегия и механизмы реализации // Актуальные проблемы российского права. 2024. Т. 19. № 7. С. 174–187. DOI: 10.17803/1994-1471.2024.164.7.174-187.
10. *Jacob D.J., Varon D.J., Cusworth D.H.* et al. Quantifying methane emissions from the global scale down to point sources using satellite observations of atmospheric methane // Atmospheric Chemistry and Physics. 2022. V. 22. No. 14. P. 9617–9646. DOI: 10.5194/acp-22-9617-2022.
11. *Liu R., Li S., Zhang G.* et al. Recent advances in TROPOMI-based methane source detection: a systematic review // GIScience & Remote Sensing. 2026. V. 63. No. 1. Article 2650822. DOI: 10.1080/15481603.2026.2650822.
12. *Nikitin O., Stepanova N., Kuzmin R.* et al. (2024a) Estimation of atmospheric methane levels over the Republic of Tatarstan (Russia) territory in 2019–2023 using satellite remote sensing data: effects of anthropogenic and climate drivers // E3S Web of Conferences. 2024. V. 498. Article 02008. DOI: 10.1051/e3sconf/202449802008.
13. *Nikitin O., Stepanova N., Gubeeva S.* et al. (2024b) Assessment of methane levels throughout a temperate reservoir area using remote sensing data // E3S Web of Conferences. 2024. V. 555. Article 01009. DOI: 10.1051/e3sconf/202455501009.
14. *Nikitin O.V., Stepanova N.Yu., Aukhadeev T.R., Latypova V.Z.* Greenhouse gas fluxes (CH_4, CO_2) from the Kuibyshev Reservoir: an eddy covariance study // Limnology and Freshwater Biology. 2025. No. 4. P. 995–1012. DOI: 10.31951/2658-3518-2025-A-4-995.
15. *Nikitin O.V., Kuzmin R.S., Potapov K.O.* et al. Autonomous buoy station at a carbon measurement supersite: integrated monitoring of the freshwater ecosystem and greenhouse gas fluxes // Limnology and Freshwater Biology. 2026. No. 5. P. 711–741. DOI: 10.31951/2658-3518-2026-A-5-711