



DOI: <https://doi.org/10.23859/estr-241204>

EDN: <https://elibrary.ru/kyqntt>

УДК 556.555.6:504.4.054

Научный обзор

Структура дна Рыбинского водохранилища и его трансформация

В.В. Законнов , С.А. Поддубный , А.В. Законнова* 

Институт биологии внутренних вод им.И.Д. Папанина РАН, 152742, Россия, Ярославская обл., Некоузский р-н, пос. Борок, д. 109

*zak@ibiw.ru

Аннотация. В работе выполнен анализ базы данных комплексных и специальных исследований Рыбинского водохранилища с момента заполнения по 2022 год. На основе гидрологических съемок водохранилища через 10–15 лет после его создания с использованием морфометрических характеристик и ГИС-технологий, была создана современная карта площадей грунтового комплекса (нижнего яруса экосистемы). Информация об этом уникальном водохранилище, в котором проявляются сложные внешние и внутриводоемные процессы, поможет раскрыть особенности синэкологической кооперативности функционирования экосистемы при взаимодействии абиотических и биотических факторов в сопряженных средах.

Ключевые слова: мониторинг, водные массы, донные отложения, гидродинамика, трансформация нижнего яруса, экосистема Рыбинского водохранилища

Финансирование. Работа выполнена в рамках Государственного задания Министерства высшего образования и науки РФ (гос. тема № 124032100076-2).

ORCID:

В.В. Законнов, <https://orcid.org/0000-0003-1621-6108>

С.А. Поддубный, <https://orcid.org/0000-0002-5793-3755>

А.В. Законнова, <https://orcid.org/0000-0002-1508-1224>

Для цитирования: Законнов, В.В. и др., 2026. Структура дна Рыбинского водохранилища и его трансформация. *Трансформация экосистем* 9 (1), 184–194. <https://doi.org/10.23859/estr-241204>

Поступила в редакцию: 04.12.2024

Принята к печати: 07.02.2025

Опубликована онлайн: 06.03.2026

DOI: <https://doi.org/10.23859/estr-241204>

EDN: <https://elibrary.ru/kyqntt>

UDC 556.555.6:504.4.054

Review

Structure of the Rybinsk Reservoir bottom and its transformation

V.V. Zakonnov , S.A. Poddubny , A.V. Zakonnova* 

Papanin Institute of Biology for Inland Waters, Russian Academy of Sciences, Borok 109, Nekouz District, Yaroslavl Oblast, 152742 Russia

*zak@ibiw.ru

Abstract. The analysis of a database on comprehensive and specialized studies of the Rybinsk Reservoir for the period from its filling to 2022 is presented. Hydrological surveys of the reservoir in 10–15 years after its construction served the basis for a modern map of the soil complex of the ecosystem's bottom layer. The map was created with the use of morphometric characteristics and GIS-technologies. The data on this unique reservoir, distinguished by its complex external and internal processes, will help unveil the specifics of synecological cooperativity in functioning the ecosystem under interaction of abiotic/biotic factors in the conjugated environments.

Keywords: monitoring, water masses, bottom sediments, hydrodynamics, transformation of bottom layer, Rybinsk Reservoir ecosystem

Funding. This work was performed within the framework of the State Assignment of the Ministry of Higher Education and Science of the Russian Federation (No. 124032100076-2).

ORCID:

V.V. Zakonnov, <https://orcid.org/0000-0003-1621-6108>

S.A. Poddubny, <https://orcid.org/0000-0002-5793-3755>

A.V. Zakonnova, <https://orcid.org/0000-0002-1508-1224>

To cite this article: Zakonnov, V.V. et al., 2026. Structure of the Rybinsk Reservoir bottom and its transformation. *Ecosystem Transformation* 9 (1), 184–194. <https://doi.org/10.23859/estr-241204>

Received: 04.12.2024

Accepted: 07.02.2025

Published online: 06.03.2026

«Чего нет сегодня, будет завтра;
наука хранит в себе много направлений
и ею же самую еще непознанной силы...»
В.В. Вересаев (с. 218)¹

Введение

Наиболее изученное водохранилище Волжского каскада – Рыбинское, по которому имеется около 5 тыс. публикаций широкого спектра исследований. С каждым годом открываются новые направления, раскрывающие возможности науки по реализации материалов мониторинга водной среды и ее обитателей в сочетании с геоцифровизацией процессов, раскрывающих многообразие сторон функционирования пресноводной экосистемы.

Впервые сведения по абиотическим и биотическим параметрам водохранилища были обобщены в коллективном сборнике под редакцией А.Г. Поддубного (Экологическое районирование..., 1990). Несмотря на актуальность, это направление не получило дальнейшего развития.

Спустя 20 лет была сделана попытка вернуться к этой тематике по инициативе А.П. Левича (Бикбулатов и др., 2011, 2014) с учетом экологических норм поиска сопряженностей между биотическими и абиотическими характеристиками экосистемы в случаях, когда стандартные инструменты анализа неприемлемы. Эта работа содержит данные по биологическим и физико-химическим параметрам, полученные в ходе пяти экспедиций по Рыбинскому водохранилищу летом 2010–2011 гг. Исследование состояло в сборе материалов по изучению биоиндикационных возможностей показателей флуоресценции в сравнении с другими характеристиками планктона, а также с физико-химическими показателями качества воды. К сожалению, нижний ярус экосистемы не был представлен, из-за чего комплексный анализ состояния водного объекта неполон.

Наконец, фундаментальная монография под редакцией В.И. Лазаревой подробно описывает изменения в верхнем и нижнем ярусах, включая, гидрологический режим, химический состав воды, донные отложения, генетическую классификацию грунтов, фитопланктон, первичную продукцию, микробное сообщество, зоопланктон и ихтиофауну (Структура и функционирование..., 2018).

Многолетние сведения о водохранилище, где проявляются сложные гидродинамические и биохимические процессы, помогут раскрыть особенности синэкологической кооперативности двух или нескольких факторов в сопряженных средах по самоподдержанию стабильности водной экосистемы (Остроумов, 2005).

Цель настоящей статьи – рекомендовать количественную базу характеристик седиментации для решения проблем функционирования экосистемы Рыбинского водохранилища с учетом триадного подхода вода – донные отложения – биота.

Материал и методы

Рыбинское водохранилище, заполненное до 101.81 м Балтийской системы с 1941 по 1947 гг., стало полигоном мониторинговых гидрологических и биолого-химических (геоэкологических) исследований. Данная статья обобщает материалы нескольких опубликованных работ (Буторин и др., 1975; Законнов, 2007; Законнов и Поддубный, 2002; Законнов и др., 2015; Zakonnov et al., 2019).

С момента создания водохранилища на нем проводятся ежегодно 6–10 рейсов, в том числе зимних, на стандартных станциях: 1 – Коприно, 2 – Молога, 3 – Средний Двор, 4 – Наволок, 5 – Измайлово, 6 – Брейтово, а с 2010 г. по расширенной сетке наблюдений во всех четырех плесах: I – Волжском, II – Моложском, III – Шекснинском, IV – Главном (до 40 станций) с постоянными координатами (Структура..., 2018).

Методическая часть приводится в вышеперечисленных работах, в статье Р.Р. Хасанова и др. (2012), а наиболее подробно в монографии «Географические методы изучения экосистем внутренних водоемов» под редакцией С.А. Поддубного (2024).

Обработка данных проведена с применением программ MS Excel 2010, Statistica 10.

Грунтовые станции были привязаны к судовой обстановке и береговым ориентирам, покрывающая равномерно ложе водоема, но не менее 20 на выделенные интервалы глубин: 0–4, 4–6, 6–8, 8–10, 10–14 и > 14 м.

Гидроморфометрические характеристики водохранилища (Бакулин, 1968) определены по крупномасштабной карте, составленной Волгостроем, и являются основой для расчетов площа-

¹ Вересаев, В.В., 2021. Неизвестные записки врача. АСТ, Москва, Россия, 350 с.

дей всех типов донных отложений (ДО), темпов осадконакопления, пространственно-временной динамики структуры дна как в целом по водоему, плесам, так и по всем 20 участкам в зависимости от батиметрии (Законнов, 2007).

Опубликованные карты грунтового комплекса выполнены с высокой степенью генерализации и фактически являются картами-схемами (Законнов, 2007). С появлением новых технологий, апробированных по Волжско-Камскому расширению Куйбышевского водохранилища, удалось максимально приблизить реальное распределение типов наносов с ошибкой менее 5% от топографической основы (Хасанов и др., 2012).

Расчеты, проведенные независимыми методами с помощью цифровой модели рельефа дна на Угличском, Горьковском и Волгоградском водохранилищах (Землянов и др., 2011) показали близкие результаты. Прогноз к 100-летию водохранилища (2041 г.) сделан на основании тенденции реального распределения площадей, объемов и масс различных типов грунтов и ДО в ряду многолетних исследований с учетом линейного коэффициента детерминации.

Результаты, обсуждение, реализация

В количественной геоэкологии важны не столько значения измеряемых показателей, сколько их динамика, связанная с природными и антропогенными факторами. В системе река – водохранилище нижние бьефы плотин или верхние районы с переменным подпором, соответствующие речным условиям (скорость течения > 1 м/с), зарегулированы режимом работы гидросооружений, средние и нижние (приплотинные) – озеровидные, со специфическими динамическими процессами, становятся “ловушками” тонкодисперсных наносов. Каждый из 20 выделенных участков Рыбинского водохранилища является частью этой системы, в которой выделяются те же зоны (мелководья или литораль до 4 м, сублитораль от 4 до 10 м и профундаль > 10 м) и происходят те же процессы, что и в целом по водохранилищу (Законнов, 2007).

Главные осадкообразующие источники водохранилища представлены в Табл. 1.

По оценке И.А. Лифанова (1946), при заполнении водохранилища под воду ушло 56.2% лесов и кустарников (в их числе около 18% болот), 40.3% сельскохозяйственных угодий, 3.5% селитебных территорий, многочисленные долины рек и пойменные озера Молого-Шекснинской низины. В период затопления ложа (7 лет) произошло разбухание почв, которое привело к размыву, всплыванию и переносу торфяных островов и взвесей ветро-волновыми и стоковыми течениями. В это время заложились и сформировались ареалы основных типов грунтов и ДО.

По результатам гидрологических съемок, через 10–15 лет после создания водохранилища наблюдалось разнонаправленное изменение структурных площадей ложа в новых аквальных условиях (Табл. 2).

Анализ сложившейся ситуации показал следующее:

- при $R^2 > 0.60$ (0.75–0.89) отмечен тренд увеличения площадей песка, в том числе с галькой, новообразования болотных почв и отложений отмерших макрофитов, а также уменьшение площадей заболачивающихся почв, переход их в категорию луговых и болотных, сокращение акватории и ареалов торфянистого ила;
- при R^2 близком к 0.50 (0.45–0.60) происходила стабилизация площадей обнаженных (размытых) почв и пород, песка с торфяной крошкой, глинистых и торфогенных илов;
- при $R^2 < 0.40$ (0.21–0.40) наблюдалась неопределенность в распределении площадей затопленных болот, а также реликтовых прибрежных и находящихся в зоне переменного уровня, и всплывших торфяных сплавин в зависимости от гидрометеорологических факторов. Например, торфяные залежи заносятся или замываются наносами, препятствующие всплыванию, а сплавины в разной степени размываются волнами.

В дальнейшем преобразование ложа постепенно переходит в стабилизационную фазу. Прогнозы на 2010 и 2022 гг. практически подтвердились. Однако по конкретным грунтам имеются различия, которые определяются природными и антропогенными факторами в зависимости от водности лет, уровня режима, регулирования стока в каскаде, гидрологических (экологических) рисков (Законнов и Литвинов, 2015). Прямым подтверждением этого служат водно-балансовые характеристики и значения уровня в вегетационный период между грунтовыми съемками (Табл. 3).

Систематический недобор уровня до НПУ (101.81 м) на 1–2 м, максимально на 2.9 м, создает условия для уменьшения площади водохранилища до 3600 км² и потери объема воды от 4.3 до 8.04 км³ (Бакулин, 1978). В связи с этим в мелководной зоне происходят активные динамические процессы, приводящие к разрушению берегов, созданию кос, побочной, береговых валов, вырав-

Табл. 1. Трансформация балансовых характеристик взвешенных наносов Рыбинского водохранилища, %.

Период (годы)	Приход			Расход	
	абразионная деятельность	речные наносы	продукция гидробионтов	осадконакопление	сброс через гидросооружение
1947–1992	87	10	3	95	5
1993–2022	84	13	3	94	6
2023–2041	82	15	3	92	8

Табл. 2. Пространственно-временная трансформация площадей грунтового комплекса Рыбинского водохранилища, %. * – прогнозируемые данные к 100-летию водохранилища; R² – линейный коэффициент детерминации.

Почвы, грунты, донные отложения	Годы грунтовых съемок							
	1955	1965	1978	1994	2010	2022	2041*	R ²
Площадь водохранилища, км ²	4550	4550	4550	4550	4480	4480	4460	
Почвы болотные	0.2	0.7	0.9	1.3	2.1	1.6	2.0	0.86
Грунты трансформированные								
Заболачивающиеся	7.0	5.6	4.9	4.8	5.0	2.0	2.0	0.85
Обнаженные (размытые)	47.7	9.4	10.3	12.0	9.3	8.1	8.0	0.46
Затопленный торф и торфяные сплавины	2.3	2.0	2.8	3.5	2.7	2.2	2.0	0.21
Песчаные наносы								
Песок с галькой	0.3	0.4	0.5	1.8	2.0	2.0	2.0	0.81
Песок с торфяной крошкой	3.0	2.0	5.0	6.1	5.5	5.0	5.0	0.44
Песок	12.4	24.1	30.5	33.2	34.1	35.9	37.5	0.75
Илистый песок	4.3	10.5	6.0	14.9	11.7	14.9	11.0	0.38
Илистые отложения								
Песчанистый	5.7	29.5	7.5	4.3	7.0	3.7	4.5	0.23
Глинистый (серый)	2.7	5.5	22.4	12.2	13.8	18.2	20.0	0.48
Торфогенный	1.8	2.2	2.0	1.5	1.4	1.4	1.5	0.58
Торфянистый	12.6	8.0	7.1	5.9	5.1	4.5	4.0	0.77
Отложения из макрофитов								
	0.0	0.1	0.1	0.1	0.3	0.5	0.5	0.89

Табл. 3. Водный баланс, км³ и уровень Рыбинского водохранилища, м БС, по периодам между съемками.

Показатель	Период, гг.						
	1947–1955	1956–1965	1966–1978	1979–1994	1995–2010	2011–2022	1947–2041
Приток	34.88	33.88	28.21	35.94	31.52	35.40	33.15
Осадки	1.78	2.29	2.18	2.52	2.35	2.58	2.31
Сток	33.78	31.81	26.95	33.81	30.93	34.39	37.79
Испарение	1.98	2.41	2.04	1.78	1.53	1.31	1.82
Средний уровень за V–X	101.03	101.05	100.64	100.90	100.79	100.97	100.88

ниванию ложа, усложнению структуры дна разнообразием типов ДО – от песчано-галечных наносов до торфяно-макрофитных илов, а также появлению болот с гидроморфным почвообразованием. Потеря площади акватории к 2041 г. составит около 100 км², или примерно 2% от проектной.

Материалы Табл. 2 и карта структуры дна верхнего (10 см) донных отложений (Рис. 1), полученные на основании количественных характеристик двух методов (Бакулин, 1968; Хасанов и др. 2012), привязаны к батиметрии и результатам грунтовой съемки 2022 г.

Такое распределение ДО произошло благодаря взаимодействию гидродинамических процессов в виде ветро-волновых и стоковых течений при переносе воздушных масс различных румбов над акваторией (Рис. 2) и рельефа дна мелководного водохранилища. Подобный рельеф сложился под действием рек Волги, Мологи и Шексны периодически затопляемой Молого-Шекснинской низины во время половодья при отсутствии плотины Рыбинской ГЭС. Это первый реальный пример взаимодействия сопряженных сред, а именно, атмосферы с водой и дном.

Горизонтальное перемешивание вод происходит в результате совместного действия трех основных факторов: ветрового напряжения на водную поверхность, притока в водоем и стока из него, а также рельефа дна. В Главном плесе водохранилища, где развивается преобладающая ветровая циркуляция вод, проявляются все три фактора (Поддубный и Сухова, 2002). В речных плесах существенная роль принадлежит стоковым течениям. Минимальные скорости течения отмечаются в зонах круговоротов, а максимальные – в зонах вдольберегового переноса воды. Центры круговоротов приурочены к глубоководным районам затопленных русел и долин основных рек с интенсивным илонакоплением, где вертикальная компонента течения играет ощутимую роль в седиментации взвесей и непосредственно влияет на условия формирования местообитаний гидробионтов.

Заключение

Исходя из схемы районирования водохранилища по условиям седиментации и современной карты структуры дна, можно с высокой точностью определить площади грунтов и ДО на каждом из всех 20 участках, что придает статистическую достоверность оценке функционирования экосистемы в целом по водоему, по плесам (районам) и участкам, последовательно расположенным в системе река – водохранилище.

Ранее выполненные прогнозы на 2010 и 2022 гг. практически подтвердились, однако по конкретным грунтам имеются различия, зависящие от характера и направленности гидрометеорологических процессов на водосборе и режима эксплуатации гидросооружения. Прогноз к 100-летию водохранилища на основании анализа приведенной динамики подтвержден современными данными (2022 г.) и может использоваться в различных направлениях научной деятельности.

Рекомендуемые методики могут использоваться не только на Рыбинском водохранилище, но и на других водоемах, где имеются заделы по цифровизации абиотических и биотических процессов с применением геоинформационных технологий.

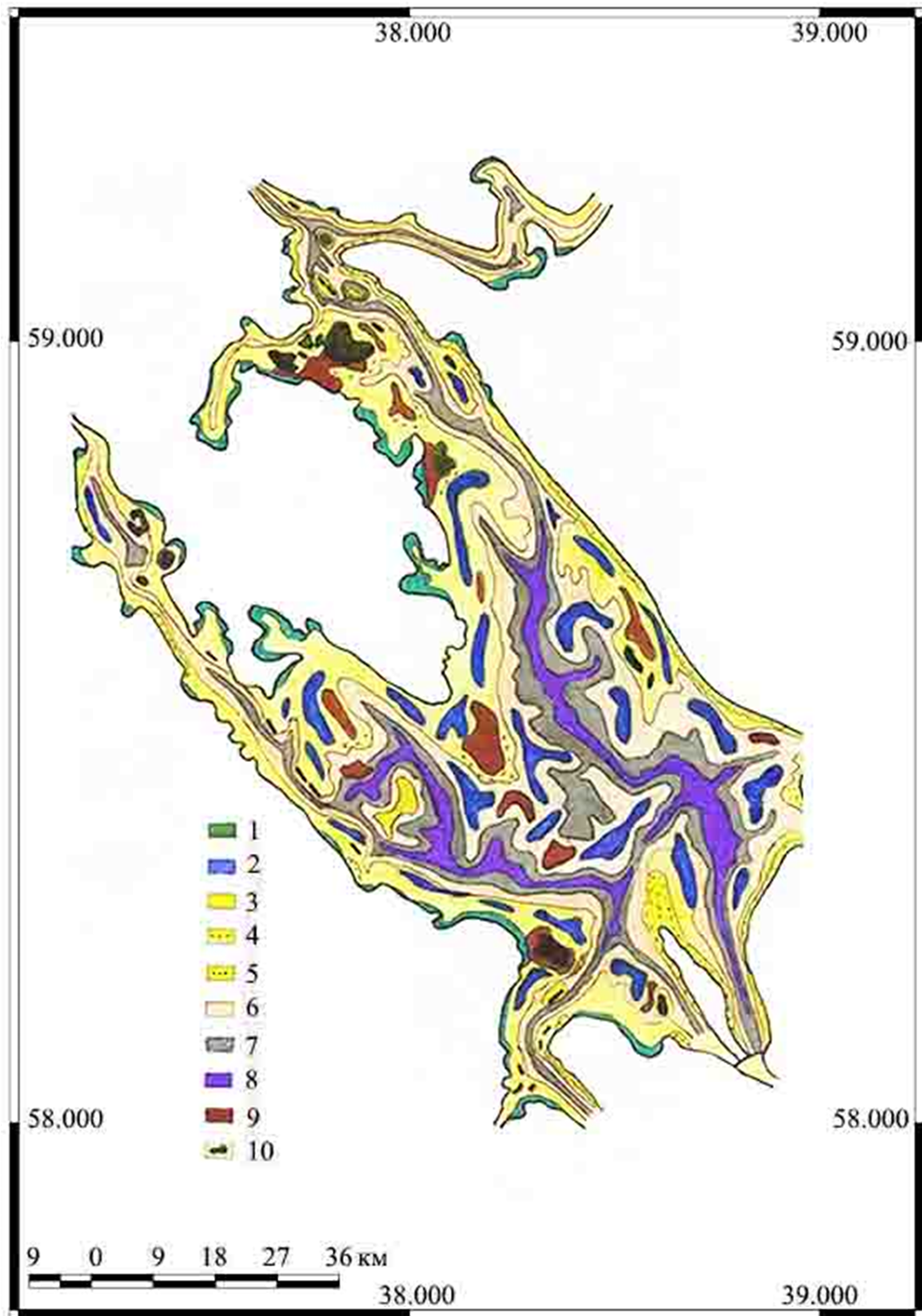


Рис. 1. Структура дна Рыбинского водохранилища к 2022 г. (Географические методы..., 2024). Трансформированные грунты: 1 – болотные и заболачивающиеся почвы; 2 –размытые почвы и породы. Крупнозернистые наносы: 3 – пески; 4 – песок с торфяной крошкой; 5 – песок с галькой; 6 – илистый песок. Тонкодисперсные отложения: 7 – песчанистый и глинистый (серый) ил; 8 – торфогенный ил; 9 – торф затопленный, торфяно-макрофитные сплавины и отложения; 10 – острова.

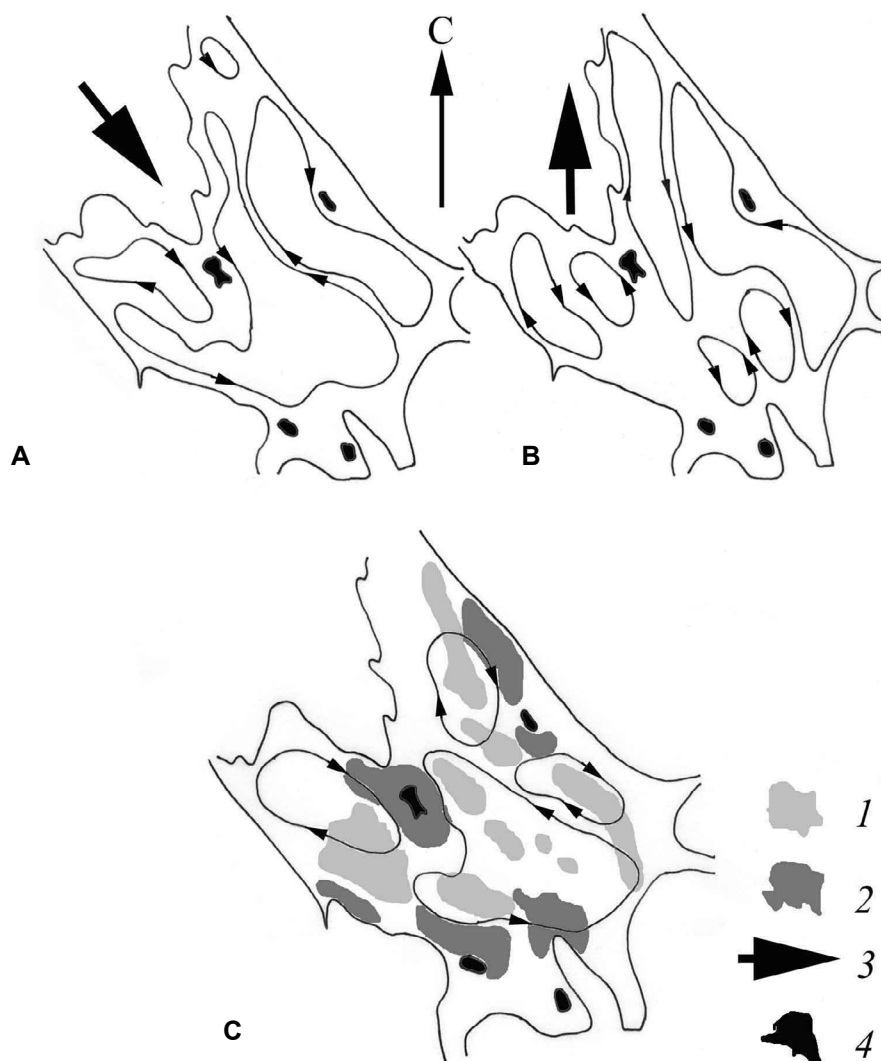


Рис. 2. Схема интегральной циркуляции воды в Рыбинском водохранилище (Поддубный и Сухова, 2002). **А** – при северо-западном ветре 6 м/с; **В** – при южном ветре 6 м/с; **С** – при суммарном ветровом воздействии с учетом двух румбов 315 и 180°; 1, 2 – соответственно зоны минимальных и максимальных скоростей интегрального переноса; 3 – направление ветра; 4 – острова.

Список литературы

- Бакулин, К.А., 1968. Морфометрические характеристики Рыбинского водохранилища. Биологические и гидрологические факторы местных перемещений рыб в водохранилищах. *Труды Института биологии внутренних вод АН СССР* 16 (19), 72–86.
- Бикбулатов, Э.С., Бикбулатова, Е.М., Булгаков, Н.Г., Ершов, Ю.В., Конюхов, И.В. и др., 2011. Данные совместных измерений биологических и физико-химических характеристик экосистемы Рыбинского водохранилища. Часть 1. МАКС Пресс, Москва, Россия, 67 с.
- Бикбулатов, Э.С., Бикбулатова, Е.М., Бобырев, Н.Г. Булгаков, Ю.В, Ершов, Ю.В. и др., 2014. Данные совместных измерений биологических и физико-химических характеристик экосистемы Рыбинского водохранилища. Часть 2. МАКС Пресс, Москва, Россия, 86 с.
- Буторин, Н.В., Зиминова, Н.А., Курдин, В.П., 1975. Донные отложения верхневолжских водохранилищ. Наука, Ленинград, СССР, 160 с.

- Географические методы изучения экосистем внутренних водоемов, 2024. Поддубный, С.А. (ред.). Филигрань, Ярославль, Россия, 206 с.
- Законнов, В.В., 2007. Осадкообразование в водохранилищах Волжского каскада. *Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора географических наук*. Москва, Россия, 42 с.
- Законнов, В.В., Поддубный, С.А., 2002. Изменение структуры донных отложений в Рыбинском водохранилище. *Водные ресурсы* 29 (2), 200–209.
- Законнов, В.В., Литвинов, А.С., Законнова, А.В., 2015. Пространственно-временная трансформация грунтового комплекса водохранилищ Волги. Сообщение 2. Результаты мониторинга донных отложений и последствия понижения уровня Рыбинского водохранилища. *Водное хозяйство России* 4, 21–35.
- Землянов, И.В., Шикунова, Е.Ю., Горелиц, О.В., Павловский, А.Е., 2011. Использование цифровых моделей рельефа дна для уточнения современных морфометрических характеристик водохранилищ. *Труды Международной научно-практической конференции «Современные проблемы водохранилищ и их водосборов». Т. 1. Гидро- и геодинамические процессы*. Пермь, Россия, 180–193.
- Лифанов, Н.А., 1946. Организация чаши водохранилища (затопления и подтопления в гидротехническом строительстве). Госэнергоиздат, Москва, СССР, 224 с.
- Остроумов, С.А., 2005. О самоочищении водных экосистем. Антропогенное влияние на водные экосистемы. *Тезисы докладов конференции, посвященной 100-летию со дня рождения проф. Н.С. Строганова*. Москва, Россия, 94–119.
- Поддубный, С.А., Сухова, Э.В., 2002. Моделирование влияния гидродинамических и антропогенных факторов на распределение гидробионтов в водохранилищах: Руководство для пользователей. Рыбинский дом печати, Рыбинск, Россия, 120 с.
- Структура и функционирование экосистемы Рыбинского водохранилища в начале XXI века, 2018. Лазарева, В.И. (ред.). РАН, Москва, Россия, 456 с. <https://doi.org/10.31857/S9785907036185000001>
- Хасанов, Р.Р., Законнов, В.В., Иванов, Д.В., 2012. Геоинформационный анализ структуры и динамики грунтового комплекса Куйбышевского водохранилища. *Материалы конференции ИБВВ РАН «Бассейн Волги в XXI веке: структура и функционирование экосистем водохранилищ»*. Борок, Россия, 325–329.
- Экологическое районирование пресноводных водоемов, 1990. Поддубный, А.Г. (ред.). *Труды Института биологии внутренних вод АН СССР* 62 (68), 1–176.
- Zakonnov, V.V., Chuiko, G.M., Zakonnova, A.V., Tsvetkov, A.I., 2019. Shallow zones and their role in the ecosystem of the Sheksna Reach of the Rybinsk Reservoir. *Conference Series: Earth and Environmental Science* 321, 12038. <https://doi.org/doi:10.1088/1755-1315/321/1/012038>

References

- Bakulin, K.A., 1968. Morfometricheskie charakteristiki Rybinskogo vodokhranilishcha. Biologicheskie i gidrologicheskie factory mestnykh peremeshchenii ryb v vodokhranilishchakh [Morphometric characteristics of the Rybinsk reservoir. Biological and hydrological factors of local fish movements in reservoirs]. *Trudy Instituta biologii vnutrenich vod AN SSSR [Proceedings of the IBWW of the USSR Academy of Sciences]* 16 (19), 72–86. (In Russian).
- Bikbulatov, E.S., Bikbulatova, E.M., Bulgakov, N.G. Ershov, Yu.V., Konyukhov, I.V. et al., 2011. Dannye sovместnykh izmerenii biologicheskikh i fiziko-khimicheskikh kharakteristik ecosystem Rybinskogo

- vodokhranilishcha. Chast' 1 [Data from joint measurements of biological and physico-chemical characteristics of the ecosystem of the Rybinsk reservoir. Part 1]. MAX Press, Moscow, Russia, 67 p. (In Russian).
- Bikbulatov, E.S., Bikbulatova, E.M., Bobyrev, P.A., Bulgakov, N.G. Ershov, Yu.V. et al., 2014. Dannye sovместnykh izmerenii biologicheskikh i fiziko-khimicheskikh kharakteristik ekosistemy Rybinskogo vodochranilishcha. Chast' 2 [Data from joint measurements of biological and physico-chemical characteristics of the ecosystem of the Rybinsk reservoir. Part 2]. MAX Press, Moscow, Russia, 86 p. (In Russian).
- Butorin, N.V., Ziminova, N.A., Kurdin V.P., 1975. Donnye otlogheniya Rybinskogo vodokhranilishcha [Bottom Sediments in the Upper Volga Reservoirs]. Nauka, Leningrad, USSR, 160 p. (In Russian).
- Ekologicheskoe raionirovanie presnovodnykh vodoemov [Ecological zoning of freshwater reservoirs], 1999. Poddubny, A.G (ed.). *Trudy Instituta biologii vnutrenich vod AN SSSR [Proceedings of the IBWW of the USSR Academy of Sciences]* 62 (68), 1–176. (In Russian).
- Geograficheskie metody izucheniia ekosistem vnutrennikh vodoemov [Geographical methods of studying ecosystems of inland reservoirs], 2024. Poddubny, S.A. (ed.). Filigran', Yaroslavl', Russia, 206 p. (In Russian).
- Khasanov, P.P, Zakonnov, V.V., Ivanov, D.V., 2012. Geoinformatsionnyi analiz struktury i dinamiki gruntovogo kompleksa Kuibyshevskogo vodochranilishcha [Geoinformation analysis of the structure and dynamics of the ground complex of the Kuibyshev Reservoir] *Materialy konferentsii IBWW RAN «Bassein Volgi v XXI veke: struktura i funkcionirovanie ekosistem vodochranilishch» [Proceedings of the IBIW RAS Conference "The Volga Basin in the 21st century: structure and functioning of reservoir ecosystems"]*. Borok, Russia, 325–329. (In Russian).
- Lifanov, N.A., 1946. Organizatsia chashi vodokhranilishcha (zatopeniia podtopleniia v gidrotehnigeskom stroitel'stve [Organization of the reservoir bowl (flooding and underflooding in hydraulic engineering)]. Gosenergoizdat, Moscow, USSR, 224 p. (In Russia).
- Ostroumov, S.A., 2005. O samoochishchenii vodnykh ekosistem. Antropogennoe vliyanie na vodnye ekosistemy [About self-purification of aquatic ecosystems. Anthropogenic impact on aquatic ecosystems]. *Tezisy dokladov konferentsii, posviashchennoi 100-letiiu so dnia rozhdeniia prof. N.S. Stroganova [Abstracts of the conference devoted to the 100th anniversary of the birth of prof. N.S. Stroganov]*. Moscow, Russia, 94–119. (In Russian).
- Poddubny, S.A., Sukhova, E.V., 2002. Modelirovanie vliianiia gidrodinamicheskikh i antropogennykh faktorov na raspredelenie gidrobiontov v vodochranilishchakh: Rukovodstvo dlia pol'zovatelei [Modeling the influence of hydrodynamic and anthropogenic factors on the distribution of aquatic organisms in reservoirs: A user's Guide]. Rybinsk Printing House, Rybinsk, Russia, 120 p. (In Russian).
- Struktura i funkcionirovanie ekosistemy Rybinskogo vodokhranilishcha v nachale XXI veka [Structure and functioning of the ecosystem of the Rybinsk Reservoir at the beginning of the 21st century], 2018. Lazareva, V.I. (ed.). Russia Academy of Sciences, Moscow, Russia, 456 p. (In Russian). <https://doi.org/10.31857/S9785907036185000001>
- Zakonnov, V.V., 2007. Osadkoobrazovanie v vodokhranilishchakh Volzhskogo kaskada [Sedimentation in the reservoirs of the Volga cascade]. *Doctor of Sciences in Geography thesis abstract*. Moscow, Russia, 42 p. (In Russian).
- Zakonnov, V.V., Poddubny, S.A., 2002. Izmenenie struktury donnykh otloghenii v Rybinskom vodokhranilishche [Changes in the structure of bottom sediments in the Rybinsk reservoir]. *Vodnye resursy [Water Resources]* 29 (2), 200–209. (In Russian).

- Zakonnov, V.V., Litvinov, A.S., Zakonnova, A.V., 2015. Prostranstvenno-vremennaya transformatsiya gruntovogo kompleksa vodokhranilishch Volgi. Soobshchenie 2. Rezultaty monitoring donnykh otloghenii i posledstviy ponizheniya urovnya Rybinskogo vodokhranilishcha [Spatial and temporal transformation of the underground complex of the Volga reservoirs. Message 2. The results of monitoring of bottom sediments and the consequences of lowering the level of the Rybinsk reservoir]. *Vodnoe khoziaistvo Rossii [Water Sektor of Russia]* 4, 21–35. (In Russian).
- Zakonnov, V.V., Chuiko, G.M., Zakonnova, A.V., Tsvetkov, A.I., 2019. Shallow zones and their role in the ecosystem of the Sheksna Reach of the Rybinsk Reservoir. *Conference Series: Earth and Environmental Science* 321, 12038. <https://doi.org/doi:10.1088/1755-1315/321/1/012038>
- Zemlyanov, I.V., Shikunova, Ye.Yu., Gorelits, O.V., Pavlovskiy, A.E., 2011. Ispol'zovaniyetsifrovyykh modeley rel'yefa dna dlya utochneniya sovremennykh morfometricheskikh kharakteristik vodokhranilishch [The use of digital models of the bottom topography to clarify the modern morphometric characteristics of reservoirs]. *Trudy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Sovremennye problemy vodokhranilishch i ikh vodosborov»*. T. I. *Gidro-i geodinamicheskie protsessy [Proceedings of the International scientific and practical conference "Modern problems of reservoirs and their catchments." Vol. 1. Hydro- and geodynamic processes]*. Perm', Russia, 189–193. (In Russian).