

ISSN 2542-2006

Том
Volume

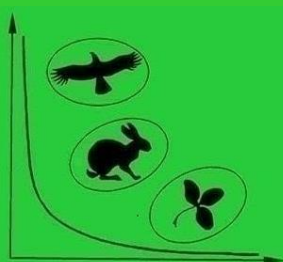
10

Номер
Number

2

Июнь
June

2026



**ИНСТИТУТ ВОДНЫХ ПРОБЛЕМ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
WATER PROBLEMS INSTITUTE
RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES**

ЭКОСИСТЕМЫ: ЭКОЛОГИЯ И ДИНАМИКА ECOSYSTEMS: ECOLOGY AND DYNAMICS

Журнал освещает результаты фундаментальных исследований и прикладных работ по изучению состояния, закономерностей процессов и динамики в природных, антропогенно созданных и/или антропогенно нарушенных экосистемах любого ранга (от биотопа до биосферы), а также в отдельных компонентах этих экосистем (как живых, так и неживых) повсеместно: во всех природных зонах и ландшафтах, на суше и в водной стихии. Статьи соответствующей тематики принимаются по следующим научным направлениям: география, биология, лесное и сельское хозяйство.

The journal highlights the results of fundamental and applied investigations on the study of the state, processes and dynamics in natural, anthropogenic and/or anthropogenically disturbed ecosystems of any scale (beginning from biotope and up to biosphere) as well as in separate components of those ecosystems (alive and lifeless) everywhere: in all natural zones and landscapes, on land and in the water. Papers on the related topics submitted to the journal should be related to the following branches of science: geography, biology, forest and agricultural management.

**МОСКВА
MOSCOW**

2026

WATER PROBLEMS INSTITUTE
RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES

ECOSYSTEMS: ECOLOGY AND DYNAMICS

Vol. 10, No. 2, 2026, Juni

Journal is founded in January 2017

Issued 4 times per year

Editor-in-Chief, Dr. geogr. Zh.V. Kuzmina

Editorial Council:

Corresponding member of the Russian Academy of Sciences V.I. Danilov-Danilyan,
Corresponding member of the Russian Academy of Sciences A.N. Gelfan,
Academician of the Russian Academy of Sciences K.N. Kulik

Editorial Board:

M.V. Bolgov, E.I. Golubeva, T.V. Dikariova, N.G. Mazey, N.M. Novikova,
G.N. Ogureeva, E.I. Pankova, S.A. Podolskiy, A.S. Viktorov, M.F. Vundtsettel,
L.G. Yemelyanova

Executive Secretary:

E.I. Tobolova

Head of Editorial Office:

O.S. Grinchenko

Addresses of Editorial Offices:

Russia, 119333 Moscow, Gubkina str., 3, WPI RAS

Tel.: (499) 135-70-41. Fax: (499) 135-54-15

E-mail: dynamics-journal@yandex.ru

<http://www.ecosystemsdynamic.ru>

MOSCOW

2026

ИНСТИТУТ ВОДНЫХ ПРОБЛЕМ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

ЭКОСИСТЕМЫ: ЭКОЛОГИЯ И ДИНАМИКА

Том 10, № 2, 2026, июнь

Журнал основан в январе 2017 г.

Выходит 4 раза в год

Главный редактор
доктор географических наук
Ж.В. Кузьмина

Редакционный совет:
член-корреспондент Российской академии наук А.Н. Гельфан,
член-корреспондент Российской академии наук В.И. Данилов-Данильян,
академик Российской академии наук К.Н. Кулик

Редакционная коллегия:
М.В. Болгов, А.С. Викторов, М.Ф. Вундцеттель, Е.И. Голубева, Т.В. Дикарева,
Л.Г. Емельянова, Н.Г. Мазей, Н.М. Новикова, Г.Н. Огуреева, Е.И. Панкова,
С.А. Подольский

Ответственный секретарь:
Е.И. Тоболова

Заведующий редакцией:
О.С. Гринченко

Адрес редакции:
Россия, 119333 Москва, ул. Губкина, д. 3, ИВП РАН
Телефон: (499) 135-70-41. Факс: (499) 135-54-15
E-mail: dynamics-journal@yandex.ru
<http://www.ecosystemsdynamic.ru>

Москва

2026

© Журнал основан в 2017 г.

Учрежден и издается

Институтом водных проблем Российской академии наук.

Журнал как сетевое издание зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций;
Свидетельство о регистрации: ЭЛ № ФС 77-68782 от 17.02.2017.

Журнал зарегистрирован в Национальном центре ISSN Российской Федерации,
в Национальном информационно-аналитическом центре России – ВИНТИ,
а также в научных электронных библиотеках: РГБ (Российская государственная библиотека, rsl.ru), БЕН РАН (Библиотека по естественным наукам Российской академии наук), НЭБ, РИНЦ, КИБЕРЛЕНИНКА, Российская книжная палата.

The journal has been founded in 2017.

It was founded and published by the

Water Problems Institute of the Russian Academy of Sciences.

The Journal is registered in the Federal Service for Supervision of Communications, Information Technology and Mass Communications (in Roskomnadzor) as a web Media;

Certification Number is ЭЛ № ФС 77-68782 of 17.02.2017.

The Journal is registered in National centre ISSN of Russian Federation,

All-Russian Institute for Scientific and Technical Information (VINITI),

and also in scientific electron libraries, such as RSL (Russian State Library, rsl.ru), Library of Natural Sciences of RAS, National Electronic Library, Elibrary, Science Index, CYBERLENINKA, Russian Book Chamber.

Информация о журнале, правила для авторов располагаются на сайте

<http://www.ecosystemsdynamic.ru>

Information about Journal and Rules for authors are at the site

<http://www.ecosystemsdynamic.ru>

СОДЕРЖАНИЕ

Том 10, номер 2, 2026 июнь

ДИНАМИКА ЭКОСИСТЕМ И ИХ КОМПОНЕНТОВ

Проблемы прогнозирования уровня Каспийского моря:
уроки истории и ориентиры на будущее (обзор)
[на русском; аннотация на русском и английском]

С.И. Шапоренко, Н.И. Коронкевич, Ю.А. Спирин, А.М. Абдурашидов 5-40

Динамика изменения площадей поверхностно-карбонатных почв
по дистанционной информации в Волгоградской области
[на русском; аннотация на русском и английском]

И.Н. Горохова, Н.Б. Хитров, Е.И. Кравченко 41-60

Флористические изменения в долине реки Уницы (Московская область)
[на русском; аннотация на русском и английском]

А.Н. Швецов, А.Г. Куклина, Н.А. Озерова 61-93

МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ, ПОДДЕРЖАНИЯ И СОХРАНЕНИЯ ЭКОСИСТЕМ И ИХ КОМПОНЕНТОВ

Оценка экологического состояния городских водоемов
(Тольятти, Самарская область) [на русском; аннотация на русском и английском]

Т.Д. Зинченко, Н.Г. Тарасова, А.В. Мисюк, В.П. Мороз 94-137

CONTENTS

Volume 10, Number 2, 2026 Juni

DYNAMIC OF ECOSYSTEMS AND THEIR COMPONENTS

Problems of Caspian Sea Level Forecasting:

Lessons from History and Guidelines for the Future (Review)

[in Russian; Abstract is available in Russian and English]

S.I. Shaporenko, N.I. Koronkevich, Yu.A. Spirin, A.M. Abdurashidov 5-40

Dynamic Changes in the Area with Surface-Carbonate Soils

Observed on Remote Sensing Data in the Volgograd Region

[in Russian; Abstract is available in Russian and English]

I.N. Gorokhova, N.B. Khitrov, E.I. Kravchenko 41-60

Floristic Transformations in the Valley of the Unitsa River (Moscow Region)

[in Russian; Abstract is available in Russian and English]

A.N. Shvetsov, A.G. Kuklina, N.A. Ozerova 61-93

METHODS FOR STUDY, MAINTENANCE AND PRESERVATION OF ECOSYSTEMS AND THEIR COMPONENTS

Assessment of the Ecological State of Urban Water Bodies (Togliatti, Samara Region)

[in Russian; Abstract is available in Russian and English]

T.D. Zinchenko, N.G. Tarasova, A.V. Misyuk, V.P. Morov 94-137

ДИНАМИКА ЭКОСИСТЕМ И ИХ КОМПОНЕНТОВ

УДК 551.461 (262.1)

**ПРОБЛЕМЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ УРОВНЯ КАСПИЙСКОГО МОРЯ:
УРОКИ ИСТОРИИ И ОРИЕНТИРЫ НА БУДУЩЕЕ (ОБЗОР)**

© 2026 г. С.И. Шапоренко*, Н.И. Коронкевич*, Ю.А. Спирин*, **, А.М. Абдурашидов***

**Институт географии РАН*

Россия, 119017, г. Москва, Старомонетный пер., д. 29

E-mail: ser-shaporenko@yandex.ru, shaporenko@igras.ru

***Российский университет дружбы народов*

Россия, 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6

****Адвокатская палата Республики Дагестан*

Россия, 367000, г. Махачкала, ул. Батырая, д. 11а

Поступила в редакцию 27.03.2026. После доработки 15.06.2026. Принята к публикации 25.06.2026.

Многолетнее колебание среднегодового уровня Каспийского моря вызывает значительные геоэкологические проблемы в его прибрежной зоне, решение которых, как правило, связывают с надежными долгосрочными прогнозами его водного баланса. Падение среднего уровня до минимального значения в 2025 году за весь период инструментальных наблюдений (-29.02 м н.у.м. БС по гидрометрическому посту в Махачкале) исследования процессов, определяющих водный режим моря, делает еще более актуальными.

В данной статье на основе ретроспективного критического обзора публикаций, касающихся прогностического направления в исследовании закономерностей колебания уровня Каспийского моря, выявляются основные причины плохой оправдываемости долгосрочных прогнозов по сравнению с краткосрочными.

Рассмотрены основные типы долгосрочных прогнозов, использующие эмпирические связи уровня моря с гелиофизическими процессами, закономерности периодических и циклических смен фаз подъема и спада уровня в связи со сменами характера атмосферной циркуляции, другие возможные факторы колебания составляющих его водного баланса. Установлено, что помимо природных сложностей, связанных с прогнозом климатических факторов, на ошибочность долгосрочных прогнозов влияет неопределенность планов использования водных ресурсов каспийского бассейна в хозяйственных целях. Такие трудности не характерны для краткосрочных прогнозов сезонных и непериодических колебаний уровня.

При отсутствии возможности долгосрочного прогнозирования с использованием четких предикторов, все прогнозы (как детерминированные, так и вероятностные) строятся на экстраполировании выявленных закономерностей предшествующих периодов с допущением сохранения их основных определяющих параметров и в будущем. Такой подход в плановой экономике СССР в прогнозировании на сроки более трех лет считался недопустимым из-за больших погрешностей даже при сохранении направленности тренда. В условиях водосбора Каспия смена его направленности и обуславливала максимальные ошибки прогнозов, что делает невозможным рекомендовать указанный подход в решении хозяйственных планов.

Необходима смена стратегии, в основу которой будет положена не ориентация на прогноз уровня, а механизм адаптации хозяйства к диапазону его изменчивости в экологически обусловленных современным климатом пределах. На конкретные количественные показатели колебания уровня выводит анализ палеогеографических и исторических данных хода уровня, которые хорошо соответствуют геоморфологическим особенностям чаши водоема. Указанный диапазон Г.И. Рычагов назвал «зоной риска» и определил его в интервале от -30 до -25 м н.у.м. БС с ориентацией на естественный сток р. Волги или с верхней границей в -26 м н.у.м. БС с учетом безвозвратного водозабора на хозяйственные нужды.

Стратегия адаптации может предусматривать и элементы регулирования уровня, которые

рассматривались при разработке в XX столетии проекта «Большая Волга» и включать в себя краткосрочное прогнозирование элементов водного баланса в качестве важного вспомогательного элемента.

Ключевые слова: элементы водного баланса; климатические и антропогенные факторы формирования; история, авторы и методы прогнозирования; стратегия природопользования.

DOI: 10.24412/2542-2006-2026-2-5-40

EDN: XHFCJW

Большинством исследователей водного режима Каспийского моря прогноз его уровня считается чрезвычайно важным для целого ряда отраслей хозяйства, в первую очередь рыбного, сельского, для судоходства, газонефтяной отрасли. В связи с этим уже более века разрабатываются прогнозы с использованием разных методик и исходных баз данных, а количество публикаций, затрагивающих эту тему, несколько сотен.

По генетическим причинам, вызывающим изменчивость уровня, и, соответственно, заблаговременности прогнозов, различают краткосрочные до 1-1.5 лет (сезонные и непериодические колебания), долгосрочные на несколько лет и сверхдолгосрочные до десятков лет вперед, обусловленные длительной однонаправленной изменчивостью водного баланса моря. Краткосрочные прогнозы, разрабатываемые в организациях Росгидромета, в целом по своему качеству удовлетворяют потребителей, что характерно и для Казахстана с Азербайджаном, у которых методические подходы близки к российским (Абузьяров и др., 2010; Ивкина, 2013; Кан, 1948; Каракаш, 1939; Мещерская, Александрова, 1993; Шереметевская, 1964, 1985; Нестеров, 2019). Основные проблемы в прогнозировании связаны с прогнозами большой заблаговременности, у которых на протяжении многих лет отмечается неудовлетворительная оправдываемость, особенно на отдаленные сроки (Абузьяров, 2003; Болгов, 2025; Болгов и др., 2007; Водный ..., 2016; Крицкий и др., 1975; Малинин, 1994; 2009; Мещерская, Голод, 2003; Нестеров, 2003; Смирнова, 1972; Соловьева, 2004; Фролов, 2003; Шикломанов, 1976).

Наиболее актуальными долгосрочные прогнозы уровня Каспийского моря (УКМ) считались при подъеме уровня в 1990-е годы до экстремальной отметки -26.49 м н.у.м. БС и при снижении до «критической» отметки -29.01 м в 1977 году и -29.02 м в 2025 году. В декабре 2025 году уровень опускался до -29.72 м (значения даны по уровенному посту в г. Махачкале). По факту такие колебания составляющих водного баланса и уровня приводят к целому ряду крупных негативных последствий. Стратегия их предотвращения строится на том, что надежный прогноз хода уровня должен стать основой для принятия превентивных мер для адаптации хозяйства к новому положению уреза воды. Очередная смена тренда хода уровня и, соответственно, прогноз должны менять текущие задачи «по адаптации морехозяйственной системы к деструктивному фактору среды – морской трансгрессии» и регрессии. Эту наиболее распространенную точку зрения среди хозяйствующих субъектов в прибрежной зоне Каспия и научных сотрудников, разрабатывающих прогнозы его хода на перспективу, наиболее четко сформулировал Э.М. Эльдаров (1996, с. 44). В это время морские волны стали разрушать постройки, сооруженные в середине XX века при низком стоянии уровня. На самом деле, как будет показано в статье, мы считаем вслед за Г.И. Рычаговым (2013), что морскую среду деструктивным фактором сделал человек своим неразумным освоением подверженных затоплению территорий.

К настоящему времени разработаны и применяются в прогнозировании несколько основных методологических подходов, имеющих свои преимущества и недостатки. Как правило, авторы прогнозов постоянно придерживались выбранного по своему предпочтению одного типа прогнозов, не проводя анализа причин проявления значительных

погрешностей в оправдываемости при наступлении прогнозной даты. Последнее замечание частично оправдывается в связи со спецификой долгосрочного прогнозирования и, как правило, отсутствием какой-либо авторской ответственности за результат.

Авторы данной статьи пытаются на основе обзора наиболее знаковых работ провести критический анализ основных методологических подходов и показать, в чем заключаются слабые моменты, не позволяющие получать долгосрочные прогнозы удовлетворительной оправдываемости, и заставляет думать о смене стратегии в решении проблем Каспия.

Таким образом, цель данной статьи – выявить наиболее проблемные вопросы прогнозирования УКМ, причины неудовлетворительной оправдываемости прогнозов водного баланса и уровня при разных подходах и используемых методах прогнозирования, показать их историческую обусловленность и наметить возможные пути к решению проблем, связанных с длительными периодами падения и роста уровня моря. Надеемся, что полученные результаты позволят в дальнейшем откорректировать подходы в организации рационального природопользования в бассейне Каспия, в котором прогноз уровня должен занять вспомогательную роль в стратегии управления народным хозяйством в прибрежной зоне, уступив приоритет стратегии его адаптации к колебанию уровня в пределах экологически обусловленного интервала, примерно соответствующего названной Г.И. Рычаговым (2011) «зоной риска» между -25 и -30 м н.у.м. БС, уточнение которой является важной дополнительной задачей геоморфологических и палеогеографических исследований.

Материалы и методы

В основу статьи положен сравнительный анализ методов и результатов прогнозирования элементов водного баланса и уровня Каспийского моря, содержащихся в наиболее значимых работах по рассматриваемой тематике.

Результаты и обсуждение

Исторические аспекты развития прогнозирования как особого направления исследования Каспия

История прогнозирования уровня моря начинается с экспедиционных работ П.С. Палласа в 1769-1774 гг., после которых получилось доказать более высокое положение уровня в прежние века и указать на климатические факторы формирования водности р. Волги как причину его понижения. Отчет об экспедициях оформлен в 3 частях, в 5 книгах с атласом (Паллас, 1773-1788).

Первые прогнозы УКМ на качественном уровне были у Э.Х. Ленца (1836), К.М. Бэра (Соловьев, 1941), Н.В. Ханыкова (1853), несколько позже – у Л.С. Берга (1934), Б.Д. Зайкова (1940) и И.А. Бенашвили (1948), сделанные в период длительного снижения уровня с начала XIX до середины XX вв. Эту длительную стадию хорошо отражали графики исследователей, в т.ч. Л.С. Берга (рис. 1). Опираясь на вполне доказанную тогда на основе архивных письменных источников и археологических данных закономерность цикличности его хода, все они ожидали существенного подъема, который начался с задержкой – с 1978 г.

Первой методологической базой для долгосрочного прогноза уровня Каспийского моря с попытками количественных оценок послужила работа немецкого географа Эдуарда Брикнера в конце 1880-х гг., в которой было показано существование климатических циклов со средней периодичностью 35 ± 7 лет (примерно утроенному 11-летнему циклу солнечных пятен), о которых впервые было высказано Фрэнсисом Бэконом в 1625 г. (Сидоренков, Сумерова, 2012). Периодическую смену холодного и влажного климата планеты теплым и сухим Э. Брикнер связал также с колебаниями уровня Каспийского моря (Brückner, 1890).

Работа пробудила в мире научный интерес в поисках эмпирических связей природных и гелиофизических процессов. Колебание солнечной активности стало возможным рассматривать в качестве фактора изменчивости метеорологических процессов над водосборными бассейнами и, как следствие, с колебанием уровня моря. Существование периодичности в колебании солнечной активности, которую можно было количественно оценить по наличию темных пятен на поверхности Солнца, предполагало проявление такой же периодичности в колебательном характере атмосферных процессов. Наблюдая изменение активности, можно рассчитывать на адекватное изменение в водном режиме водоема. Так появился первый методологический подход, дававший надежду прогнозировать ход УКМ с заблаговременностью в несколько десятков лет, ориентируясь на периодичность или цикличность его изменчивости. Данное методологическое направление в прогнозировании первоначально часто относили к гелиофизическому. Оно послужило родоначальником еще нескольких подходов, в частности, группы физико-статистических, наиболее развивающихся в последнее время, которым будет уделено отдельное внимание в данной статье.

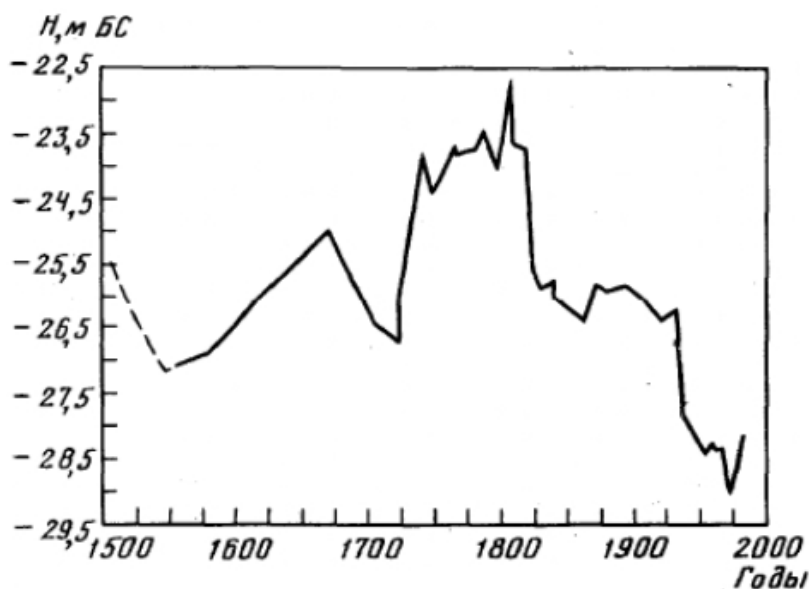


Рис. 1. Вековые изменения уровня Каспийского моря за 1500-1900 годы по данным Л.С. Берга и дополненные данными Государственного океанографического института за 1901-1983 годы (Водный ..., 2016). **Fig. 1.** Secular changes in the Caspian Sea level in 1500-1900 according to L.S. Berg, supplemented by the data from the State Oceanography Institute for 1901-1983 (Water balance ..., 2016).

Существование цикличности в колебаниях уровня и первостепенная роль климата в его изменчивости к началу XX века стали непреложным научным фактом. Постепенно было установлено, что если над бассейном р. Волги господствует антициклон, то происходит уменьшение речного стока, а если циклоническая деятельность — то увеличение; выявлены связь стока реки и уровня Каспия с западной, восточной и меридиональной формами атмосферной циркуляции и вообще с влиянием Северной Атлантики и ее центров действия атмосферы (Азорского, Исландского), с интенсивностью процесса Эль-Ниньо, с влиянием Тихого океана. Указанные закономерности на современном уровне рассмотрены в некоторых работах (Гидрометеорологические аспекты ..., 2003; Водные ресурсы ..., 2008; Водный ..., 2016; Костяной и др., 2025). Появилась уверенность в успешности прогноза уровня при условии надежного прогноза климатических изменений, которая сохраняется до сих пор при разработке прогнозов, предлагаемыми различными методологическими вариациями (Эйгенсон, 1957: 1963; Шевнин, 1994; Соловьева, 2004). Несмотря на существенный недостаток для практического использования, если дополнительно не учитывать антропогенное изъятие речного притока, оно продолжает использоваться не только для обоснования климатических воднобалансовых изменений, но и в качестве причин геоморфологических процессов деформации чаши водоема. У тектонических процессов

стали отмечаться 11 и 22-летние циклы, приводящие к изменениям объема вод в ней и, как следствие, положениям уровня (Ковалев и др., 2011; Ковалев, Парада, 2013). Возможно, «посредником» в этой связи служит геомагнитная активность Земли, у которой выявляется сходство цикличности с таковой солнечной активности (Безродных и др., 2019). Процесс подземного водообмена некоторыми геологами считается основным в поддержании многовековой халистатичности Каспия (Шахрай и др., 2003), что, однако, пока не находит подтверждения гидрохимическими экспериментальными данными.

Существенное ослабление интереса к долгосрочным прогнозам произошло в связи с проектом «Большая Волга», что показала ноябрьская сессия АН СССР в 1933 г. На ней рассматривался единственный механизм ослабления экологической нагрузки на водный баланс Каспия в связи с планируемым изъятием до 40-90 км³ годового стока из бассейна р. Волги на хозяйственные нужды – это подача дополнительного питания из р. Дона и европейских северных рек (Проблемы ..., 1934). При этом акцентировалось внимание на важности исследования водного баланса Каспийского и смежных речных бассейнов, для которых могли наступить существенные негативные последствия для судоходства, рыболовства и энергетики. С критикой недостаточной изученности гидросистем, вовлекаемых в реконструкцию регионов, выступил Б.А. Аполлов; на неверность водно-балансовых расчетов, другие погрешности и недоработки указывали А.В. Вознесенский, Б.К. Александров, К.Т. Романовский, Н.В. Разин и В.М. Родевич, Г.К. Ризенкамппф, Ф.С. Воеводский и другие участники совещания. По сути, оглядываясь назад на ситуацию с проблемой колебания УКМ в то время, регулирование уровня Каспия можно рассматривать в некоторой степени в качестве альтернативы долгосрочным прогнозам, которые в обоих случаях должны способствовать решению одной проблемы. Но следует отметить, что оба подхода требовали дальнейшего более глубокого изучения составляющих водного баланса Каспия, что стало реализовываться в послевоенное время (Зайков, 1946).

Краткий анализ истории прогнозирования хода уровня разной заблаговременности показывает неоднозначность получаемых результатов. Развитие методик прогнозирования УКМ вполне можно считать отдельной областью географических знаний, выполняющей запрос со стороны хозяйствующих субъектов и одновременно вносящих весомый вклад в фундаментальные науки о Земле. При этом методологическая проблема прогнозирования уровня водоема в бессточной котловине, реагирующего на изменчивость увлажненности в заданных рельефом бассейна диапазоне, в настоящее время оказывается чрезмерно сложной для обширного водосбора Каспия, находящегося в нескольких климатических зонах под влиянием многочисленных природных и антропогенных факторов. Краткий обзор работ по современному состоянию научных знаний роли отдельных составляющих водного баланса с конкретными обоснованиями их механизмов формирования динамики уровня Каспия дан в работе Е.С. Нестерова и А.В. Павловой (2024). Существующие проблемы и планы исследований на ближайшие 3 года по программе госзадания сформулированы на состоявшемся заседании ОНЗ АН России 24 февраля 2026 года в выступлении В.И. Данилова-Данильяна, в докладах М.В. Болгова, А.В. Панина, П.О. Завьялова, И.А. Идрисова, Д.С. Шипилова и других ведущих ученых из основных научных организаций, занимающихся решением водно-экологических проблем.

Исторически можно выделить несколько этапов в подходах к прогнозированию УКМ. Каждый последующий этап не означал окончательного решения задач предыдущего, а был направлен только на создание задела для своего развития, что в итоге привело к одновременному существованию нескольких методологических подходов в разработках прогноза уровня моря. Возможно, в будущем некоторый гипотетический синтез из них и позволит решить задачу надежности долгосрочного и сверхдолгосрочного прогнозирования.

Некоторые современные технические проблемы прогнозирования

К настоящему времени собрана огромная библиотека долгосрочных прогнозов, выполненных различными организациями и отдельными авторами. Но, если краткосрочные прогнозы УКМ довольно успешны, то ситуация с долгосрочными и особенно сверхдолгосрочными, несмотря на отдельные достижения, остается в общем неблагоприятной. Это объясняется не только методологическими сложностями прогнозирования, которым в данной работе уделяется основное внимание, но и целым рядом технических причин на разных стадиях разработки прогнозов. Среди них: неточности в определении параметров УКМ, элементов водного баланса Каспия, природных и антропогенных факторов, влияющих, порой отдаленно, на водный баланс и уровень моря, неопределенность будущей климатогидрологической и хозяйственной обстановки, наконец, недостаточное знание закономерностей формирования и функционирования уровня Каспия, представляющего собой, как нами отмечалось, весьма сложную систему. Е.С. Нестеров указывает (2019) на недостатки, характерные для всех морей, в работе наблюдательной сети, на необходимость повышения пространственной дискретности данных. Особую неопределенность и ошибки в прогнозы внесло вмешательство в естественный режим стока в залив Кара-Богаз-Гол в 1980-1992 гг. Как показало сопоставление кривых расхода стока от уровня моря до и после этих событий, наибольшее изменение произошло в диапазоне от -26 до -27 м н.у.м. БС с увеличением расходов примерно в 4-5 км³/год (рис. 2). Отсюда и объективно обусловленные дополнительные источники несовершенства разных прогнозов УКМ, конструктивная критика которых приводилась неоднократно в научной литературе (Шикломанов, 1976; Малинин, 1994; Фролов, 2003; Болгов и др., 2007; Водный ..., 2016) и которую мы использовали для повышения объективности собственных оценок.

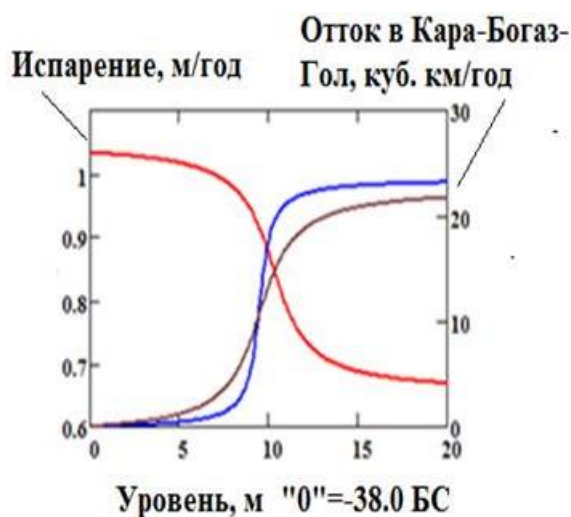


Рис. 2. Зависимости слоя испарения с акватории Каспия от уровня моря (красная линия), объема оттока морской воды в залив Кара-Богаз-Гол от уровня Каспия до 1980 года (синяя линия) и после разрушения дамбы в 1992 году (коричневая линия); уровень отсчитывается от -38.0 м н.у.м. БС (Фролов, 2025), аналитические выражения зависимостей приведены в работе А.В. Фролова (2019). **Fig. 2.** Dependency of the Caspian Sea evaporation layer from sea level (red line), the volume of seawater outflow into the Kara-Bogaz-Gol Bay from the Caspian level before 1980 (blue line) and after the destruction of the dam in 1992 (brown line); the level starts at -38.0 m above sea level (Frolov, 2025), and analytical expressions of these dependencies are given in A.V. Frolov (2019).

Закономерно появление критического разбора математической несостоятельности современных прогнозных линейных моделей, как и прежних, служивших в XX веке для разработки схемы, позволявшей перебросить часть стока северных рек при отсутствии теоретической модели с нелинейными природными процессами (Мищенко и др., 2019, 2020). По мнению авторов цитируемых работ, именно математикам (в экологическую комиссию под руководством А.Л. Яншина входил М.И. Зеликин) удалось доказать несостоятельность прогнозов дальнейшего снижения уровня моря во второй половине XX века и отказаться

от проекта переброски. Соответственно закономерно появление и развитие в последние десятилетия моделей с нелинейными уравнениями расчета испарения в связи с термодинамическими процессами в приложении к водобалансовым расчетам по Каспию (Хубларян, Найденов, 1991; Найденов, 1992; 2004; Швейкина, 2011; Фролов, 2021), для практического использования которых удобны нейросети. Как показали последние уточнения А.В. Фролова в докладе (2025), представленном на сайте Института водных проблем РАН, зависимость испарения от глубины проявляется только на мелководьях, корреляция между усредненным по всей акватории Каспия слоем испарения и уровнем моря незначительна за счет присутствия случайных компонентов. Дисперсия колебаний уровня по модели с учетом механизмов внутренних обратных связей (отрицательные – зависимости площади моря и оттока в залив Кара-Богаз-Гол, положительная – испарения с акватории моря от уровня) оказывается существенно большей без их учета. Недоучет обратных связей приводит к неверным прогнозным оценкам (Фролов, 2019, 2025).

Не останавливаясь на подробном анализе возможных технических погрешностей в определении всех составляющих водного баланса, которые могут достигать существенных значений в положении уровня в конкретный год (до 10 см от 0 футштока на гидрографических станциях, что эквивалентно 2-4 км³ воды в море), отмечаем вслед за всеми исследователями, что общие закономерности в колебании уровня с XIX века регистрируются везде по акватории однообразно. Именно смена тенденций вызывает основные проблемы в долгосрочном прогнозировании, а положение моментов их смены достаточно четко отражается на графике уровня по данным ГП Махачкала (рис. 3; табл.). На протяжении всего периода инструментальных наблюдений следует в основном чередование интервалов относительной стабильности и падения, и только для одного интервала характерен длительный подъем уровня (1978-1995 гг.), при этом время наиболее активного изъятия волжского стока на заполнение водохранилищ пришлось на конец и начало обоих разнонаправленных интервалов. Следует обратить внимание на то, что за длительный период падения с 1934 по 1977 гг. существовали 9 точек флуктуации, которые можно было принять за начало возможного перелома тренда на рост, но который не состоялся. Возможно, такой точкой на графике может быть 2025 г., когда средний годовой уровень на ГП «Махачкала» опустился до абсолютного минимума в -29.02 м н.у.м. БС, а срочная минимальная отметка – до -29.72 м.

Отмеченные неопределенности при оценках составляющих водного баланса по своим размерам превышают разницу между суммарными значениями прихода и расхода, которая, по последним данным, становится существенной для формирования многолетнего тренда уровня уже при значении в 5 км³ (Малинин, 2022). Все это затрудняет прогнозирование УКМ на базе климатической изменчивости составляющих водного баланса. Но главная сложность при таком типе прогнозов заключается в выявлении предикторов, обеспечивающих необходимую заблаговременность предсказания хода составляющих водного баланса, чему будет уделено дополнительное внимание в статье.

Равнозначны с указанными погрешностями неопределенности при расчетах перспектив потребления воды для промышленного и коммунального водоснабжения, а потребление воды на орошаемое земледелие может их превышать кратно. В планах 1930-х годов развития орошения Заволжья фигурировали показатели изъятия волжского стока в объеме до 90 км³/год (Проблемы ..., 1934). В настоящее время после резкого сокращения орошаемых земель в 1990-е годы происходит рост площадей в Волгоградской области: в 2014 году их площадь составляла 33.7 тыс. га, к 2023 году она возросла до 80.6 тыс. га, а к 2030 году планируется ее довести до 100 тыс. га (Мухина, 2023). На сайтах Волгоградской области при декларации внедрений передовых технологий, перспективные оросительные нормы и водозатраты не приводятся.

Влияние строительства и заполнения водохранилищ сказывается до сих пор, несмотря на то, что для большинства притоков в Каспий безвозвратное изъятие стока заметно снизилось после распада СССР. Согласно «Водным ресурсы России и их использованию» (2008), если в конце 1980-х годов оно составляло 40-50 км³/год, то в начале XXI столетия оно было практически вдвое ниже. По расчетам Н.И. Коронкевича с соавторами (2023), сток р. Волги за 1930-2020 годы относительно базового периода 1879-1929 годов уменьшился суммарно почти на 1 тыс. км³, из которых около 490 км³ пришлось на влияние водохранилищ, а 510 км³ – на безвозвратное водопотребление. Климатические изменения в сторону уменьшения стока р. Волги оценены почти в 1550 км³. По методу восстановления климатического стока и его сопоставления с фактическим суммарные климатические изменения за 1930-2020 годы составили около 1360 км³, а антропогенные – примерно 1190 км³. В итоге по 2 вариантам расчета получены близкие оценки вклада климатических и антропогенных факторов в общее изменение стока за 1930-2020 гг. При этом соотношение антропогенных и климатических факторов по этим вариантам составило, соответственно, 40% и 60%, 47% и 53%, что свидетельствует о недопустимости учета в прогнозировании только климатического или только антропогенного фактора.

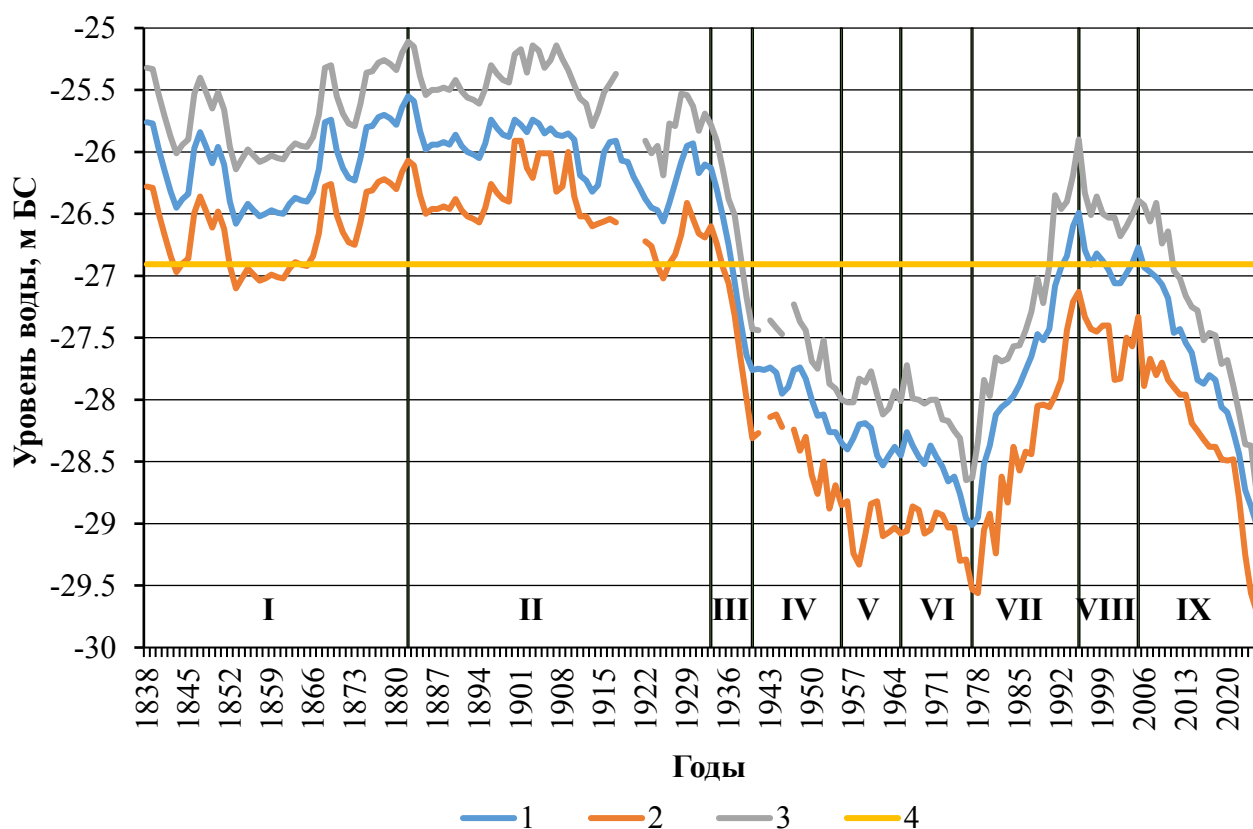


Рис. 3. Динамика уровня Каспия по ГП «Махачкала»; максимальные и минимальные значения до 1900 года рассчитаны по средним многолетним значениям разницы со средним годовым за 1900-2024 гг. Условные обозначения: 1 – средний годовой, 2 – минимальный, 3 – максимальный, 4 – средний многолетний за весь период, I-IX – характерные периоды (Геоэкологические ..., 1997, с дополнением авторов, приведенными в таблице).

Fig. 3. Dynamics of the Caspian Sea level according to the Hydrological Post “Makhachkala”; the max/min values before 1900 were calculated from the long-term average values of the

difference from the annual average for 1900-2024. *Legend:* 1 – average annual, 2 – minimum, 3 – maximum, 4 – average long-term for the entire period, I-IX – characteristic periods (Geoecological ..., 1997, with the addition of the authors provided in Table 1.

Таблица. Периоды и их границы (рис. 3) с отметками высот и градиентами изменчивости.
Table. Periods and their boundaries (Fig. 3) with elevation markers and gradients of variability.

№ периода	Интервал, годы	Продолжительность, лет	Отметки уровня, м н.у.м. БС		Характеристика хода уровня	Градиент, см/год
			начало	конец		
I	1838-1882	50	-25.76	-25.55	стабилизация	±5-17
II	1883-1933	51	-25.59	-26.13	снижение	1.1
III	1934-1940	7	-26.3	-27.76	резкое снижение	20.9
IV	1941-1955	15	-27.75	-28.35	снижение	4.0
V	1956-1965	10	-28.4	-28.45	стабилизация	±10
VI	1966-1977	12	-28.26	-29.01	снижение	6.3
VII	1978-1995	18	-28.95	-26.49	резкий подъем	13.7
VIII	1996-2005	10	-26.79	-26.77	стабилизация	±5-6
IX	2006-2024	19	-26.93	-28.86	снижение	10.2

В последние десятилетия широкое распространение получило определение стока и водного баланса на основе применения ансамбля модели общей циркуляции атмосферы и океана (МОЦАО). Однако говорить о том, что влияние всех этих связей на сток р. Волги, других рек и УКМ изучены досконально, не приходится. Показательна формулировка в книге «Водный баланс и колебания уровня Каспийского моря» (2016, с. 118): «К сожалению, в настоящее время, несмотря на успехи в исследовании климата Земного шара, моделей, способных с достаточной степенью точности описать глобальные, а тем более региональные изменения параметров климатической системы, пока не существует». Она четко «перекликается» с выводами в более поздних работах Е.Ф. Мищенко с соавторами (2019, 2020) и М.В. Болгова (2025). Следует заметить, что получить надежные долгосрочные прогнозы для решения хозяйственных проблем, связанных с колебанием уровня Каспия, пока не получается не только из-за перечисленных сложностей учета всех компонент водного баланса, но и, как мы допускаем, из-за недостаточно обоснованной стратегии решения этой весьма сложной задачи. Этого вопроса мы коснемся ниже.

Заблаговременность прогнозов и их оправдываемость: в чем сложность?

Все прогнозы принято подразделять на краткосрочные (заблаговременностью до 1 года – 1 год), долгосрочные (с заблаговременностью более 1 года) и сверхдолгосрочные (с заблаговременностью более 5 лет). Сложившаяся с начала 1930-х годов в связи с проектом «Большая Волга» основная ориентация на многолетнее регулирование УКМ (а не его прогноз) предопределила приоритет в развитии краткосрочных прогнозов, которые решали и оперативные задачи такого регулирования. Также существовал запрос на предсказание чрезвычайных ситуаций, связанных со сгонно-нагонными явлениями, создававшими трудности для мореплавания, добычи биоресурсов и нефти, других работ в прибрежной зоне.

Первый метод краткосрочного прогнозирования изменений уровня воды в море,

используя связь изменения уровня с изменениями силы ветра и атмосферного давления за предшествующие шесть часов, предложил А.И. Каракаш (1939). Количество удачных прогнозов по шести станциям за сентябрь 1937 года автор оценивает от 75 до 93%. В 1948 году С.И. Кан предложил метод прогнозирования уровня северной части Каспийского моря с 6-часовой заблаговременностью, используя линейную связь градиента поля давления с уровнем. Позже стали прогнозировать, используя поле давления в виде коэффициентов разложения по полиномам Чебышева. Полученные коэффициенты коррелировали с уровнем моря (Шереметьевская, 1964). Еще одним вариантом прогноза стало использование эмпирических связей скорости и продолжительности (полусутки, сутки и более) ветра с уровнем отдельно для нагонов и сгонов (Фомина, 1968). Данная методика использовалась для Махачкалы, Астары, Сумгаита и Энзели. Все перечисленные методы относятся к группе эмпирических и физико-статистических методов, которые использовались гидрометслужбой в оперативных прогнозах. Считается, что основным их недостатком является необходимость периодического уточнения и обновления эмпирических связей уровня с метеорологическими факторами (Водный ..., 2016).

Постепенно методики прогнозов усложнялись, стали использовать метеорологические прогнозы и так называемые гидродинамические методы расчета и прогноза уровня моря, разработанные в Гидрометцентре. В работах (Вербицкая и др., 2002; Зильберштейн и др., 2003) для прогнозов 48-часовой заблаговременности используются прогностические данные давления, поступающие из Гидрометцентра России, на основе которых по специальной методике рассчитываются поля ветра. Вместе с ними используются данные по расходам рек, батиметрии, топографии прибрежной зоны, термохалинной структуре вод, ледовым условиям, среднему уровню моря. Метод реализуется на основе гидродинамической бароклинной модели, которая положена в основу оперативной технологии прогноза уровня и течений по всей акватории Каспийского моря Гидрометцентром России. В модель заложен алгоритм осушения (при сгонах) и затопления (при нагонах) прибрежных территорий. Средняя оправдываемость прогнозов на 3 суток составляет 87%, на 5 – 80% (Водный ..., 2016).

В прогностической модели Казахского НИИ мониторинга окружающей среды и климата, внедренной в 2002 г. (Ивкина, 2013), используется информация из Европейского центра среднесрочных прогнозов погоды и гидрологическая с казахстанских станций и станций межгосударственного обмена. Для расчета уровня применяется штормовая модель на основе гидродинамического модуля модели MIKE 21. Расчеты проводятся в автоматическом режиме с выводом штормовых предупреждений (рис. 4).

Прогноз заблаговременностью до 120 часов имеет оправдываемость более 80%. Таким образом, краткосрочные прогнозы неперiodических изменений уровня используются в практике Росгидромета продолжительное время, увеличивая заблаговременность и при этом не теряя в оправдываемости. Этот тип прогнозов, по аналогии с гидроклиматическим для долгосрочных прогнозов, можно назвать «гидросиноптическим».

Впервые метод прогноза годового хода уровня Каспийского моря с заблаговременностью на 1 год был предложен Г.П. Калинин. С 1938 года прогнозы по этому методу начали выходить в качестве опытных. В оперативном прогнозировании они начали использоваться с 1954 года и находили широкое применение в разных отраслях хозяйства. Оправдываемость среднемесячных значений уровня за период с 1954 по 1964 годы составила 74%, а средних годовых – 79% (Смирнова, 1972). В качестве методической основы в этом варианте использован воднобалансовый подход. По эмпирическому прогностическому уравнению рассчитывается сезонный прирост уровня по его связи с количеством осадков в бассейне Волги (выпавших с сентября по март) и осенне-весенних температур воздуха, отражающих потери осадков на испарение (Белинский, Калинин, 1946). В 1966-1967 годы метод

приспособлен к условиям зарегулированности стока рр. Волги, Куры и Урала. Сток р. Волги стал не прогнозироваться, а приниматься согласно планам сбросов из Волгоградского водохранилища (планы не всегда реализовывались). Для повышения оправдываемости и увеличения заблаговременности метод периодически модифицируется (Калинин и др., 1968; Смирнова, 1972; Шереметьевская, 1985; Нестеров, 2001, 2003). Оправдываемость прогноза за период с 1992 по 2005 годы составила 90% (Водный ..., 2016). Уровень моря определялся ежемесячно по 7 базовым пунктам, а с 2009 года расчеты автоматизированы.

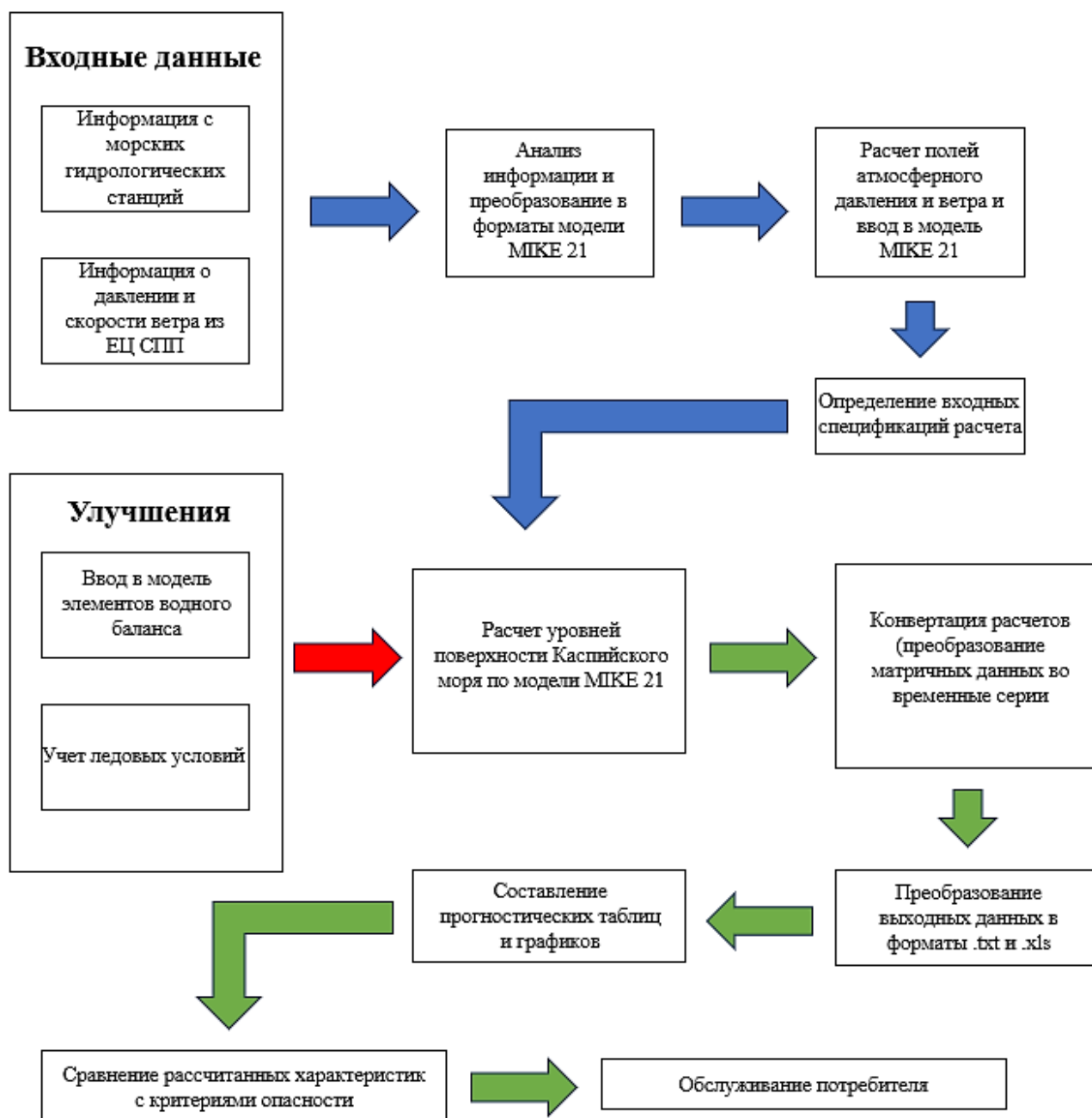


Рис. 4. Блок-схема автоматизированного расчета уровня Каспийского моря по модели MIKE 21 (Водный ..., 2016). **Fig. 4.** Block diagram of automated calculation of the Caspian Sea level using the MIKE 21 model (Water balance ..., 2016).

Статистический метод приращения среднегодового УКМ с заблаговременностью в 12-14 месяцев был разработан в 1993 году в Главной геофизической обсерватории им. Воейкова (Мещерская, Александрова, 1993). Прогнозы на будущий год составляются в октябре текущего года, а предикторами служат суммы осадков, гидротермические коэффициенты и температуры воздуха, осредненные по площади 28 административных областей России в бассейне Каспия. Зависимость между приращениями и метеорологическими предикторами оценивается коэффициентами корреляции, при этом с уровнем наиболее тесно связаны осадки в верховьях Волги, Камы и Урала, влияние которых сказывается в течение 2-3 лет. Оправдываемость прогнозов примерно такая же, как оправдываемость аналогичных прогнозов Гидрометцентра России (Водный ..., 2016). В прогнозировании этим методом возможны разные варианты с вычленением трендовой составляющей, с адаптацией длины временных рядов и других способов получения более достоверных результатов.

Позже статистический метод прогноза был модифицирован для прогнозов заблаговременностью до 15-20 лет (Мещерская, Голод, 2003). Используются несколько предикторов (горизонтальные градиенты температуры, индексы североатлантического колебания, ледовитость Баренцева моря, индексы антициклоничности Вительса, центры действия атмосферы, индексы циркуляции Вангенгейма–Гирса, индексы интенсивности зональной циркуляции, индексы Южного колебания), которые берутся при сдвигах коррелируемых рядов на более длительные сроки по сравнению с предыдущим вариантом прогноза. Выбор оптимального интервала заблаговременности осуществляется по максимальным коэффициентам корреляции. По прогнозу, ожидалось подьемы до -26.5 м в 2015-2017 гг. Авторы сами говорят о слабой стороне предложенного ими метода – экстраполяция рассчитанных статистических зависимостей между предикторами и уровнем в отличающихся климатических условиях.

Концептуальную модель межгодовой изменчивости УКМ предложил В.Н. Малинин (1994, 2009). Из большого числа факторов он выделяет влияние Северной Атлантики, из которой происходит основной перенос влаги на Европейскую территорию России и бассейн р. Волги. Усиления и ослабления циклонической деятельности вызывают межгодовые колебания в объемах водного стока и испарения (рис. 5). Механизм формирования колебания уровня моря и расчетные формулы достаточно подробно описаны в упомянутых работах автора и в книге «Водный баланс и колебания уровня Каспийского моря» (2016). Помимо прогнозов годовой заблаговременности (оправдываемость прогноза стока Волги заблаговременностью до 1 года была почти 100%) данная схема использована и для разработки долгосрочных прогнозов по физико-статистической модели, показав хорошую сходимость с фактически наблюдавшимися уровнями за 15-летний период (Водный ..., 2016). По нашему мнению, предложенный методологический подход В.Н. Малинина – один из первых и в настоящее время популярных вариантов адаптации «идеологии» краткосрочного прогнозирования к прогнозированию большей заблаговременности, когда используются связи элементов водного баланса с показателями глобальной циркуляции атмосферы. Однако его первоначальную версию нельзя назвать удачной: даже сроком на ближайшие 5 лет (прогноз на 2000 и 2010 годы отметки уровня прогнозировались, соответственно, -26.5 и -25.5 м н.у.м. БС, а фактически составили -26.95 и -27.18 м), т.е. была ошибка даже в тенденции. Следует отметить, что имеется надежда на гораздо более хорошую сходимость у доработанной модели автора (Малинин, 2009; Малинин, Гордеева, 2020).

Если востребованность к краткосрочным и годовым прогнозам очевидна, и она в целом удовлетворяется организациями Росгидромета, то ситуация с разработкой долгосрочных прогнозов, не преувеличивая, можно сказать близка к тупиковой. Во-первых, не видно запросов от хозяйственников по конкретной заблаговременности прогнозов. Во-вторых,

не формулируются требования к точности прогнозов. В-третьих, не ставится вопрос об ответственности за ошибки в прогнозах, которые могут привести к разнообразным материальным и финансовым убыткам. И самое главное, нет механизмов реагирования хозяйственной деятельности к потенциальной изменчивости уровня, помимо продемонстрированной в 1990-е годы авральной защиты наиболее важной инфраструктуры от воздействия морских вод при подъеме уровня (Основные ..., 1992; Водные ..., 1996).

Со стороны государственных органов управления никогда открыто не выражалась заинтересованность в получении долгосрочных прогнозов хода уровня Каспийского моря. Весь советский период ориентация была на регулирование стока Волги, а не на прогнозирование изменчивости ее стока и уровня моря. После распада СССР вопрос регулирования был исключен из повестки дня в связи со многими сомнениями экологического характера, связанными с пополнением волжских ресурсов за счет северных рек и возникшими вопросами, требующими решения на межгосударственных уровнях.



Рис. 5. Генетическая схема формирования межгодовых колебаний уровня Каспийского моря (Малинин, 1994; Водный ..., 2016). **Fig. 5.** Genetic scheme of formation of interannual fluctuations of the Caspian Sea level (Malinin, 1994; Water balance ..., 2016).

Тем не менее, некоторые организации Росгидромета и Российской академии наук продолжали заниматься разработками долгосрочных прогнозов уровня Каспия, поскольку это направление синтезировало в себе решение в практической плоскости большого количества задач, стоящих перед науками о Земле. В первую очередь – в области гидрометеорологии и геофизики. Соответственно, в основе предлагавшихся методов долгосрочных прогнозов использовались связи водобалансовых параметров и непосредственно уровня воды с солнечной активностью, т.е. по самому первоначальному направлению, заданному Э. Брикнером в XIX в. Как мы отмечали, первоначальные прогнозы периода Ленца–Берга (которые охватывают 1830-1934 гг.) можно отнести к качественным (к этому периоду следует отнести и более поздние прогнозы Б.Д. Зайкова (1940)

и И.А. Бенашвили (1948)). Тогда, исходя из научного открытия цикличности хода уровня и считая на тот момент текущую фазу низкого положения, ученые предсказывали его скорое повышение. Как известно, предсказания их не оправдались, и тенденция снижения уровня продолжилась. Тем не менее, интерес использования природных цикличностей в прогнозах остался навсегда.

Наиболее точный долгосрочный (на 40 лет) прогноз с учетом солнечной активности дал М.С. Эйгенсон (1963). Он использовал открытую задолго до него закономерность соответствия максимумов солнечной активности наиболее низкому стоянию УКМ и наоборот, минимуму солнечной активности – высокому стоянию уровня. Он спрогнозировал смену тренда в ходе уровня с отрицательного на положительный, хотя и ранее фактического (рост уровня начался с 1978 года вместо прогнозного 1970 г.). М.С. Эйгенсон точно предсказал средний уровень на 2000 г., который по ГП «Махачкала» составил -26.95 м н.у.м. БС (по прогнозу -26.9 м)

Дальнейшие опыты с предсказаниями на длительные периоды хода уровня, в которых предиктором служила солнечная активность, не были столь успешны. К ним нужно отнести более поздние прогнозы 1990-х гг., предсказывавшие повышение уровня в первые десятилетия XXI века (Гетман, 1997; Дуванин, 1997) или его квазистабильзацию на «верхне-фоновых» отметках в сочетании с активизацией сейсмической активности (Осика и др., 1997).

Н.Н. Соловьева (2004) в качестве предиктора использовала 50-60-летние ряды солнечной активности, которые с таким временным лагом совпадали с ходом уровня моря и стоком р. Волги у г. Волгограда. Сделанный в 1992 году прогноз уровня на 2000 год оправдался с точностью до 1 см. По прогнозу, повышение уровня должно было продолжаться, но этого не случилось (Соловьева, 2004). В комментарии к этим прогнозам следует отметить, что прогноз хода самой солнечной активности не обеспечен научной базой для того, чтобы служить надежным предиктором для прогнозирования развития гидроклиматических процессов. Такая ситуация сохраняется и сейчас.

К методологии прогнозирования с использованием циклов солнечной активности тесно связан метод периодичностей, но имеет свои существенные особенности для выделения в отдельный тип. Авторы этого направления прогнозирования (наверное, самого долгоживущего со времен Ленца) считают возможным и перспективным использование математических приемов для вычленения периодичностей разных амплитуд в наблюдаемом ходе уровня и других гидрометеорологических процессов. По убежденности сторонников метода, наложение нескольких гармоник и дает описание реальной изменчивости уровня, что на определенных достаточно длительных временных отрезках вполне очевидно.

Первым реальным количественным прогнозом по этому методу был прогноз Б.А. Шлямина (1962), который объяснял колебание уровня изменчивостью годовых объемов стока Волги, находящихся в зависимости от климатических условий. При этом теорию прогрессирующего изменения климата он считал несостоятельной. Ход уровня он описал теоретической кривой с сочетанием 4 гармоник с периодами 11, 33-35, 100-120 и 480-500 лет в соотношении амплитуд 1:2:4:7, которые взял из докторской диссертации И.В. Максимова (1953). Теоретическую кривую он сопоставил с кривой Л.С. Берга и получил хорошее совпадение. По его прогнозу, естественный уровень до 1975 года должен был находиться в относительно устойчивом положении (75-80 см по бакинской рейке; к сожалению, в статье не указана привязка к БС, но, по нашему расчету, уровень составляет около -28 м н.у.м. БС). С 1975 по 2032 годы он должен повышаться до отметки 250 см (около -26.25 м). К 2082 году следует ожидать спад до отметки 80 см. Автор приводит примерные расчеты того, как на скорости спада скажется забор водного стока рек на хозяйственные нужды. Фактический ход уровня соответствовал предсказанию только на начальной фазе подъема.

К такому типу прогнозов мы относим работы СС. Лаппо с Ю.А. Рева (1997), А.В. Бабкина (2005) и Е.В. Борисова с соавторами (2019). Кратко остановимся на последней работе В.Б. Ермакова (2023). Автор обнаружил, что в интервале 1790-2021 годов характер изменения уровня Каспийского моря определяли тренд и 2 гармоники. Их периоды, соответственно, составили 67 и 98 лет, а амплитуды – 0.4 и 0.9 м. В спектре уровня присутствуют неустойчивые гармоники с периодами 30 и 38 лет с амплитудами менее 0.2 м (по терминологии автора – квазитридцатилетние «брикнеровские частоты»), при добавлении в модель повышающие точность аппроксимации. Экстраполяция кривых в качестве прогноза показывает снижение уровня вплоть до 2045 года примерно до -30 м с последующим плавным увеличением до -29...-29.5 м к 2070 г. Таким образом, и в этом типе прогнозов экстраполируются выявленные за последний прошедший период времени закономерности на будущий ход уровня.

Возвращаясь к гидроклиматическим прогнозам, надо отметить, что довольно успешные результаты использования предложенного Г.П. Калининым воднобалансового метода прогнозирования с годовой заблаговременностью давали надежду на расширение применимости подхода. В середине 1940-х годов его попытались модифицировать для разработки прогнозов с большей заблаговременностью (Белинский, Калинин, 1946; Зайков, 1946). Авторы, отталкиваясь от среднего уровня в 1945 г. (-27.95 м н.у.м. БС), предсказали его повышение в 1946-1948 годы на 10-20 см, а после – снижение на такую же или большую величину. Как мы знаем, прогноз оправдался. Но надо заметить, что наш анализ связи соседних лет УКМ по Махачкале за 1994-2023 годы показал, что почти в 80% случаев разница не превышала 20 см, т.е. она укладывается в величину оправдываемости метода Г.П. Калинина. Учет трендовой составляющей позволяет определиться со знаком предстоящего изменения УКМ и в следующем году. В послевоенные годы долгосрочные прогнозы стали выходить, как правило, в более конкретных количественных показателях, за что получили наименование детерминированных. Такая форма подачи была необходима для их использования в плановой социалистической экономике.

Следует иметь в виду, что долгосрочными прогнозы могут считаться даже с заблаговременностью всего 1-2 года. Задачу таких прогнозов в Главной геофизической обсерватории считают решенной на основе воднобалансовых расчетов (Мещерская, Голод, 2003), а прогнозы с заблаговременностью в 5-20 лет считают сверхдолгосрочными.

Долгосрочные детерминированные прогнозы можно разделить на 2 группы: в одной даются значения УКМ в конкретные периоды, в другой указывается тенденция изменения УКМ. В основном они базируются на зависимостях УКМ от различных показателей атмосферной циркуляции и величин антропогенной нагрузки и их влиянии на водный баланс Каспия, установленных для предпрогнозного периода, и их изменения в будущем. В последнее время чаще всего используется ансамбль моделей МОЦАО или отдельные климатические модели этого ансамбля, т.е. используется принцип актуализма. Реже учитываются закономерности циклических колебаний УКМ в прошлом.

Краткие обзоры различных методов прогноза даны в работах В.Н. Малинина (1994), «Гидрометеорологические аспекты и проблемы Каспийского моря и его бассейна» (2003) и «Водный баланс и колебания уровня Каспийского моря» (2016). Приведем несколько примеров долгосрочных детерминированных прогнозов. Удачным оказался прогноз М.С. Эйгенсона (1963), упоминавшийся выше как использующий в качестве предиктора солнечную активность; прогнозы А.Н. Афанасьева (1967) и К.И. Смирновой (1972), в котором впервые совместно учтены изменения колебаний уровня Каспия и показатели атмосферной циркуляции. Следует отметить, что в последней работе практически оправдался прогноз УКМ на 1980 год (-28.53 м н.у.м. БС) при фактическом -28.38 м. Однако выявились существенные расхождения в прогнозе на 1990 и 2000 годы:

прогнозировалось -28.99 и -29.57 м при фактическом -27.47 и -26.95 м. В монографии «Водный баланс и колебания уровня Каспийского моря» (2016) отмечается, что большинство авторов прогнозировали повышение УКМ до 2010 г., однако в 1996-1997 годы УКМ стал снижаться, что, правда, было предсказано М.И. Будыко с соавторами (1988). Вместе с тем в их работе к 2025 году предполагался рост уровня на 0.4 м по отношению к 1986 г., чего, как мы видим, нет. В.Н. Воробьев и В.Н. Малинин (1995) прогнозировали, что к 2000 году УКМ будет около -26.0 м, что недалеко от истины, а к 2020 году достигнет -25.0 м, что не соответствует действительности. Анализ выполненных долгосрочных детерминированных прогнозов показывает, что, как правило, более удачные прогнозы для отдельных периодов не оправдывались для других периодов. Этот вывод правомерен и в отношении прогнозов, выполненных позднее, например, З.К. Абузярова с соавторами (2010), хотя расхождения с фактическими значениями УКМ у них в целом меньше, чем в более ранних прогнозах.

Учитывая несовершенство долгосрочных детерминированных прогнозов, все большее число исследователей склоняется к тому, что наиболее оправдано давать вероятностные прогнозы УКМ, а с учетом высокого уровня неопределенности сведений о будущих климатических, гидрологических и хозяйственных условиях – применять сценарные прогнозы. Сценарные прогнозы трудно считать в истинном смысле прогнозами; скорее, это варианты проигрывания по моделям различных ситуаций, которые будут реализовываться при искусственно заданных наборах факторов или предикторов. Можно задать исходные параметры в вероятностном виде и в таком же виде получить результат, что показано на примере вероятностных прогнозов Государственного гидрологического института (ГГИ) основных составляющих водного баланса и уровня Каспийского моря на основе климатических сценариев (Водный ..., 2016). Для этого использована стохастическая модель, разработка которой начата в 1940-х гг. (Крицкий, Менкель, 1946). В монографии С.Н. Крицкого с соавторами (1975) на основе вероятностного воднобалансового метода дан прогноз на 1980 год со значением -28.80 м н.у.м. БС, что близко к фактическому -28.37 м; но в то же время совершенно не оправдался их прогноз на 2000 год с -29.75 м при фактическом -26.95 м. В другом варианте при таком же подходе, согласно расчетам значений математических ожиданий, правильно спрогнозированное снижение уровня до -27.7...-28.1 м не настолько меньше его фактического падения и, возможно, станет оправдавшимся на 2030 г. (Шикломанов и др., 2003). Такие типы прогнозов можно определить, как комбинированные сценарно-вероятностные.

Сходным образом был разработан прогноз на 2050 г., в котором также задавались сценарии притока Волги по моделям ГГИ, суммарное уменьшение притока за счет хозяйственной деятельности было принято в размере 28 км³/год (Водный ..., 2016). Математическое ожидание уровня Каспийского моря при четырех климатических сценариях и трех сценариях хозяйственной деятельности получилось выше отметки -29.0 м н.у.м. БС. С вероятностью 90% верхняя граница интервала колебания уровня не превысит -26.0 м.

Надо отметить, что несколько иной смысл сценарным прогнозам придает А.В. Фролов, называя данный подход теоретико-вероятностным, когда под сценарием понимает совокупность необходимой для прогноза информации, включая модели процессов многолетних изменений основных компонентов водного баланса и механизма колебаний уровня моря. Сделанный прогноз уровня на 1995-2018 годы с заданным средним водным балансом моря как наиболее реальным, позволил ему оценить повышение уровня моря выше отметки -26.0 м как «чрезвычайно маловероятным», а математическое ожидание уровня близким к наблюдаемым отметкам (Фролов, 2019).

В поисках причин неудач

При выявлении недостатков и преимуществ у тех или иных методов долгосрочного прогнозирования (типов прогнозов, как их часто называют), применявшихся на протяжении длительного периода времени, целесообразно обратиться к мнениям самих разработчиков прогнозов, которые нередко критически относятся к работам своих коллег. Рассмотрим с этих позиций несколько, по нашему представлению, ключевых работ.

И.А. Шикломанов (1976) писал, что уровень режим Каспийского моря почти целиком определяется притоком поверхностных вод, из которых 80% поступает со стоком р. Волги. Исходя из этого, для прогнозов необходимо изучение происходящих на водосборах рек процессов, которые влияют напрямую и косвенно на водность рек и образуют две основные группы факторов – климатическую и антропогенную. Признавая достаточно хорошую проработанность положений гидроклиматической составляющей, он отмечает неприемлемую противоречивость в оценках сокращения притока речных вод за счет потребления на хозяйственные нужды. Например, по расчетам В.А. Рутковской, общее потребление до 1960 года составило 188 км³, а по С.Н. Боброву – 47 км³. Суммарное потребление до 1970 года по расчетам С.Н. Боброва (1963) и В.И. Попова (1963), соответственно, 460 и 870 км³. Следует отметить, что, признавая указанный недостаток у предшественников, избежать его и ему не удалось, а в последующем прогнозисты стали просто использовать постоянные ежегодные значения, например, 40 км³ (Рычагов, 1993а), 28 км³ (Шикломанов, Георгиевский, 2003) или 25 км³ (Болгов и др., 2007).

Свой прогноз И.А. Шикломанов (1976) составил с использованием нового на тот момент метода оценки антропогенной составляющей, разработанного в ГГИ, когда она рассчитывается одновременно по водохозяйственным балансам и суммарно с учетом колебания стока за счет гидрометеорологических факторов. Составляющие водного баланса количественно уточняются. В качестве прогнозных значений используются среднее значение видимого испарения, величина естественного стока рек на 10% выше нормы и рассчитанные значения хозяйственного потребления водных ресурсов. Те же расчеты сделаны для среднего многолетнего речного стока и хозяйственного потребления на уровне 1973 г. В итоге получилось, что, если бы не планируемый рост водопотребления при увеличении площадей орошаемого земледелия с 2.8 до 7-8 млн. га, уровень Каспия к 2000 году не изменился бы или даже вырос на 20-30 см.

Положительная сторона работы И.А. Шикломанова – это акцент на антропогенной составляющей сокращения речного стока, поскольку до этого ей не уделялось достаточного внимания. Следует отметить, что при оценке источников ошибок с современных позиций ими оказываются неправильные прогнозы безвозвратного водопотребления, связанные с отсутствием достоверных планов развития водохозяйственной отрасли. Этот источник погрешности в прогнозах весьма актуален и сейчас. При прогнозировании применен «сценарно-детерминированный» подход, при котором определяющие климатические процессы экстраполировались на будущее (ранее мы говорили о сценарно-вероятностном подходе – более поздней разработке И.А. Шикломанова с коллегами).

В монографии «Гидрометеорология и гидрохимия морей» (1992) по методу прогнозирования выделены 2 типа. *Климатический или гелиогеофизический* тип основан на связи колебания уровня или отдельных элементов водного баланса с различными внешними факторами, а результат выдается в детерминированном виде. Методом используются геофизические показатели солнечно-земных связей. Чаще всего солнечная активность, выражаемая количеством солнечных пятен, коррелируется с климатическими характеристиками. Выявляются зависимости уровня моря и отдельных элементов водного баланса от характеристик атмосферной циркуляции, часто выражаемых в виде различных индексов. В качестве примеров приводятся работы Б.А. Аполлова с К.И. Алексеевым (1959),

Е.Г. Архиповой (1975) и А.А. Гирса (1957, 1971). Необходимо указать на следующий недостаток характеризуемого подхода: при синхронном сопоставлении хода уровня и показателей солнечной активности за скобками остаются физические механизмы передачи солнечной деятельности на гидрологические процессы (Соловьева, 2004). В описываемый тип прогнозов мы добавляем цитируемую работу, автор которой доказывает накопительный эффект гелиогеофизических факторов для реализации гидроклиматических последствий. Связь хода процессов может проявляться и просто при сдвиге временных рядов солнечной активности относительно уровня и отсутствовать при синхронном сопоставлении.

Очевидно преимущество детерминированного типа прогнозов во всех отраслях народного хозяйства – однозначность получаемых результатов, в чем заинтересованы потребители прогнозов. До 2000 года повышенный уровень был верно предсказан большинством прогнозов указанного типа. Но существуют существенные недостатки, которые стали ярко проявляться в XXI в. Оказалось, что периоды достаточно тесной связи между факторами и уровнем сменяются периодами, когда связь нарушается, меняется знак. В ряде случаев трудно найти факторы, тогда прибегают к искусственному временному смещению коррелируемых рядов и получают интервал заблаговременности прогнозирования (например, прогноз уровня 6-летней заблаговременности). Так же, как и другие детерминированные прогнозы, они содержат ошибки в точках перелома трендов хода уровня.

Вероятностно-статистические методы (Гидрометеорология ..., 1992) относятся ко второму типу прогнозов. В этом типе используется вероятностное описание колебаний уровня, исходя из определяющих его гидроклиматических факторов как стохастических процессов. В его основу положен воднобалансовый метод исследования изменчивости уровня, например в (Аполлов, 1935; Архипова и др., 1972). Моделирование временных рядов составляющих водного баланса позволяет исследовать динамику уровня моря в разных условиях антропогенного влияния, которое остается плохо описываемым фактором. Не совсем обоснованно, по нашему мнению, в монографии в этот тип включен упоминавшийся выше прогноз И.А. Шикломанова (1976).

Обычно использование указанных методов позволяет однозначно определять ход уровня при средних климатических значениях составляющих водного баланса с заданием широкой полосы вероятных отклонений. Расчетным базисом тогда являлся последний реперный период стационарного климата низкого положения уровня, выбор которого определяет и характер процессов на прогнозный период. Безвозвратные изъятия стока брались из расчета не менее 40 км³/год. В связи с этим вероятностно-статистические прогнозы того времени ошибочно указывали на спад уровня к 2000 году ниже -29.0 и даже -34.0 м н.у.м. БС, что противоречило климатическим прогнозам. Результаты этих расчетов, как отмечала Н.Н. Соловьева (2004), были приняты планирующими организациями. На такое решение в большой степени повлияло лоббирование водохозяйственного комплекса во главе с Минмелиоводхозом СССР и его основного производственного объединения Союзгипроводхоза, заинтересованных в осуществлении финансово емкого проекта переброски части стока северных рек (Мищенко и др., 2019, 2020).

Как показывает исторический опыт, звено «прогноз – план» в цепочке организации хозяйства прибрежной зоны Каспия остается в области неопределенности до сегодняшнего дня в связи с отсутствием механизмов принятия решений и ответственности за них. Следует отметить, что к настоящему времени этот тип прогноза значительно усовершенствован и дает в значительной степени достоверные прогнозы, хотя и не сверхдолгосрочной заблаговременности, когда через 10-20 лет их достоверность становится недопустимой. Результаты прогнозов в виде вероятностных кривых остаются трудными для практического использования.

Интересно в контексте обсуждаемой проблемы точности и оправдываемости долгосрочных прогнозов суждение Н.Н. Соловьевой (2004). Она противопоставляет вероятностным прогнозам 1970-х – начала 1980-х годов результаты прогнозов конца 1980-1990-х гг., которые дают сохранение уровня на повышенной отметке -25 м н.у.м БС до 2010 г., а с учетом сохранения объемов безвозвратных изъятий уровень должен составить не более -26.0 м. Смена использованного базисного расчетного периода (низкого стояния и снижения на период резкого повышения) поменяло и результаты прогнозов, что наглядно демонстрирует отмеченную выше слабость данного методологического подхода. Отсутствует в работах и обоснование такого подхода. После этого автор в своей работе предлагает учитывать сбросы сточных вод, хотя они и так учитываются в замыкающих створах при измерении расходов воды в реках.

Следует заметить, что модификация методики прогнозирования Н.Н. Соловьевой (с разложением рядов индексов циркуляции на главные компоненты со смещением рядов чисел Вольфа с 50-60-летней заблаговременности и разложением гидрометеорологических рядов на детерминированную составляющую и случайные от нее отклонения) дала в результате ошибочный прогноз 60-летней продолжительности повышения уровня, начавшегося в 1978 г. При этом, как отмечалось, если прогноз на конец 1990-х годов совпал с фактическим ходом, то после 2010 г., т.е. почти на 30 лет раньше, чем прогнозировалось, он изменил ход на противоположный. Вероятно, опять виновато использование последнего периода в качестве реперного для прогноза, но, возможно, здесь имеет место и начало более глобального сбоя в закономерностях циркуляции атмосферы. В методических подходах предполагается сохранение тенденции в процессах, что, возможно, и является основной причиной слабой оправдываемости сверхдолгосрочных прогнозов при ее (тенденции) изменении.

В монографии сотрудников Института водных проблем РАН (Болгов и др., 2007) методы прогнозов многолетних колебаний уровня подразделяются на вероятностные, климатические и геодинамические, преимущества и недостатки которых авторы достаточно подробно разбирают. Отметим кратко наиболее важные из них.

Климатические методы наиболее многочисленны, основаны на решении водного баланса. Авторы не выделяют из группы климатических прогнозов те, где используется квазипериодичность или цикличность гидрометеорологических процессов. Они указывают на сходство этих ритмических процессов с различными геодинамическими процессами, имеющими периодичность в 3-4, 5-7, 10-15, 25-30, 40, 50-60 и 100-120 лет, которое позволяет предложить тектоно-климатическую концепцию колебания уровня моря (Лилиенберг, 1993; Болгов и др., 2007). Не придавая большое значение терминологической аккуратности (геодинамические и тектонические процессы многие исследователи различают), следует отметить, что указанная концепция близка по физическим процессам, определяющим ход уровня, упоминавшемуся нами взгляду дагестанских геологов (Ковалев, Парада, 2013). Пожалуй, работа М.В. Болгова с соавторами (2007) – единственная, в которой гидрологи обращают внимание на возможные связи климатических и эндогенных геологических процессов.

В ней авторы отметили причину неудачи прогноза до 2000 года в работе Г.П. Калинина с соавторами (1968) в основном из-за неучета в стоковом ряду группировок маловодных и многоводных лет (внутрирядной связности). Разделение ряда среднегодового уровня (или его приращений) на тренд (долгопериодную составляющую) и короткопериодную (прогноз на каждый год) как отклонение от тренда позволит, как они считают, избежать подобных ошибок. Также авторы отмечают отсутствие общепринятых предикторов для прогнозирования долгопериодных колебаний, хотя выделение многоводных и маловодных периодов реально.

По поводу прогнозирования с помощью спектрального анализа колебания уровня авторы цитируемой работы пишут следующее. Если метод основан на выделении гармоник разных частот, а ход уровня аппроксимируется кривой, составленной из суммы колебаний, то не исключено, что начальная и конечная фазы долгопериодного колебания могут меняться случайным образом, в результате чего удовлетворительную аппроксимацию можно построить на непродолжительный срок. Авторы считают, что колебания уровня моря связаны с характеристиками солнечной активности, но рабочая методика их использования для прогнозирования отсутствует.

К характеристикам авторов монографии сторонних методик следует добавить и замечание к самой работе авторов (Болгов и др., 2007). Методика оценки вероятностных характеристик колебаний УКМ, разработанная авторами, требует условия, что приток и испарение являются некоррелированными случайными величинами, а антропогенные изъятия речного стока и сток в залив Кара-Богаз-Гол постоянны. Указанные условия нельзя считать строго выдержанными в реальности, что может закладывать в результаты существенные погрешности, о которых авторы умалчивают.

Разбор существующих подходов в прогнозировании и критического отношения к ним у разных авторов приводит к вполне закономерному выводу, с которым в значительной мере можно согласиться. Возможно, впервые встречаем его у сотрудников ГГИ, которые считают, что в условиях отсутствия прогнозов естественных изменений климатических характеристик в бассейне моря даже на ближайшие годы и неопределенности перспективной динамики водопотребления для оценки возможных изменений уровня в ближайшие десятилетия целесообразно использовать вероятностный подход (Шикломанов и др., 2003). При этом авторы в качестве примера приводят свой вероятностный прогноз в сценарном варианте. Сходное мнение в отношении Каспия неоднократно выражал и М.В. Болгов (2025, с. 50): «Приходится констатировать, что задача долгосрочного прогноза компонент водного баланса сегодня не имеет решения с приемлемой для практики погрешностью. Возможны лишь вероятностные прогнозы, например, в виде среднего положения уровня моря и отклонения от этого положения заданной вероятности». В своих суждениях указанные авторы далеко не одиноки.

Н.Н. Соловьева (2004, с. 16) пишет, что, «... как правило, успешными бывают прогнозы, которые основаны либо на использовании внутренних закономерностей в рядах, позволяющих производить экстраполяцию процессов, либо на зависимостях между взаимно связанными явлениями, причем развитие во времени определяющего процесса должно опережать прогнозируемое явление».

В условиях плановой экономики СССР именно на таких подходах существовала служба прогнозирования уловов рыбы во внутренних водоемах, которая регламентировалась соответствующими документами, но при этом допускалась и «свобода творчества» в разнообразных природных обстановках (Юдович и др., 1980). Для прогноза объема вылова отдельной промысловой популяции использовались предикторы – биологические показатели состояния промысловой популяции (в первую очередь размерно-возрастной состав), перспективы пополнения молодью и некоторые другие, которые изучались научными организациями. Для прогноза общих уловов в крупном водоеме чаще применялся инерционный прогноз путем экстраполяции тенденций изменчивости породного состава уловов, выраженного в относительных величинах, а также технического состояния промысла. Экосистема всего водоема считалась более устойчивой к внешним воздействиям, за счет чего и была возможность применения ограниченной по времени экстраполяции. Если в первом случае заблаговременность прогноза в основном определялась сроками вступления пополнений в промысел, то в инерционном типе заблаговременность составляла, как правило, 2-3 года, то есть на период устойчивости функционирования экосистемы

водоема и промысловой базы (при отсутствии катастрофических событий). При экстраполяции процессов, определяющих положение уровня Каспия на более длительные сроки, мы предполагаем их устойчивость на это время. Обоснован ли такой подход и в этом случае? Как показывают многочисленные примеры прогнозов, должен следовать отрицательный ответ. Искусственные манипуляции с современными моделями для периодической подстройки в ходе мониторинга и получения новых «подправленных» входных данных о функционировании системы, вполне вероятно, могут частично решить проблему долгосрочного прогнозирования. Но оценить это получится еще не скоро. К тому же это по заблаговременности уже будет не истинно долгосрочный прогноз, а комбинация его с периодически разрабатываемыми краткосрочными.

Взгляд на перспективу

Все большее число исследователей склоняется к тому, что наиболее правильно давать вероятностные прогнозы и рассматривать различные сценарии будущего состояния водного баланса и уровня моря. Однако, как мы отмечали, вероятностным, как и всем остальным типам прогнозов, свойственны одинаковые нерешенные проблемы с нахождением предикторов и ограниченностью по заблаговременности для инерционного прогнозирования. Кроме этих проблем не ясно, на какую вероятность положения уровня нужно ориентироваться, проводя подготовительные хозяйственные мероприятия? Вопрос не простой, требует отдельного тщательного рассмотрения.

Ситуация выглядит еще более сложной, если задаться вопросом: нужны ли вообще любые долгосрочные прогнозы, если нет регламентов принятия прогнозов к сведению и отсутствует механизм реагирования по их результатам с осуществлением необходимых мероприятий хозяйствующими субъектами? Как показала история осуществлявшихся защитных мероприятий в Дагестане при подъеме уровня во второй половине XX в., все они планировались и реализовывались в авральных условиях больших неопределенностей дальнейшего его хода (Водные ..., 1996; Основные ..., 1992). Современное падение уровня до критически низкой отметки также вызывает определенные негативные геоэкологические проблемы в известных отраслях хозяйства. Универсальным решением проблем в обоих случаях (роста и падения уровня) может стать только адаптация землепользования прибрежной зоны к колебанию УКМ в определенных экологически обоснованных пределах. Удивляет ситуация, когда хозяйство на верхнем участке дельты Волги адаптировано к колебанию уровня воды в реке с амплитудой 7 м (разница между половодьем и меженью в районе Верхнего Лебяжья). На других участках и реках амплитуды бывают и больше, до зарегулирования Волги водохранилищами она достигала 10 м. Почему в береговой зоне Каспия катастрофами считаются колебания амплитудой 2.5-3 м и не только в ее Российской части?

Отсутствуют и механизмы ответственности исполнителей на всех уровнях. Например, большинство прогнозов 1960-1970-х годов предсказывали продолжение снижения уровня, они были утверждены решением АН СССР (Рычагов, 2019), и начались проектные работы под руководством Минводхоза, заинтересованного в осуществлении переброски стока северных рек для восполнения дефицита водных ресурсов в бассейне Каспия (Мищенко и др., 2019, 2020). При этом оказалось, что более достоверные прогнозы не были учтены.

А что дальше? Какая реакция должна быть, если по прошествии, скажем, десятилетия в следующем прогнозе параметры вероятностей положения уровня изменятся? При очевидной цикличности его хода так и должно быть. Ориентация хозяйства прибрежной зоны должна меняться следом за его трендами? Выглядит весьма несуразно, но логично при условии, если считать, что перспективные прогнозы уровня обеспечивают решение

хозяйственных и геоэкологических проблем в прибрежной зоне Каспия. Мы считаем, что правильным решением должен стать не долгосрочный прогноз хода уровня, а приспособление к наиболее устойчивому диапазону его изменчивости, формирующегося в условиях сложившейся климатической обстановки и уровня безвозвратного потребления водных ресурсов, то есть к состоянию водного баланса, близкого к уровню тяготения на десятилетия. Этот диапазон должен быть максимально близок к экологически благоприятному для поддержания экосистемы Каспия в стабильном состоянии. На конкретные количественные показатели колебания уровня выводит анализ палеогеографических и исторических данных хода уровня, которые хорошо соответствуют геоморфологическим особенностям чаши водоема. Г.И. Рычагов (1993, 2011) назвал указанный диапазон «зоной риска» и определил его в интервале от -30 до -25 м н.у.м. БС с ориентацией на естественный сток р. Волги или с верхней границей в -26 м с учетом безвозвратного водозабора на хозяйственные нужды. Вполне вероятно потребуются осуществление гидротехнических мероприятий для внедрения элементов регулирования водного баланса за счет водного сообщения с северными реками и р. Доном по аналогии с проектом «Большой Волги» XX века. И тогда будут востребованы вероятностные краткосрочные прогнозы для удержания уровня в предусмотренном интервале изменчивости. Обоснование такого подхода требует отдельного подробного рассмотрения.

Это означает, что стратегия решения геоэкологических проблем в прибрежной зоне, связанных с колебанием уровня моря, от прогнозной должна измениться на адаптационную (адаптацию хозяйства к экологически обусловленной амплитуде колебания уровня), в которой прогноз вероятностного типа будет играть важную, но вспомогательную роль.

Выводы

Исторический анализ развития и современного состояния прогнозного направления в решении проблемы колебания уровня Каспийского моря показал, что на фоне успешных краткосрочных прогнозов колебания водного баланса и уровня прогнозирование на большие (более 3 лет) заблаговременности остается неудовлетворительным. Такой результат закономерен, если обратить внимание на два основных существующих и теоретически возможных подхода в прогнозировании развития природных систем, в рамках которых и появились разные многочисленные методики прогнозирования уровня. Первый подход – прогноз разрабатывается с помощью предиктора нужной заблаговременности. Для краткосрочных сезонных и непериодических колебаний он относительно легко находится среди метеорологических процессов. Для долгосрочных прогнозов надежных предикторов найти не удастся. Надежды, что это получится в скором времени, немного. При создании службы долгосрочного прогноза климатической изменчивости для крупных регионов, который представляет собой водосборный бассейн Каспийского моря, будет решена и задача долгосрочных прогнозов колебания уровня конечных бессточных водоемов.

Второй подход (инерционный) использует широко известный в географии метод актуализма. Считается, что выявленные на текущий довольно длительный период (обычно 12-15 лет, а для Каспия – до 20-60 лет) процессы, определяющие изменчивость уровня, не изменятся существенным образом на прогнозный период. В реальности надежная заблаговременность таких прогнозов ограничена 2-3 годами. Пролонгация на более длительную заблаговременность не имеет даже теоретического обоснования.

В заключение отмечаем, что в настоящее время нет методических подходов к долгосрочным прогнозам, которые можно назвать определенно перспективными. Смена ориентации от прогностической на стратегию адаптации прибрежного землепользования позволит решить геоэкологические проблемы, связанные с колебанием

уровня Каспия, а наиболее надежным вспомогательным средством для этого могут быть вероятностные или физико-статистические прогнозы. В этом случае основным критерием качества прогнозов выступает не оправдываемость (которая может быть оценена только по факту в конце прогнозного периода), а применимость в практическом использовании. Возможно, на основе комбинации долгосрочного прогноза с периодически разрабатываемыми краткосрочными (корректирующими тренд) с использованием для расчетов нейросетей будут созданы основы рабочей системы для поддержания устойчивого природопользования в прибрежной зоне Каспийского моря.

Финансирование. Работа выполнена по теме госзадания Института географии РАН FMWS-2026-0003, № 1025030300154-4, «Географо-гидрологическая оценка изменений водных ресурсов в прошлом, настоящем и будущем в различных природных и хозяйственных условиях».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

REFERENCES

1. Абузаров З.К. 2003. Технология прогноза тенденций изменения уровня Каспийского моря на перспективу 6 и 18 лет // Гидрометеорологические аспекты проблемы Каспийского моря и его бассейна. СПб.: Гидрометеиздат. С. 351-363.
2. Абузаров З.К., Нестеров Е.С., Краснюк В.С., Лежнева Н.Г. 2010. Развитие методов и технологий прогноза уровня Каспийского моря в Гидрометцентре России // Материалы международной научной конференции «Изменения климата и водного баланса Каспийского региона». Астрахань. С. 185-192.
3. Аполлов Б.А. 1935. Водный баланс Каспийского моря и возможные его изменения // Труды ЦИЭГМ. Вып. 2 (44). С. 11-18.
4. Аполлов Б.А., Алексеева К.И. 1959. Прогноз уровня Каспийского моря // Труды Океанографической комиссии АН СССР. Т. 5. С. 63-78.
5. Архипова Е.Г. 1975. Современный и перспективный водный и солевой баланс и возможные изменения гидрологического режима Каспийского моря // Труды ВНИРО. Т. 108. С. 18-26.
6. Архипова Е.Г., Крюков В.В.,
1. Abuzyarov ZK. Technology for forecasting trends in the Caspian Sea level changes for the next 6 and 18 years [*Tekhnologiya prognoza tendentsiy izmeneniya urovnya Kaspiyskogo morya na perspektivu 6 i 18 let*] *Hydrometeorological aspects of the problem of the Caspian Sea and its basin* [*Gidrometeorologicheskiye aspekty problemy Kaspiyskogo morya i yego basseyne*]. Saint-Petersburg: Gidrometeoizdat, 2003:351-363.
2. Abuzyarov ZK, Nesterov ES, Krasnyuk VS, Lezhneva NG. Development of methods and technologies for forecasting the Caspian Sea level in the Hydrometeorological Center of Russia [*Razvitiye metodov i tekhnologiy prognoza urovnya Kaspiyskogo morya v Gidromettsentre Rossii*] *Proc. of the International Scientific Conference "Climate Change and Water Balance of the Caspian Region"* [*Materialy mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii "Izmeneniya klimata i vodnogo balansa Kaspiyskogo regiona"*]. Astrakhan, 2010:185-192.
3. Apollov BA. Water balance of the Caspian Sea and its possible changes [*Vodnyy balans Kaspiyskogo morya i vozmozhnyye yego izmeneniya*]. *Proc. of the Central Institute of Experimental Hydrology and Meteorology* [*Trudy Tsentral'nogo instituta eksperimental'noy gidrologii i meteorologii*]. 1935;2:11-18.
4. Apollov BA, Alekseeva KI. Forecast of the Caspian Sea level [*Prognoz urovnya Kaspiyskogo morya*]. *Proc. of the Oceanographic Commission of the USSR Academy of Sciences* [*Trudy Okeanograficheskoy komissii AN SSSR*]. 1959;5:63-78.
5. Arkhipova EG. Modern and prospective water and salt balance and possible changes in the

- Молошникова В.Н. 1972. Возможные изменения уровня и других элементов гидрологического режима Каспийского моря // Труды ГОИН. Вып. 115. С. 5-19.
7. Афанасьев А.Н. 1967. Колебания гидрометеорологического режима на территории СССР. М.: Наука. 230 с.
 8. Бабкин А.В. 2005. Усовершенствованная модель оценки периодичности изменений уровня и элементов водного баланса Каспийского моря // Метеорология и гидрология. № 11. С. 63-73.
 9. Безродных И.П., Морозова Е.И., Петрукович А.А., Кожухов М.В. 2019. Динамика солнечной и геомагнитной активности. II: Периодические вариации солнечной и геомагнитной активности // Вопросы электромеханики. Труды ВНИИЭМ. Т. 171. № 4. С. 24-38.
 10. Белинский Н.А., Калинин Г.П. 1946. О прогнозе колебаний уровня Каспийского моря // Труды Научно-исследовательских учреждений. Серия IV: Гидрология суши. Вып. 37. 22 с.
 11. Бенашвили И.А. 1948. Уровень Каспийского моря: его прошлое настоящее и будущее. Л.: Гидрометеорологическое изд-во. 24 с.
 12. Берг Л.С. 1934. Уровень Каспийского моря за историческое время // Проблемы физической географии. № I. С. 11-64.
 13. Бобров С.Н. 1963. Влияние деятельности человека на сток рек в Каспийское море // Проблемы Каспийского моря. Всесоюзное совещание по проблеме Каспийского моря. Баку: Изд-во АН АЗССР. С. 44-55.
 - hydrological regime of the Caspian Sea [Sovremennyy i perspektivnyy vodnyy i solevoy balans i vozmozhnyye izmeneniya gidrologicheskogo rezhima Kaspiyskogo morya]. Proc. of VNIRO [Trudy VNIRO]. 1975;108:18-26.
 6. Arkhipova EG, Kryukov VV, Moloshnikova VN. Possible changes in the level and other elements of the hydrological regime of the Caspian Sea [Vozmozhnyye izmeneniya urovnya i drugih elementov gidrologicheskogo rezhima Kaspiyskogo morya]. Proc. of the State Oceanographic Institute [Trudy GOIN]. 1972;115:5-19.
 7. Afanasyev AN. Fluctuations of the hydrometeorological regime on the territory of the USSR [Kolebaniya gidrometeorologicheskogo rezhima na territorii SSSR]. Moscow: Nauka, 1967:230.
 8. Babkin AV. An improved model for assessing the periodicity of changes in the level and elements of the water balance of the Caspian Sea [Usovershenstvovannaya model' otsenki periodichnosti izmeneniy urovnya i elementov vodnogo balansa Kaspiyskogo morya]. Meteorology and Hydrology. 2005;11:63-73.
 9. Bezrodnykh IP, Morozova EI, Petrukovich AA, Kozhukhov MV. Dynamics of solar and geomagnetic activity [Dinamika solnechnoy i geomagnitnoy aktivnosti] II: Periodic variations of solar and geomagnetic activity [II: Periodicheskiye variatsii solnechnoy i geomagnitnoy aktivnosti]. Electromechanical Matters [Voprosy elektromekhaniki] Proc. of the All-Russian Research Institute of Electromechanics [Trudy VNIIEEM]. 2019;171 (4):24-38.
 10. Belinsky NA, Kalinin GP. On the forecast of Caspian Sea level fluctuations [O prognoze kolebaniy urovnya Kaspiyskogo morya]. Proc. of Research Institutions [Trudy Nauchno-issledovatel'skikh uchrezhdeniy] Series IV: Land Hydrology [Seriya IV: Gidrologiya суши]. 1946;37:22.
 11. Benashvili IA. The level of the Caspian Sea: its past, present and future [Uroven' Kaspiyskogo morya: yego proshloye nastoyashcheye i budushcheye]. Leningrad: Gidrometeorologicheskoye izd-vo, 1948:24.
 12. Berg LS. The level of the Caspian Sea in historical time [Uroven' Kaspiyskogo morya za istoricheskoye vremya]. Problems of Physical Geography [Problemy fizicheskoy geografii].

14. Болгов М.В. 2025. Можно ли прогнозировать колебания уровня Каспийского моря? // Наука и жизнь. № 3. С. 42-50.
15. Болгов М.В., Красножон Г.Ф., Любушин А.А. 2007. Каспийское море: экстремальные гидрологические события. М.: Наука. 381 с.
16. Борисов Е.В., Ермаков В.Б., Мельников В.А. 2019. Анализ периодической структуры климатических колебаний уровня Каспийского моря // Процессы в геосредах. № 2. С. 146-152.
17. Бudyko М.И., Ефимова И.А., Лобанов В.В. 1988. Будущий уровень Каспийского моря // Метеорология и гидрология. № 5. С. 86-94.
18. Вербицкая О.А., Зильберштейн О.И., Попов С.К., Лобов А.Л. 2002. Метод краткосрочного гидродинамического прогноза штормовых нагонов в северной части Каспийского моря и результаты его испытаний // Гидрометцентр. Информационный сборник. № 29. С. 76-89.
19. Водные ресурсы Дагестана: состояние и проблемы. 1996 / Ред. И.М. Сайтулаев, Э.М. Эльдаров. Махачкала. 180 с.
20. Водные ресурсы России и их использование. 2008 / Ред. И.А. Шикломанов. СПб.: Государственный гидрологический институт. 600 с.
21. Водный баланс и колебания уровня Каспийского моря. Моделирование и прогноз. 2016 / Ред. Е.С. Нестеров. М.: Триада. 378 с.
22. Воробьев В.Н., Малинин В.Н. 1995. Перспективы долгосрочного прогнозирования 1934;1:11-64.
13. Bobrov SN. The influence of human activity on river flow into the Caspian Sea [*Vliyaniye deyatel'nosti cheloveka na stok rek v Kaspiyskoye more*] *Problems of the Caspian Sea. All-Union Meeting on the Problem of the Caspian Sea [Problemy Kaspiyskogo morya. Vsesoyuznoye soveshchaniye po probleme Kaspiyskogo morya]*. Baku: Izd-vo AN AzSSR, 1963:44-55.
14. Bolgov MV. Is it possible to forecast Caspian Sea level fluctuations? [*Mozhno li prognozirovat' kolebaniya urovnya Kaspiyskogo morya?*]. *Science and Life [Nauka i zhizn']*. 2025;3:42-50.
15. Bolgov MV, Krasnozhon GF, Lyubushin AA. The Caspian Sea: extreme hydrological events [*Kaspiyskoye more: ekstremal'nyye gidrologicheskiye sobytiya*]. Moscow: Nauka, 2007:381.
16. Borisov EV, Ermakov VB, Melnikov VA. Analysis of the periodic structure of climatic fluctuations in the Caspian Sea level [*Analiz periodicheskoy struktury klimaticheskikh kolebaniy urovnya Kaspiyskogo morya*]. *Processes in Geomedium [Protsessy v geosredakh]*. 2019;2:146-152.
17. Budyko MI, Efimova IA, Lobanov VV. The future level of the Caspian Sea [*Budushchiy uroven' Kaspiyskogo morya*]. *Meteorology and Hydrology*. 1988;5:86-94.
18. Verbitskaya OA, Zilbershtein OI, Popov SK, Lobov AL. Method for short-term hydrodynamic forecast of storm surges in the northern part of the Caspian Sea and the results of its tests [*Metod kratkosrochnogo gidrodinamicheskogo prognoza shtormovykh nagonov v severnoy chasti Kaspiyskogo morya i rezul'taty yego ispytaniy*]. *Hydrometeorological Center [Gidromettsentr] Information Collection [Informatsionnyy sbornik]*. 2002;29:76-89.
19. Water resources of Dagestan: state and problems [*Vodnyye resursy Dagestana: sostoyaniye i problemy*] / eds. I.M. Saytulayev, E.M. Eldarov. Makhachkala, 1996:180.
20. Water resources of Russia and their use [*Vodnyye resursy Rossii i ikh ispol'zovaniye*] / ed. I.A. Shiklomanov. Saint-Petersburg: Gosudarstvennyy gidrologicheskiy institute, 2008:600.
21. Water balance and level fluctuations of the Caspian Sea. Modeling and forecast [*Vodnyy balans i kolebaniya urovnya Kaspiyskogo morya. Modelirovaniya i prognoz*] / ed. E.S. Nesterov.

- уровня Каспийского моря // Тезисы докладов. Международный симпозиум «Природные и социально-экономические последствия разработки и управления водными ресурсами». М. С. 145.
23. Геоэкологические изменения при колебаниях уровня Каспийского моря. 1997 / Ред. П.А. Каплин, Е.И. Игнатов. М.: Географический факультет МГУ. 208 с.
 24. Гетман И.Ф. 1997. Об ожидаемом уровне Каспийского моря в первой половине XXI века на основе анализа вековых циклов солнечной активности // Метеорология и гидрология. № 12. С. 25-31.
 25. Гидрометеорологические аспекты и проблемы Каспийского моря и его бассейна. 2003. СПб.: Гидрометеиздат. 672 с.
 26. Гидрометеорология и гидрохимия морей. 1992. Т. VI: Каспийское море. Вып. 1: Гидрометеорологические условия. СПб.: Гидрометеиздат. 360 с.
 27. Гидроэкологические проблемы в бассейне Волги и их последствия для Каспия (спецвыпуск). 2023 // Известия РАН. Серия географическая. Т. 87. № 6. 942 с.
 28. Гирс А.А. 1971. Многолетние колебания атмосферной циркуляции и долгосрочные гидрометеорологические прогнозы. Л.: Гидрометеиздат. 280 с.
 29. Гирс А.А. 1957. Эпохальные преобразования форм атмосферной циркуляции и связанные с ними колебания уровня Каспийского моря // Известия АН СССР. Серия геолого-географическая. № 1. Moscow: Triada, 2016:378.
 22. Vorobyov VN, Malinin VN. Prospects for long-term forecasting of the Caspian Sea level [*Perspektivy dolgosrochnogo prognozirovaniya urovnya Kaspiyskogo morya*] *International Symposium "Natural and socio-economic consequences of water resources development and management". Abstracts of reports [Mezhdunarodnyy simpozium "Prirodnyye i sotsial'no-ekonomicheskiye posledstviya razrabotki i upravleniya vodnymi resursami". Tezisy dokladov]*. Moscow, 1995:145.
 23. Geoecological changes during fluctuations in the Caspian Sea level [*Geoekologicheskiye izmeneniya pri kolebaniyakh urovnya Kaspiyskogo morya*] / eds. P.A. Kaplin, E.I. Ignatov. Moscow: Geograficheskiy fakultet MGU, 1997:208.
 24. Getman IF. On the expected level of the Caspian Sea in the first half of the 21st century based on the analysis of secular cycles of solar activity [Ob ozhidayemom urovne Kaspiyskogo morya v pervoy polovine XXI veka na osnove analiza vekovykh tsiklov solnechnoy aktivnosti]. *Meteorology and Hydrology*. 1997;12:25-31.
 25. Hydrometeorological aspects and problems of the Caspian Sea and its basin [*Gidrometeorologicheskiye aspekty i problemy Kaspiyskogo morya i yego basseyna*]. Saint-Petersburg: Gidrometeoizdat, 2003:672.
 26. Hydrometeorology and hydrochemistry of the seas [*Gidrometeorologiya i gidrokhimiya morey*] Vol. VI: The Caspian Sea [T. VI: Kaspiyskoye more]. Iss. 1: Hydrometeorological conditions [Vyp. 1: Gidrometeorologicheskiye usloviya]. Saint-Petersburg: Gidrometeoizdat, 1992:360.
 27. Hydroecological problems in the Volga basin and their consequences for the Caspian Sea (special issue) [Gidroekologicheskiye problemy v basseyne Volgi i ikh posledstviya dlya Kaspiya (spetsvypusk)]. *Bulletin of the Russian Academy of Sciences. Geographical Series [Izvestiya RAN. Seriya geograficheskaya]*. 2023;87 (6):942.
 28. Girs AA. Long-term fluctuations of atmospheric circulation and long-term hydrometeorological forecasts [*Mноголетniye kolebaniya atmosferno y tsirkulyatsii i dolgosrochnyye gidrometeorologicheskiye prognozy*]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1971:280.
 29. Girs AA. Epochal transformations of atmospheric circulation forms and associated fluctuations in the

- С. 102-108.
30. Дуванин А.И. 1997. К пониманию природы и возможностей прогноза колебаний уровня Каспийского моря // Вестник МГУ. № 2. С. 13-15.
 31. Ермаков В.Б. 2023. Многолетние изменения уровня Каспийского моря и современные варианты их прогнозирования // Известия РАН. Серия географическая. Т. 87. № 6. С. 930-940.
 32. Зайков Б.Д. 1946. Водный баланс Каспийского моря в связи с причинами понижения его уровня // Труды НИУ ГУГМС. Серия 4. Вып. 38. С. 5-50.
 33. Зайков Б.Д. 1940. Многолетние колебания стока реки Волги и уровня Каспийского моря // Комиссия по комплексному изучению Каспийского моря. Вып. 10. 52 с.
 34. Зильберштейн О.И., Вербицкая О.А., Попов С.К., Лобов А.А. 2003. Метод прогноза штормовых нагонов для Северного Каспия на основе данных региональной модели атмосферы // Гидрометеорологические аспекты проблемы Каспийского моря и его бассейна. СПб.: Гидрометеиздат. С. 342-350.
 35. Ивкина Н.И. 2013. Сгонно-нагонные явления в устьевой зоне казахстанского сектора Каспийского моря // Труды ГОИН. Вып. 214. С. 278-290.
 36. Калинин Г.П., Смирнова К.И., Шереметевская О.И. 1968. Воднобалансовые расчеты будущих уровней Каспийского моря // Метеорология и гидрология. № 9. С. 45-52.
 37. Кан С.И. 1948. Метод краткосрочных прогнозов уровня северной части Caspian Sea level [Epokhal'nyye preobrazovaniya form atmosfernoy tsirkulyatsii i svyazannyye s nimi kolebaniya urovnya Kaspiyskogo morya]. *Bulletin of the USSR Academy of Sciences [Izvestiya AN SSSR] Geological and Geographical Series [Seriya geologo-geographicheskaya]*. 1957;1:102-108.
 30. Duvanin AI. Towards understanding the nature and possibilities of forecasting Caspian Sea level fluctuations [K ponimaniyu prirody i vozmozhnostey prognoza kolebaniy urovnya Kaspiyskogo morya]. *Bulletin of Moscow State University [Vestnik MGU]*. 1997;2:13-15.
 31. Ermakov VB. Long-term changes in the Caspian Sea level and modern options for their forecasting [Mnogoletniye izmeneniya urovnya Kaspiyskogo morya i sovremennyye varianty ikh prognozirovaniya]. *Bulletin of the Russian Academy of Sciences [Izvestiya RAN] Geographical Series [Seriya geograficheskaya]*. 2023;87 (6):930-940.
 32. Zaikov BD. Water balance of the Caspian Sea in connection with the reasons for its level decline [Vodnyy balans Kaspiyskogo morya v svyazi s prichinami ponizheniya yego urovnya]. *Proc. of Research Institutions of the Main Directorate of the Hydrometeorological Service [Trudy NIU GUGMS] Seriya 4 [Series 4]*. 1946;38:5-50.
 33. Zaikov BD. Long-term fluctuations in the flow of the Volga River and the level of the Caspian Sea [Mnogoletniye kolebaniya stoka reki Volgi i urovnya Kaspiyskogo morya]. Commission for comprehensive study of the Caspian Sea. Proceedings [Komissiya po kompleksnomu izucheniyu Kaspiyskogo morya]. Moscow-Leningrad: Izd-vo AN SSSR, 1940;10:52.
 34. Zilbershtein OI, Verbitskaya OA, Popov SK, Lobov AA. Method for forecasting storm surges for the Northern Caspian based on data from a regional atmospheric model [Metod prognoza shtormovykh nagonov dlya Severnogo Kaspiya na osnove dannyykh regional'noy modeli atmosfery] *Hydrometeorological aspects of the problem of the Caspian Sea and its basin [Gidrometeorologicheskiye aspekty problemy Kaspiyskogo morya i yego basseyna]*. Saint-Petersburg: Gidrometeoizdat, 2003:342-350.
 35. Ivkina NI. Surge phenomena in the estuary zone of the Kazakh sector of the Caspian Sea [Sgonno-nagonnnyye yavleniya v ust'yevoy zone kazakhstanskogo sektora Kaspiyskogo morya].

- Каспийского моря // Труды ЦИП. Вып. 3 (30). С. 3-50.
38. Каракаш А. 1939. Метод предсказаний краткосрочных изменений уровня на внутренних морях СССР (Каспийское, Черное, Азовское) // Метеорология и гидрология. № 3. С. 78-82.
 39. Ковалев В.В., Астахов В.В., Нечипорова Т.П. 2011. Геолого-геоморфологические аспекты изменений уровня Каспийского моря в голоцене // Известия вузов. Серия «Естественные науки». № 5. С. 67-69.
 40. Ковалев В.В., Парада С.Г. 2013. Геологические аспекты современных изменений уровня Каспийского моря // Вестник Южного научного центра. Т. 9. № 2. С. 38-46.
 41. Коронкевич Н.И., Георгиади А.Г., Барабанова Е.А., Кашутина Е.А., Милукова И.П. 2023. О соотношении климатических и антропогенных факторов в изменении стока Волги // Известия РАН. Серия географическая. Т. 87. № 6. С. 825-834.
 42. Костяной А.Г., Малинин В.Н., Фролов А.В. 2025. Основные причины изменения уровня Каспийского моря // Фундаментальная и прикладная климатология. Т. 11. № 3. С. 338-373.
 43. Крицкий С.Н., Коренистов Д.В., Раткович Д.Я. 1975. Колебания уровня Каспийского моря: Анализ режима и вероятностный прогноз. М.: Наука. 158 с.
 44. Крицкий С.Н., Менкель М.Ф. 1946. Некоторые положения статистической теории колебаний уровня естественных водоемов и их применение к *Proc. of the State Oceanographic Institute [Trudy GOIN]*. 2013;214:278-290.
 36. Kalinin GP, Smirnova KI, Sheremetevskaya OI. Water balance calculations of future Caspian Sea levels [Vodnobilansovyye raschety budushchikh urovney Kaspiyskogo morya]. *Meteorology and Hydrology*. 1968;9:45-52.
 37. Kan SI. Method for short-term forecasts of the level in the northern part of the Caspian Sea [Metod kratkosrochnykh prognozov urovnya severnoy chasti Kaspiyskogo morya]. *Proc. of the Central Institute of Forecasts [Trudy TsIP]*. 1948;3:3-50.
 38. Karakash A. Method for predicting short-term level changes in the inland seas of the USSR (Caspian, Black, Azov) [Metod predskazaniy kratkosrochnykh izmeneniy urovnya na vnutrennikh moryakh SSSR (Kaspiyskoye, Chernoye, Azovskoye)]. *Meteorology and Hydrology*. 1939;3:78-82.
 39. Kovalev VV, Astakhov VV, Nechiporova TP. Geological and geomorphological aspects of Caspian Sea level changes in the Holocene [Geologo-geomorfologicheskiye aspekty izmeneniy urovnya Kaspiyskogo morya v golotsene]. *University News [Izvestiya vuzov] North-Caucasian Region [Severo-Kavkazskiy region] Natural Sciences [Yestestvennyye nauki]*. 2011;5:67-69.
 40. Kovalev VV, Parada SG. Geological aspects of modern Caspian Sea level changes [Geologicheskiye aspekty sovremennykh izmeneniy urovnya Kaspiyskogo morya]. *Bulletin of the Southern Scientific Centre [Vestnik Yuzhnogo nauchnogo tsentra]*. 2013;9 (2):38-46.
 41. Koronkevich NI, Georgiadi AG, Barabanova EA, Kashutina EA, Milyukova IP. On the relationship between climatic and anthropogenic factors in the change of the Volga runoff [O sootnoshenii klimaticheskikh i antropogennykh faktorov v izmenenii stoka Volgi]. *Bulletin of the Russian Academy of Sciences [Izvestiya RAN] Geographical Series [Seriya geograficheskaya]*. 2023;87 (6):825-834.
 42. Kostyanoi AG, Malinin VN, Frolov AV. The main reasons for changes in the level of the Caspian Sea [Osnovnye prichiny izmeneniya urovnya Kaspiyskogo morya]. *Fundamental and Applied Climatology [Fundamental'naya i prikladnaya klimatologiya]*. 2025;11 (3):338-373.
 43. Kritsky SN, Korenistov DV, Ratkovich DY. Fluctuations of the Caspian Sea level: Regime

- исследованию режима Каспийского моря // Труды I совещания по регулированию стока. М., Л.: Изд-во АН СССР. С. 76-97.
45. Ланно С.С., Рева Ю.А. 1997. Сравнительный анализ долгопериодной изменчивости уровней Черного и Каспийского морей // Метеорология и гидрология. № 12. С. 63-75.
 46. Ленц Э. 1836. Об изменениях уровня Каспийского моря // Журнал Министерства внутренних дел. Т. 20. № 26. С. 93-100.
 47. Лилиенберг Д.А. 1993. Тенденции современной эндодинамики Каспия и изменения уровня моря // Доклады РАН. Т. 331. № 6. С. 745-750.
 48. Малинин В.Н. 2022. Грозит ли Каспию судьба Арала? // Гидрометеорология и экология. № 69. С. 746-760.
 49. Малинин В.Н. 2009. Долгосрочное прогнозирование уровня Каспийского моря // Известия РАН. Серия географическая. № 6. С. 7-16.
 50. Малинин В.Н. 1994. Проблема прогноза уровня Каспийского моря. СПб.: РГГМИ. 158 с.
 51. Малинин В.Н., Гордеева С.М. 2020. Уровень Каспийского моря как индикатор крупномасштабного влагообмена в системе «океан–атмосфера–суша» // Труды Карельского научного центра РАН. № 4. С. 5-20.
 52. Мещерская А.В., Александрова Н.А. 1993. Прогноз уровня Каспийского моря по метеорологическим данным // Метеорология и гидрология. № 3. С. 72-82.
 53. Мещерская А.В., Голод М.П. analysis and probabilistic forecast [*Kolebaniya urovnya Kaspiyskogo morya: Analiz rezhima i veroyatnostnyy prognos*]. Moscow: Nauka, 1975:158.
 44. Kritsky SN, Menkel MF. Some propositions of the statistical theory of level fluctuations in natural water bodies and their application to the study of the Caspian Sea regime [*Nekotoryye polozheniya statisticheskoy teorii kolebaniy urovnya yestestvennykh vodoyemov i ikh primeneniye k issledovaniyu rezhima Kaspiyskogo morya*] *Proc. of the 1st Meeting on Flow Regulation [Trudy I soveshchaniya po regulirovaniyu stoka]*. Moscow-Leningrad: Izd-vo AN SSSR, 1946:76-97.
 45. Lappo SS, Reva YuA. Comparative analysis of long-period variability in the levels of the Black and Caspian Seas [*Sravnitel'nyy analiz dolgoperiodnoy izmenchivosti urovney Chernogo i Kaspiyskogo morey*]. *Meteorology and Hydrology*. 1997;12:63-75.
 46. Lenz E. On changes in the level of the Caspian Sea [*Ob izmeneniyakh urovnya Kaspiyskogo morya*]. *Journal of the Ministry of Internal Affairs [Zhurnal Ministerstva vnutrennikh del]*. 1836;20 (26):93-100.
 47. Lilienberg DA. Trends in modern endodynamics of the Caspian and sea level changes [*Tendentsii sovremennoy endodinamiki Kaspiya i izmeneniya urovnya morya*]. *Reports of the Russian Academy of Sciences [Doklady RAN]*. 1993;331 (6):745-750.
 48. Malinin VN. Does the Caspian face the fate of the Aral? [*Grozit li Kaspiyu sud'ba Arala?*]. *Hydrometeorology and Ecology [Gidrometeorologiya i ekologiya]*. 2022;69:746-760.
 49. Malinin VN. Long-term forecasting of the Caspian Sea level [*Dolgosrochnoye prognozirovaniye urovnya Kaspiyskogo morya*]. *Bulletin of the Russian Academy of Sciences [Izvestiya RAN] Geographical Series [Seriya geograficheskaya]*. 2009;6:7-16.
 50. Malinin VN. The problem of forecasting the Caspian Sea level [*Problema prognoza urovnya Kaspiyskogo morya*]. Saint-Petersburg: RGGMI, 1994:158.
 51. Malinin VN, Gordeeva SM. The Caspian Sea level as an indicator of large-scale moisture exchange in the “ocean–atmosphere–land” system [*Uroven' Kaspiyskogo morya kak indikator krupnomasshtabnogo vlagobomena v sisteme “ocean–atmosfera–susha”*]. *Proc. of the Karelian Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences [Trudy Karel'skogo nauchnogo tsentra RAN]*. 2020;4:5-20.
 52. Meshcherskaya AV, Aleksandrova NA. Forecast of

2003. О статистических сверхдолгосрочных прогнозах уровня Каспийского моря с использованием крупномасштабных климатических параметров // Гидрометеорологические аспекты проблемы Каспийского моря и его бассейна. СПб.: Гидрометеиздат. С. 278-294.
54. Мищенко Е.Ф., Мищенко А.С., Зеликин М.И. 2019. Адекватность математических моделей в теории управления, физике и экологии // Журнал Фонда математического образования и просвещения. № 4 (92). С. 2-16.
 55. Мищенко Е.Ф., Мищенко А.С., Зеликин М.И. 2020. Адекватность математических моделей в теории управления, физике и экологии // Журнал Фонда математического образования и просвещения. № 1 (93). С. 2-14.
 56. Мухина Е. 2023. В Волгоградской области продолжится рост площади орошаемых земель [Электронный ресурс www.riac34.ru (дата обращения 23.12.2025)].
 57. Найденов В.И. 2004. Нелинейная динамика поверхностных вод суши. М.: Наука. 317 с.
 58. Найденов В.И. 1992. Нелинейная модель колебаний уровня Каспийского моря // Математическое моделирование. Т. 4. № 6. С. 50-64.
 59. Нестеров Е.С. 2019. Оперативные прогностические технологии для гидрометеорологического обеспечения деятельности на неарктических морях России // Ученые записки РГТМУ. № 55. С. 108-119.
 - the Caspian Sea level based on meteorological data [Prognoz urovnya Kaspiyskogo morya po meteorologicheskim dannym]. *Meteorology and Hydrology*. 1993;3:72-82.
 53. Meshcherskaya AV, Golod MP. On statistical ultra-long-term forecasts of the Caspian Sea level using large-scale climatic parameters [*O statisticheskikh sverkhdolgosrochnykh prognozach urovnya Kaspiyskogo morya s ispol'zovaniyem krupnomasshtabnykh klimaticheskikh parametrov*] *Hydrometeorological aspects of the problem of the Caspian Sea and its basin* [*Gidrometeorologicheskiye aspekty problemy Kaspiyskogo morya i yego basseyna*]. Saint-Petersburg: Gidrometeoizdat, 2003:278-294.
 54. Mishchenko EF, Mishchenko AS, Zelikin MI. Adequacy of mathematical models in control theory, physics and ecology [Adekvatnost' matematicheskikh modeley v teorii upravleniya, fizike i ekologii]. *Mathematical Education* [*Matematicheskoye obrazovaniye*] *Journal of the Foundation for Mathematical Education and Enlightenment* [*Zhurnal Fonda matematicheskogo obrazovaniya i prosveshcheniya*]. 2019;4:2-16.
 55. Mishchenko EF, Mishchenko AS, Zelikin MI. Adequacy of mathematical models in control theory, physics and ecology [Adekvatnost' matematicheskikh modeley v teorii upravleniya, fizike i ekologii]. *Mathematical Education* [*Matematicheskoye obrazovaniye*] *Journal of the Foundation for Mathematical Education and Enlightenment* [*Zhurnal Fonda matematicheskogo obrazovaniya i prosveshcheniya*]. 2020;1:2-14.
 56. Mukhina E. Expansion of irrigated land area to continue in the Volgograd Region [*V Volgogradskoy oblasti prodolzhitsya rost ploshchadi oroshayemykh zemel'*]. 2023, Available at www.riac34.ru (Date of Access 23/12/2025).
 57. Naydenov VI. Nonlinear dynamics of surface land waters [*Nelineynaya dinamika poverkhnostnykh vod sushi*]. Moscow: Nauka, 2004:317.
 58. Naydenov VI. Nonlinear model of Caspian Sea level fluctuations [*Nelineynaya model' kolebaniy urovnya Kaspiyskogo morya*]. *Mathematical Modeling* [*Matematicheskoye modelirovaniye*]. 1992;4 (6):50-64.
 59. Nesterov ES. Operational forecasting technologies for hydrometeorological support of activities in the non-Arctic seas of Russia [*Operativnyye prognosticheskiye*

60. Нестеров Е.С. 2003. О связи индексов колебания циркуляции атмосферы и уровня Каспийского моря // Гидрометеорологические аспекты проблемы Каспийского моря и его бассейна. СПб.: Гидрометеиздат. С. 323-326.
61. Нестеров Е.С. 2001. Низкочастотная изменчивость циркуляции атмосферы и уровень Каспийского моря во второй половине XX века // Метеорология и гидрология. № 11. С. 27-36.
62. Нестеров Е.С., Павлова А.В. 2024. Влияние колебаний циркуляции атмосферы на уровень Каспийского моря // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. № 1 (391). С. 56-70.
63. Осика Д.Г., Магомедова Э.Ф., Бутаев А.М., Зубик С.В., Осика Л.Д. 1997. Уровенный режим Каспия и его прогноз // Геология, минерально-сырьевые и топливно-энергетические ресурсы Дагестана (сборник статей). Вып. 46. С. 135-139.
64. Основные положения технико-экономического доклада. Защита народнохозяйственных объектов и населенных пунктов прибрежной полосы Каспийского моря в пределах Российской Федерации. 1992. М. 48 с.
65. Паллас П.С. 1773-1788. Путешествие по разным провинциям Российского Государства. СПб.: Императорская Академия Наук. Ч. 1. 786 с.; Ч. 2. Кн. 1. 476 с.; Ч. 2. Кн. 2. 575 с.; Ч. 3. Половина первая. 655 с.; Ч. 3. Половина вторая. 481 с.; Атлас. 111 с.
66. Попов В.Н. 1963. Проблема регулирования Каспийского моря // Проблемы Каспийского технологii dlya gidrometeorologicheskogo obespecheniya deyatelnosti na nearkticheskikh moryakh Rossii]. *Scientific Notes of the Russian State Hydrometeorological University [Uchenyye zapiski RGGMU]*. 2019;55:108-119.
60. Nesterov ES. On the relationship between atmospheric circulation oscillation indices and the Caspian Sea level [*O svyazi indeksov kolebaniya tsirkulyatsii atmosfery i urovnya Kaspiyskogo morya*] *Hydrometeorological aspects of the problem of the Caspian Sea and its basin [Gidrometeorologicheskiye aspekty problemy Kaspiyskogo morya i yego basseyna]*. Saint-Petersburg: Gidrometeoizdat, 2003:323-326.
61. Nesterov ES. Low-frequency variability of atmospheric circulation and the Caspian Sea level in the second half of the 20th century [*Nizkochastotnaya izmenchivost' tsirkulyatsii atmosfery i uroven' Kaspiyskogo morya vo vtoroy polovine KhKh veka*]. *Meteorology and Hydrology*. 2001;11:27-36.
62. Nesterov ES, Pavlova AV. Influence of atmospheric circulation oscillations on the Caspian Sea level [*Vliyaniye kolebaniy tsirkulyatsii atmosfery na uroven' Kaspiyskogo morya*]. *Hydrometeorological Research and Forecasts [Gidrometeorologicheskiye issledovaniya i prognozy]*. 2024;1:56-70.
63. Osika DG, Magomedova EF, Butaev AM, Zubik SV, Osika LD. Level regime of the Caspian and its forecast [*Urovennyy rezhim Kaspiya i yego prognoz*] *Geology, mineral resources and fuel and energy resources of Dagestan (collection of articles) [Geologiya, mineral'no-syr'yevyye i toplivo-energeticheskiye resursy Dagestana (sbornik statey)]*. Makhachkala: Dagestanskiy NTsRAN, Institut geologii, 1997;46:135-139.
64. Main provisions of the feasibility study [*Osnovnyye polozheniya tekhniko-ekonomicheskogo doklada*] *Protection of national economic facilities and settlements in the coastal strip of the Caspian Sea within the Russian Federation [Zashchita narodnokhozyaystvennykh ob'yektov i naselennykh punktov pribrezhnoy polosy Kaspiyskogo morya v predelakh Rossiyskoy Federatsii]*. Moscow, 1992:48.
65. Pallas PS. Journey through various provinces of the Russian Empire [*Puteshestviye po raznym provintsiyam Rossiyskogo Gosudarstva*]. Saint-Petersburg: Imperatorskaya Akademiya Nauk. 1773;1:786. 1786;1 (2):476. 1786;2 (2):575. 1788;3 (1):655. 1788;3 (2):481. 1788:111.

- моря. Всесоюзное совещание по проблеме Каспийского моря. Баку: Изд-во АН АзССР. С. 336-345.
67. Проблемы Волго-Каспия. Труды ноябрьской сессии 1933 года. 1934. Л.: Изд-во АН СССР. Т. 1. 638 с.; Т. 2. 730 с.
 68. Рычагов Г.И. 2019. К методике геоморфологических исследований (геоморфологические уроки Каспия) // Геоморфология. № 4. С. 27-39.
 69. Рычагов Г.И. 2013. Современные проблемы уровня Каспийского моря и хозяйственная деятельность в береговой зоне // Труды ГОРД. Вып. 41. С. 1-13.
 70. Рычагов Г.И. 2011. Колебания уровня Каспийского моря: причины, последствия, прогноз // Вестник МГУ. Серия 5: География. № 2. С. 4-12.
 71. Рычагов Г.И. 1993. Уровенный режим Каспийского моря за последние 10000 лет // Вестник МГУ. Серия 5: География. № 2. С. 38-49.
 72. Сидоренков И.С., Сумерова К.А. 2012. Геодинамические причины декадных изменений климата // Труды Гидрометеорологического научно-исследовательского центра Российской Федерации. № 348. С. 195-214.
 73. Смирнова К.И. 1972. Водный баланс и долгосрочный прогноз уровня Каспийского моря // Труды Гидрометцентра СССР. Вып. 94. 123 с.
 74. Соловьёв М.М. 1941. Бэр на Каспии: Каспийская экспедиция 1853-1856 гг. под руководством акад. К.М. Бэра. М.-Л.: Изд-во АН СССР. 192 с.
 75. Соловьева Н.Н. 2004. Popov VN. The problem of regulating the Caspian Sea [*Problema regulirovaniya Kaspiyskogo morya*]. Problems of the Caspian Sea [*Problemy Kaspiyskogo morya*] All-Union Meeting on the Problem of the Caspian Sea [*Vsesoyuznoye soveshchaniye po probleme Kaspiyskogo morya*]. Baku: Izd-vo AN AzSSR, 1963:336-345.
 67. Problems of the Volga-Caspian. Proceedings of the November session of 1933 [*Problemy Volgo-Kaspiya. Trudy noyabr'skoy sessii 1933 goda*]. Leningrad: Izd-vo AN SSSR. 1934;1:638. 1934;2:730.
 68. Rychagov GI. On the methodology of geomorphological research (geomorphological lessons of the Caspian) [K metodike geomorfologicheskikh issledovaniy (geomorfologicheskiye uroki Kaspiya)]. *Geomorphology*. 2019;4:27-39.
 69. Rychagov GI. Modern problems of the Caspian Sea level and economic activity in the coastal zone [Sovremennyye problemy urovnya Kaspiyskogo morya i khozyaystvennaya deyatel'nost' v beregovoy zone]. *Proc. of the Caspian Marine Research Department [Trudy GORD]*. 2013;41:1-13.
 70. Rychagov GI. Fluctuations of the Caspian Sea level: causes, consequences, forecast [Kolebaniya urovnya Kaspiyskogo morya: prichiny, posledstviya, prognoz]. *Bulletin of Moscow State University [Vestnik MGU] Series 5: Geography [Seriya 5: Geografiya]*. 2011;2:4-12.
 71. Rychagov GI. The level regime of the Caspian Sea over the last 10,000 years [Urovennyy rezhim Kaspiyskogo morya za posledniye 10 000 let]. *Bulletin of Moscow State University [Vestnik MGU] Series 5: Geography [Seriya 5: Geografiya]*. 1993;2:38-49.
 72. Sidorenkov IS, Sumerova KA. Geodynamic causes of decadal climate changes [Geodinamicheskiye prichiny dekadnykh izmeneniy klimata]. *Proc. of the Hydrometeorological Research Centre of the Russian Federation [Trudy Gidrometeorologicheskogo nauchno-issledovatel'skogo tsentra Rossiyskoy Federatsii]*. 2012;348:195-214.
 73. Smirnova KI. Water balance and long-term forecast of the Caspian Sea level [Vodnyy balans i dolgosrochnyy prognoz urovnya Kaspiyskogo morya]. *Proc. of the Hydrometeorological Center of the USSR [Trudy Gidromettsentra SSSR]*. 1972;94:123.
 74. Solovyov MM. Baer on the Caspian: The Caspian expedition of 1853-1856 led by the Academician K.M. Ber [Ber na Kaspii: Kaspiyskaya ekspeditsiya 1853-1856 gg. pod rukovodstvom akad. K.M. Bera].

- Исследование зависимости колебаний уровня Каспийского моря от солнечной активности. СПб.: Изд-во РГГМУ. 70 с.
76. Фомина Н.Д. 1968. О связи уровня и ветра в районе Среднего и Южного Каспия // Сборник работ Бакинской ГМО. Вып. 4. С. 61-67.
 77. Фролов А.В. 2025. Доклад «Эволюция представлений о механизме формирования многолетних колебаний уровня Каспийского моря» [Электронный ресурс <https://www.iwp.ru/about/news/doklad-evolyutsiya-predstavleniy-o-mekhanizme-formirovaniya-mnogoletnikh-kolebaniy-urovnya-kaspiysko/?ysclid=mlwk1epm329438454> (дата обращения 22.02.2026)].
 78. Фролов А.В. 2021. Динамико-стохастическое моделирование многолетних колебаний уровня Каспия в палеовремени (14-4 тыс. лет до н.э.) // Водные ресурсы. Т. 48. № 6. С. 633-642.
 79. Фролов А.В. 2019. Сценарные прогнозы колебаний уровня Каспия с учетом климатических и техногенных воздействий на водный баланс моря // Океанологические исследования. Т. 47. № 5. С. 130-148.
 80. Фролов А.В. 2003. Моделирование многолетних колебаний уровня Каспийского моря: теория и приложения. М.: ГЕОС. 174 с.
 81. Ханыков Н. 1853. О перемежающихся изменениях уровня Каспийского моря // Записки Западно-Кавказского отделения РГО. Ч. II. С. 66-152.
 82. Хубларян М.Г., Найденов В.И. 1991. О тепловом механизме колебаний уровня водоемов // ДАН СССР. Т. 319. № 6. С. 1438-1444.
 - Moscow-Leningrad: Izd-vo AN SSSR, 1941:192.
 75. Solovieva NN. Study of the dependence of Caspian Sea level fluctuations on solar activity [*Issledovaniye zavisimosti kolebaniy urovnya Kaspiyskogo morya ot solnechnoy aktivnosti*]. Saint-Petersburg: Izd-vo RGGMU, 2004:70.
 76. Fomina ND. On the relationship between level and wind in the region of the Middle and Southern Caspian [O svyazi urovnya i vetra v rayone Srednego i Yuzhnogo Kaspiya]. *Collection of works of the Baku Hydrometeorological Observatory [Sbornik rabot Bakinskoy GMO]*. 1968;4:61-67.
 77. Frolov AV. Report "Evolution of ideas about the mechanism of formation of long-term fluctuations in the Caspian Sea level" [*Doklad "Evolutsiya predstavleniy o mekhanizme formirovaniya mnogoletnikh kolebaniy urovnya Kaspiyskogo morya"*]. 2025, Available at <https://www.iwp.ru/about/news/doklad-evolyutsiya-predstavleniy-o-mekhanizme-formirovaniya-mnogoletnikh-kolebaniy-urovnya-kaspiysko/?ysclid=mlwk1epm329438454> (Date of Access 22/02/2026).
 78. Frolov AV. Dynamic-stochastic modeling of long-term Caspian Sea level fluctuations in paleo-time (14-4 thousand years BC) [*Dinamiko-stokhasticheskoye modelirovaniye mnogoletnikh kolebaniy urovnya Kaspiya v paleovremeni (14-4 tys. let do n.e.)*]. *Water Resources [Vodnyye resursy]*. 2021;48 (6):633-642.
 79. Frolov AV. Scenario forecasts of Caspian level fluctuations taking into account climatic and anthropogenic impacts on the sea water balance [*Stsenarnyye prognozy kolebaniy urovnya Kaspiya s uchetom klimaticheskikh i tekhnogennykh vozdeystviy na vodnyy balans morya*]. *Journal of Oceanological Research [Okeanologicheskoye issledovaniya]*. 2019;47 (5):130-148.
 80. Frolov AV. Modeling of long-term fluctuations in the Caspian Sea level: theory and applications [*Modelirovaniye mnogoletnikh kolebaniy urovnya Kaspiyskogo morya: teoriya i prilozheniya*]. Moscow: GEOS, 2003:174.
 81. Khanykov N. On intermittent changes in the level of the Caspian Sea [O peremezhayushchikhsya izmeneniyakh urovnya Kaspiyskogo morya]. *Notes of the Caucasian Department of the Russian Geographical Society [Zapiski Zapadno-Kavkazskogo otdeleniya RGO]*. 1853;II:66-152.

83. Шахрай М.М., Мамаев М.А., Кормасов Ф.М. 2003. Уравнение водно-солевого баланса Каспийского моря // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. № 49. С. 62-69.
84. Швейкина В.И. 2011. Неустойчивая динамика водного баланса бассейнов замкнутых водоемов на примере Каспийского моря // Устойчивость водных объектов, водосборных и прибрежных территорий; риски их использования. Сборник научных трудов Всероссийской научной конференции, г. Калининград, 25-30 июля 2011 г. Калининград: Капрос. С. 448-455.
85. Шевнин А.Д. 1994. Долговременные вариации солнечной и магнитной активности и уровня Каспийского моря // Водные ресурсы. Т. 21. № 4. С. 405-409.
86. Шереметьевская О.И. 1985. Усовершенствование метода прогноза годового хода уровня Каспийского моря // Метеорология и гидрология. № 4. С. 67-71.
87. Шереметьевская О.И. 1964. Прогнозы неперiodических изменений уровня Каспийского моря // Метеорология и гидрология. № 9. С. 33-36.
88. Шикломанов И.А. 1976. Гидрологические аспекты проблемы Каспийского моря. Л.: Гидрометеиздат. 78 с.
89. Шикломанов И.А., Георгиевский В.Ю. 2003. Влияние хозяйственной деятельности на водный баланс и изменения уровня Каспийского моря // Гидрометеорологические аспекты проблемы Каспийского моря и его бассейна. СПб.:
82. Khublaryan MG, Naydenov VI. On the thermal mechanism of reservoir level fluctuations [O teplovom mekhanizme kolebaniy urovnya vodoyemov]. *Reports of the USSR Academy of Sciences [DAN SSSR]*. 1991;319 (6):1438-1444.
83. Shakhrai MM, Mamaev MA, Korkmasov FM. Equation of the water-salt balance of the Caspian Sea [Uravneniye vodno-solevogo balansa Kaspiyskogo morya]. *Proc. of the Institute of Geology of the Dagestan Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences [Trudy Instituta geologii Dagestanskogo nauchnogo tsentra RAN]*. 2003;49:62-69.
84. Shveykina VI. Unstable dynamics of the water balance of closed reservoir basins on the example of the Caspian Sea [Neustoychivaya dinamika vodnogo balansa basseynov zamknutykh vodoyemov na primere Kaspiyskogo morya] *Stability of water bodies, catchment and coastal areas; risks of their use [Ustoychivost' vodnykh ob'yektov, vodosbornykh i pribrezhnykh territoriy; riski ikh ispol'zovaniya]* *Collection of scientific papers of the All-Russian Scientific Conference, Kaliningrad, July 25-30, 2011) [Sbornik nauchnykh trudov Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii]*. Kaliningrad: Kapros, 2011:448-455.
85. Shevnin AD. Long-term variations of solar and magnetic activity and the Caspian Sea level [Dolgovremennyye variatsii solnechnoy i magnitnoy aktivnosti i urovnya Kaspiyskogo morya]. *Water Resources [Vodnyye resursy]*. 1994;21 (4):405-409.
86. Sheremetyevskaya OI. Improvement of the method for forecasting the annual course of the Caspian Sea level [Usovershenstvovaniye metoda prognoza godovogo khoda urovnya Kaspiyskogo morya]. *Meteorology and Hydrology*. 1985;4:67-71.
87. Sheremetyevskaya OI. Forecasts of non-periodic changes in the Caspian Sea level [Prognozy neperiodicheskikh izmeneniy urovnya Kaspiyskogo morya]. *Meteorology and Hydrology*. 1964;9:33-36.
88. Shiklomanov IA. Hydrological aspects of the problem of the Caspian Sea [Gidrologicheskiye aspekty problemy Kaspiyskogo morya]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1976:78.
89. Shiklomanov IA, Georgievsky VYu. Influence of economic activity on the water balance and changes in the level of the Caspian Sea [Vliyaniye khozyaystvennoy deyatelnosti na vodnyy balans i izmeneniya urovnya Kaspiyskogo morya] *Hydrometeorological aspects of the problem of the*

- Гидрометеиздат. С. 267-277.
90. Шикломанов И.А., Георгиевский В.Ю., Шалыгин А.Л. 2003. Причины повышения уровня Каспийского моря // Гидрометеорологические аспекты проблемы Каспийского моря и его бассейна. СПб.: Гидрометеиздат. С. 254-266.
 91. Шлямин Б.А. 1962. Сверхдолгосрочный прогноз уровня Каспийского моря // Известия Всесоюзного географического общества. Т. 94. Вып. 1. С. 26-33.
 92. Эйгенсон М.С. 1963. Будущее Каспийского моря // Проблемы Каспийского моря: Всесоюзное совещание по проблеме Каспийского моря. Баку. С. 24-28.
 93. Эйгенсон М.С. 1957. Колебания уровня Каспийского моря и солнечная активность // Сверхдолгосрочные прогнозы уровня Каспийского моря. М.: Изд-во АН СССР. С. 9-22.
 94. Эльдаров Э.М. 1996. Адаптация населения и хозяйства Дагестана к повышению уровня Каспийского моря // Человек в зеркале современной географии. Материалы докладов конференции, посвященной юбилею Ю.Г. Саушкина. Смоленск: СГУ. С. 44-46.
 95. Юдович Ю.Б., Доценко Б.Н., Антонюк А.В. 1980. Методика прогнозирования вылова рыбы в озерах, реках и водохранилищах. М.: Изд-во ВНИИПРХ. 46 с.
 96. Brückner E. 1890. Klimaschwankungen seit 1700. Vienna, E. Hölzel Publ. 324 p. [Электронный ресурс https://openlibrary.org/books/OL6929844M/Klima-Schwankungen_seit_1700 (дата обращения 25.06.2025)].
 - Caspian Sea and its basin [Gidrometeorologicheskiye aspekty problemy Kaspiyskogo morya i yego basseyna]. Saint-Petersburg: Gidrometeoizdat, 2003:267-277.
 90. Shiklomanov IA, Georgievsky VYu, Shalygin AL. Causes of the Caspian Sea level rise [Prichiny povysheniya urovnya Kaspiyskogo morya] Hydrometeorological aspects of the problem of the Caspian Sea and its basin [Gidrometeorologicheskiye aspekty problemy Kaspiyskogo morya i yego basseyna]. Saint-Petersburg: Gidrometeoizdat, 2003:254-266.
 91. Shlyamin BA. Ultra-long-term forecast of the Caspian Sea level [Sverkhdolgosrochnyy prognoz urovnya Kaspiyskogo morya]. Bulletin of the All-Union Geographical Society [Izvestiya Vsesoyuznogo geograficheskogo obshchestva]. 1962;94 (1):26-33.
 92. Eigenson MS. The future of the Caspian Sea [Budushcheye Kaspiyskogo morya] Problems of the Caspian Sea [Problemy Kaspiyskogo moray] All-Union Meeting on the Problem of the Caspian Sea [Vsesoyuznoye soveshchaniye po probleme Kaspiyskogo moray]. Baku, 1963:24-28.
 93. Eigenson MS. Fluctuations of the Caspian Sea level and solar activity [Kolebaniya urovnya Kaspiyskogo morya i solnechnaya aktivnost'] Ultra-long-term forecasts of the Caspian Sea level [Sverkhdolgosrochnyye prognozy urovnya Kaspiyskogo morya]. Moscow: Izd-vo AN SSSR, 1957:9-22.
 94. Eldarov EM. Adaptation of the population and economy of Dagestan to the rise in the level of the Caspian Sea [Adaptatsiya naseleniya i khozyaystva Dagestana k povysheniyu urovnya Kaspiyskogo morya] Man in the mirror of modern geography [Chelovek v zerkale sovremennoy geografii] Proc. of the conference dedicated to the anniversary of Yu.G. Saushkin [Materialy докладов konferentsii, posvyashchennoy yubileyu Yu.G. Saushkina]. Smolensk: SGU, 1996:44-46.
 95. Yudovich YuB, Dotsenko BN, Antonyuk AV. Methodology for forecasting fish catch in lakes, rivers and reservoirs [Metodika prognozirovaniya vylova ryby v ozerakh, rekakh i vodokhranilishchakh]. Moscow: Izd-vo VNIIPRKh, 1980:46.
 96. Brückner E. Klimaschwankungen seit 1700. Vienna, E. Hölzel Publ. 1890:324, Available at https://openlibrary.org/books/OL6929844M/Klima-Schwankungen_seit_1700 (Date of Access 25/06/2025).

UDC 551.461 (262.1)

**PROBLEMS OF CASPIAN SEA LEVEL FORECASTING:
LESSONS FROM HISTORY AND GUIDELINES FOR THE FUTURE (REVIEW)**

© 2026. S.I. Shaporenko*, N.I. Koronkevich*, Yu.A. Spirin*, ** A.M. Abdurashidov***

**Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences
29, Staromonetnyy Pereulok, Moscow, 119017, Russia
E-mail: ser-shaporenko@yandex.ru, shaporenko@igras.ru*

***Patrice Lumumba Peoples' Friendship University of Russia
6, Miklukho-Maklaya Str., Moscow, 117198, Russia*

****Bar Association of the Republic of Dagestan
11a, Batraya Str., Makhachkala, 367000, Russia*

Received March 27, 2026. Revised June 15, 2026. Accepted June 25, 2026.

The long-term fluctuation of the average annual Caspian Sea Level (CSL) causes significant geoecological problems in its coastal zone. Solutions to these problems typically come from the reliable long-term forecasts of its water balance. The lowest drop in the mean sea level in the entire period of instrumental observations to a record low in 2025 (-29.02 m relative to the Makhachkala Tide Gauge Station) makes research into the processes that determine the hydrological regime of the sea even more urgent.

In this article we aim to identify the main reasons for the poor accuracy of long-term forecasts compared to short-term ones, based on a retrospective critical review of publications concerning predictive approaches to studying CSL fluctuation patterns. The main types of long-term forecasts are examined, including those using empirical relationships between the CSL and heliophysical processes, patterns of periodic and cyclical changes in phases of level rise and fall associated with changes in atmospheric circulation patterns, and other possible factors influencing the components of its water balance. It is established that, besides the natural complexities associated with forecasting climatic factors, the uncertainty of plans for the economic use of water resources in the Caspian basin also contributes to the inaccuracy of long-term forecasts. Such difficulties are not characteristic of short-term forecasts of seasonal and non-periodic level fluctuations.

In the absence of the possibility for long-term forecasting using clear predictors, all forecasts (both deterministic and probabilistic) are based on extrapolating identified patterns from previous periods, assuming that their main determining parameters will remain constant in the future. In the planned economy of the USSR, such an approach for forecasts exceeding three years was considered unacceptable due to large errors, even if the trend direction persisted. In the conditions of the Caspian catchment area, a change in this trend direction caused the maximum forecast errors, making it impossible to recommend this approach for solving economic planning problems.

A change in strategy is required, one based not on focusing on level forecasts, but on a mechanism for adapting the economy to the range of its variability within ecologically justified limits determined by the modern climate. An analysis of paleogeographic and historical sea-level data, which correspond well with the geomorphological features of the sea basin, provides specific quantitative indicators of level fluctuation. G.I. Rychagov called this range the risk zone and defined it within the interval from -30 m to -25 m, based on the natural flow of the Volga, or with an upper boundary of -26 m, accounting for irretrievable water withdrawal for economic needs.

The adaptation strategy may also include elements of level regulation, which were considered during the implementation of the "Greater Volga" project developed at the beginning of the 20th century, and incorporate short-term forecasting of water balance components as an important auxiliary element.

Keywords: elements of water balance; climatic and anthropogenic factors of formation; history, authors and forecasting methods; strategy of environmental management.

Funding. This work was carried out for the state assignment of the Institute of Geology of the Russian Academy of Sciences FMWS-2026-0003, No. 1025030300154-4, "Geographical and Hydrological Assessment of Changes in Water Resources in the Past, Present and Future in Various Natural and Economic Conditions".

DOI: 10.24412/2542-2006-2026-2-5-40**EDN: XHFCJW**

ДИНАМИКА ЭКОСИСТЕМ И ИХ КОМПОНЕНТОВ

УДК 631.4

ДИНАМИКА ИЗМЕНЕНИЯ ПЛОЩАДЕЙ ПОВЕРХНОСТНО-КАРБОНАТНЫХ ПОЧВ ПО ДИСТАНЦИОННОЙ ИНФОРМАЦИИ В ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

© 2026 г. И.Н. Горохова, Н.Б. Хитров, Е.И. Кравченко

Почвенный институт им. В.В. Докучаева

Россия, 119017, г. Москва, Пыжевский пер., д. 7, стр. 2. E-mail: g-irinal4@yandex.ru

Поступила в редакцию 10.04.2026. После доработки 15.05.2026. Принята к публикации 25.06.2026.

Проведены исследования динамики изменения площади поверхностно-карбонатных почв по космическим снимкам за более чем 30-летний период орошения на территории 3 ключевых участков, расположенных в разных природных районах Волгоградской области: 1) возвышенность Северные Ергени (массив «Червлёное»), 2) Прикаспийская низменность, Хвалынская глинистая равнина, север Сарпинской низменной равнины (Светлоярский массив), 3) Прикаспийская низменность, Хвалынская глинистая равнина, Сарпинская ложбина (Дубоовражный массив). Все 3 участка находятся в сухостепной зоне с исходным почвенным покровом, представленным светло-каштановыми солонцовыми комплексами. Они различаются отметками высот, расчлененностью рельефа, почвообразующими и подстилающими породами, уровнем грунтовых вод, солонцеватостью, засоленностью почв, историей антропогенного воздействия, связанной с планировкой полей, подъемом уровня грунтовых вод, видами вспашки, способами орошения, возделываемыми культурами. Для всех участков характерно наличие поверхностно-карбонатных почв, которое подтверждено полевыми работами и лабораторными данными. Использованы космические снимки со спутника Landsat-5 – Landsat-8 OLI за многолетний период (1985-2018 гг.) с разрешением на местности 30 м. На снимках были выбраны отдельные поля, где визуально просматривалась пятнистость поверхности, связанная с наличием карбонатов в пахотном горизонте (0-30 см). Пятнистость анализировали в 3 разных года, с интервалом 5-18 лет. При обработке снимков поверхностно-карбонатные почвы выделяли визуально в интерактивном режиме и при помощи классификации изображения без обучения методом IsoData в программном комплексе ENVI. Они показали разные результаты при одинаковой тенденции увеличения площади пятен год от года. Причинами увеличения площадей карбонатных пятен могут быть: 1) растаскивание карбонатного материала по полю при ежегодной вспашке, 2) осаждение карбонатов из подтягиваемых снизу почвенных растворов, насыщенных по карбонатам, при испарении и расходе воды корнями растений, 3) припашка карбонатных горизонтов по мере эрозионного сноса части пахотного горизонта. По методу классификации изображения снимка наибольшее приращение площади наблюдается на полях массивов «Червлёное» и «Светлоярский» (12.6 и 11.0 га) за 23 и 33-летний периоды соответственно. На полях Дубоовражного массива приращение составило 4.2 га за 11 лет. Это связано с тем, что на массиве планировка полей при строительстве оросительной системы была небольшой, а рассматриваемый период составляет меньший срок (11 лет).

Ключевые слова: светло-каштановые почвы, орошение почв, почвенные карбонаты, планировка полей, классификация космического изображения, неоднородность почвенного покрова.

DOI: 10.24412/2542-2006-2026-2-41-60

EDN: YHZZYA

На территории Волгоградской области существуют факторы, ограничивающие плодородие почв сельскохозяйственных угодий. Помимо водной и ветровой эрозии и засоления почв в настоящее время на землях области наблюдается процесс образования поверхностно-карбонатных почв, отрицательно влияющий на сельскохозяйственные

культуры. Такой процесс вызван антропогенным воздействием, связанным с мелиорацией и орошением земель.

Поступление карбонатного материала в поверхностные горизонты почвы происходит в результате распашки (Розанов, 1992; Сиземская, 2013; de Soto et al., 2017; Хитров и др., 2021), глубоких мелиоративных обработок (Amit, Harrison 1995; Любимова, Дегтярева, 2000), роющей деятельность животных (Абатуров, 2001), орошения (Барановская, Азовцев, 1981; Приходько, 1996; Wu et al., 2008; Горохова, Панкова, 2017), планировки полей (Корнблум, Мясников, 1982; Балабко и др., 2018), подтягивания с почвенными растворами растениями (Zamanian et al., 2016), эрозии почв (Кузнецов и др., 1989; Трегубов, Аверьянов, 1987; Хитров и др., 2024).

В руководстве по описанию почв ФАО (Calcareous soils, 1972; Soil survey ..., 1979) отмечается, что карбонаты способствуют образованию стабильных крупнопористых агрегатов. Однако дисперсные карбонаты в поверхностных горизонтах почвы в количестве более 2% создают проблемы для сельского хозяйства. Это особенно характерно для орошаемых почв. Так, при высыхании поверхностно-карбонатных почв после поливов или дождей образуется плотная корка, препятствующая просачиванию влаги и прорастанию посевов (Levy, 1980; Хитров и др., 2021, 2025). Мелкодисперсные карбонаты снижают доступность ключевых питательных веществ для растений (Zamanian et al., 2016).

Самым сильным антропогенным воздействием на почвенный покров является планировка полей при строительстве оросительных систем. В начале планировки срезают поверхностные горизонты, удаляя повышения микро- и мезорельефа, и складывают их в «бурты». Оставшиеся понижения заполняют материалом срезанных почв и по поверхности спланированного поля распределяют почвенный материал буртов. Новые созданные почвы коренным образом отличаются по строению и свойствам от исходных и во многих случаях представляют собой искусственные мозаичные почвы с особенно сложными профилями (Корнблум, Мясников, 1982).

Мощные планировки полей приближают природный аккумулятивно-карбонатный горизонт каштановых почв и солонцов к поверхности, а при распашке добавляют карбонатный материал в пахотный горизонт. Существенное количество такого материала в пахотном горизонте приводит к образованию неоднородной пятнистости на полях, которая хорошо идентифицируется и выделяется как в полевых условиях (Зимовец, 1981), так и на космических снимках (Хитров и др., 2021; Горохова, Хитров, 2023).

Цель исследований – выявить по многолетним космическим снимкам динамику изменения пятен поверхностно-карбонатных почв за более чем 30-летний период на территории оросительных систем Волгоградской области. Решение поставленной задачи направлено на то, чтобы оценить, увеличивается ли площадь поверхностно-карбонатных почв со временем или остается постоянной, а если площади таких почв изменяются, то выявить, как происходят изменения во времени и пространстве. Для исследований на каждом массиве орошения были выбраны отдельные поля, на которых наиболее ярко отражаются пятна поверхностно-карбонатных почв и на которых проводились авторские полевые исследования.

Материалы и методы

Объектом изучения стали несколько орошаемых массивов в сухостепной зоне Волгоградской области (основной регион орошения), которые, согласно районированию А. Г. Доскач (1979), расположены в разных природных районах: 1) возвышенность Северные Ергени – массив «Червленое», 2) Прикаспийская низменность, Хвалынская глинистая равнина, север Сарпинской низменной равнины – Светлоярский массив, 3) Прикаспийская низменность, Хвалынская глинистая равнина, Сарпинская ложбина – Дубоовражный массив (рис. 1).

1) *Возвышенность Северные Ергени (орошаемый массив «Червлёное»)*. Возвышенность заходит в область северной частью, где характерны волнистые водоразделы и плавные склоны речных долин и балок. Отметки поверхности составляют 150-180 м н.у.м. БС. Грунтовые воды залегают на глубине 30-40 м, но в балках глубина уменьшается до 1 м (Волгоградская область ..., 2011).



Рис. 1. Орошаемые массивы, где выбраны поля исследований с поверхностно-карбонатными пятнами почв, на фоне космического изображения со спутника Landcat-8 OLI (26.05.1989).
Fig. 1. Irrigated areas with studied fields that have patches of surface carbonate, on a Landcat-8 OLI image (26/05/1989).

Северные Ергени с поверхности покрыты мощной толщей скифских красноцветных пород и лёссовидных суглинков, на которых сформировались светло-каштановые солонцовые комплексы с разным долевым участием солонцов. Среди светло-каштановых почв доминируют солонцеватые разновидности. Пестроту почвенного покрова дополняют лугово-, луговато-каштановые почвы потяжин, блюдцеобразных западин, а также многочисленные холмики животных-землероев (Дегтярева, Жулидова, 1970).

Орошаемый массив «Червлёное» находится южнее Волго-Донского канала. С 80-х и до 90-х годов XX века здесь было распространено вторичное засоление почв. В 1988 году уровень грунтовых вод (УГВ) находился преимущественно на глубине 2.0-2.5 м, на некоторых участках достигая 1.5 м, воды характеризовались минерализацией 3-10 г/л и хлоридно-натриевым составом. После 1992 года орошение и возделывание культур было практически прекращено или проводилось исключительно на 1-2 полях в течение 15-18 лет. К настоящему времени произошли значительные изменения, связанные со снижением УГВ глубже 5 м.

Массив орошался и орошается водами Волго-Донского канала с минерализацией 0.5-2 г/л при отсутствии дренажа. Первоначально орошение проводилось поверхностным способом, а с 2000-х годов применяется полив дождеванием (Новикова и др., 2009).

При строительстве оросительной системы поля прошли жесткую планировку. В настоящее время на срезках и в местах засыпок отмечается вскипание почв с поверхности от воздействия 10% раствора HCl.

На орошаемом массиве «Червленое» в 2017-2019 годы проведены полевые обследования (рис. 2; табл. 1).

2) *Прикаспийская низменность, Хвалынская глинистая равнина, север Сарпинской низменной равнины (Светлоярский орошаемый массив).* Район низменной равнины заключен в треугольнике между р. Волгой и Сарпинскими озерами. Абсолютная высота колеблется от 50-40 м н.у.м. БС на севере до 30-15 м в центральной части. В целом район слабо дренирован. Общий тип ландшафта – суглинистая комплексная сухая степь и полупустыня, на фоне которой выделяются полосы лиманных и палинных лугов по ложбинам. Увлажнение поверхностными водами скудное и крайне неравномерное. Оно лишь изредка осуществляется за счет ливневых вод, основной источник – талые снеговые воды. Почвенный покров представлен светло-каштановыми солонцовыми комплексами с варьирующим участием солонцов. В депрессиях почвы лугово-степные и луговые, в разной степени опресненные (Доскач, 1979).

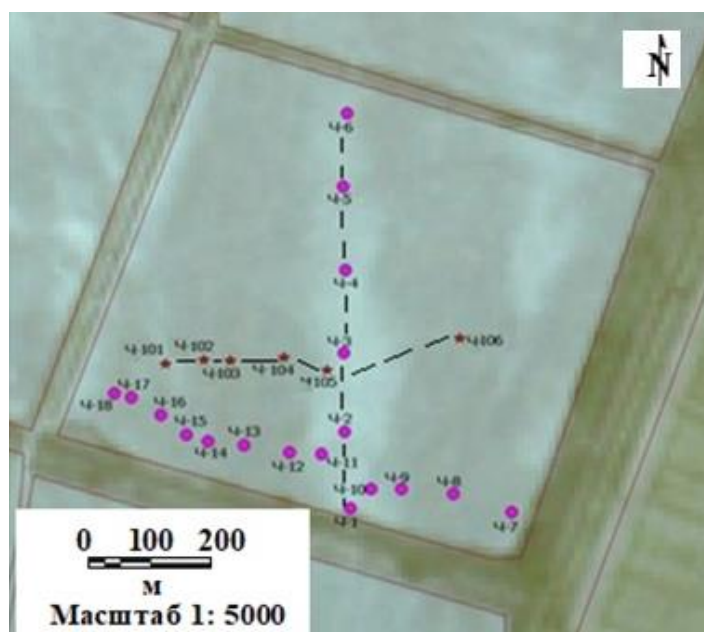


Рис. 2. Поле орошаемого массива «Червленое» с точками полевого опробования на космическом снимке Канопус-В (август 2015 г.). **Fig. 2.** A field of the “Chervlenoe” irrigated area with sampling points on a Kanopus-B image (August 2015).

Почвообразующие породы Сарпинской равнины – это осадки Хвалынского моря, представленные глинами, суглинками с повышенной концентрацией легкорастворимых солей, подстилаемые сильнозасоленными шоколадными глинами. При более близком залегании шоколадных глин они являются почвообразующими породами. Выровненный рельеф, сочетаясь с плохой водопроницаемостью шоколадных глин, определяет высокий естественный УГВ – 7-10 м, иногда – 5-7 м (Дегтярева, Жулидова, 1970).

Светлоярский орошаемый массив в начале 1990-х годов (через 20-25 лет орошения) находился в следующих ирригационных условиях: УГВ составлял 3-5 м, засоление почв проявлялось редко в первом метре в бывших солонцах и солонцеватых почвах, преимущественно средней и слабой степени засоления. В последние 10-15 лет в связи с уменьшением потребления воды на орошение грунтовые воды постепенно опускались и в настоящее время находятся глубже 5 м. Орошение проводится поверхностным способом для люцерны и влагозарядковым для озимых зерновых.

Таблица 1. Содержание карбонатов (CaCO_3 , %) в пахотном слое почвы в точках опробования (2018 г.) на исследуемом поле орошаемого массива Червленое. **Table 1.** CaCO_3 content (%) in the arable soil layer at sampling plots (2018) in the field of the “Chervlenoe” irrigated area.

Номер точки	Глубина почвенного горизонта, см	Среднее количество карбонатов в горизонте, %
Ч-1	0-10	7.21
Ч-2	0-10	7.6
Ч-3	0-10	6.8
Ч-4	0-10	-
Ч-5	0-10	6.21
Ч-6	0-10	5.0
Ч-7	0-10	1.59
Ч-8	0-10	0.0
Ч-9	0-10	0.41
Ч-10	0-10	2.0
Ч-11	0-10	6.21
Ч-12	0-10	1.0
Ч-13	0-10	0.0
Ч-14	0-10	0.0
Ч-15	0-10	1.0
Ч-16	0-10	0.0
Ч-17	0-10	2.0
Ч-18	0-10	0.59
Ч-101	0-10	-
Ч-102	0-10	-
Ч-103	0-10	-
Ч-104	0-10	2.41
Ч-105	0-10	13.21
Ч-106	0-10	1.0

На исследуемом ключевом участке в ходе полевых работ установлено, что во время планировки полей верхняя часть профиля солонцов, занимавших выпуклые элементы рельефа, была срезана. В результате на территории, в пределах которой до строительства Светлоярской оросительной системы отмечалось 25-50% солонцов и солонцеватых почв, в настоящее время собственно солонцы не обнаружены. Основная часть солонцовых горизонтов была уничтожена при планировке, и в местах срезов карбонатный горизонт оказался у поверхности, а в бывших понижениях сформирован насыпанный карбонатный пахотный горизонт (Горохова и др., 2018).

Полевые исследования на орошаемом массиве проведены в 2015-2016 гг. (рис. 3; табл. 2).

3) *Прикаспийская низменность, Хвалынская глинистая равнина, Сарпинская ложбина (Дубоовражный орошаемый массив).* В северной части ложбины сохранилась цепь глубоких пресных озер и система периодически затопляемых лиманов. Вблизи р. Волги ложбина глубокая, до 10 м; к югу-западу и югу она становится более мелкой и постепенно сливается с поверхностью. Ложбина врезана в засоленные морские (хвалынские) песчано-глинистые отложения, перекрытые суглинками аллювиально-морского генезиса. В северной части прослеживаются 1-2 узкие поздние и послехвалынские террасы, сложенные слабогумусированным суглинистым аллювием, аналогичным волжскому. Грунтовые воды

залегают на глубине 2.5-3 м. Минерализация пестрая – 3-10 г/л. Под озерными котловинами воды опресненные (Доскач, 1079).

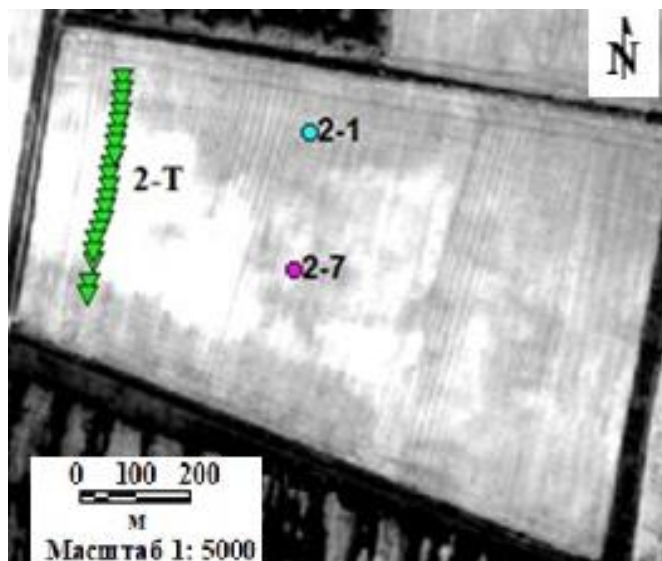


Рис. 3. Поле на орошаемом массиве «Светлоярский» с точками полевого опробования и трансектой 2-Т, включавшей регулярное опробование в 2015-2016 гг., на космическом снимке Pleiades (20.05.2015). **Fig. 3.** A field in the “Svetloyarsky” irrigated area with sampling points and transect 2-T, which included regular sampling in 2015-2016, on a Pleiades image (20/05/2015).

До строительства Волгоградского водохранилища Сарпинская ложбина ежегодно заливалась паводковыми водами, обводнявшими лиманы и озера. В настоящее время их обводнение поддерживается лишь небольшим весенним стоком с Ергеней и частично – местными тальми водами. Днище ложбины – это опустынивающаяся пойма, состоящая из разной степени заболоченных лиманных солончаковых лугов с разнотравным покровом. Повышенные участки остепнены и представляют комплексную полупустыню, с чередованием солонцов и участков светло-каштановых почв (Доскач, 1979).

Большинство Сарпинских озер летом пересыхает. Грунтовые воды обычно приурочены к аллювиальным пескам и залегают на глубинах до 16 м, однако вблизи озер глубина уменьшается до 1-3 м. Минерализация вод пестрая, с преобладанием вод гидрокарбонатно-натриевого и хлоридно-натриевого состава, с минерализацией до 10 г/л (Дегтярева, Жулидова, 1970).

Орошаемый массив «Дубоовражный» в 90-х годах XX века находился в благоприятных мелиоративных условиях: УГВ составлял преимущественно 3-5 м, лишь на севере на небольшой площади поднимаясь до 1.5-2 м. Минерализация грунтовых вод достигала 3-5 г/л, состав – хлоридно-натриево-магниевый и хлоридно-натриевый. Вторичное засоление почв не отмечалось. Остаточное солонцовое засоление в результате планировок поверхности полей при строительстве системы составляло преимущественно до 5 и 5-10%. Планировка полей была незначительной.

В настоящее время массив «Дубоовражный» представляет собой фермерское хозяйство на гривисто-ложбинном мезорельефе. Здесь выращивают томаты, арбузы, морковь, тыкву, лук, горчицу и хлопчатник. Тип орошения – капельный. Установлено, что основными ограничивающими поливное земледелие факторами являются: 1) достаточно близкое залегание хвалыньских шоколадных глин (от 100 до 250 см), которые содержат значительное

количество токсичных солей и являются водоупорным слоем, плохо дренирующим поливные воды, 2) большое количество карбонатов в почве, местами выходящих на поверхность (Кравченко и др., 2021).

Таблица 2. Содержание карбонатов (CaCO_3 , %) в верхнем слое почвы в точках опробования (2015-2016 гг.) на исследуемом поле Светлоярского орошаемого массива. **Table 2.** CaCO_3 content (%) in the upper soil layer at sampling plots (2015-2016) in the field of the Svetloyarsk irrigated area.

Номер точки	Глубина почвенного горизонта, см	Содержание CaCO_3 , %
2.1	0-20	1.80
2.7		8.00
2Т1	0-33	2.41
2Т6	0-26	2.00
2Т11		4.41
2Т16	0-22	11.42
2Т20	0-22	13.21
2Т25	0-20	13.41
2Т30	0-24	10.60
2Т40	0-20	11.60
2Т45		11.21
2Т50		12.41
2Т55		12.00
2Т60	0-30	11.80
2Т65		10.80
2Т70		
2Т75	0-20	10.21
2Т80		5.00
2Т85	0-30	2.41
2Т90	0-20	не опр.
2Т95		4.80
2Т100		3.20

На ключевом участке в августе 2018 года сделано 29 почвенных прикопок и отобрано более 200 образцов, значительная часть из которых приводится в данной работе (рис. 4; табл. 3).

Таким образом, все 3 объекта исследования расположены в сухостепной зоне Волгоградской области, в разных природных районах, различающихся отметками высот, расчлененностью рельефа, почвообразующими и подстилающими породами, уровнем грунтовых вод, солонцеватостью и засоленностью почв. Рассматриваемые массивы орошения имеют разную историю антропогенного воздействия, такие как планировка полей, подъем уровня грунтовых вод, виды распахки, способ орошения, возделываемые культуры. Для всех участков характерно наличие поверхностно-карбонатных почв, которые подтверждены полевыми работами и лабораторными анализами.

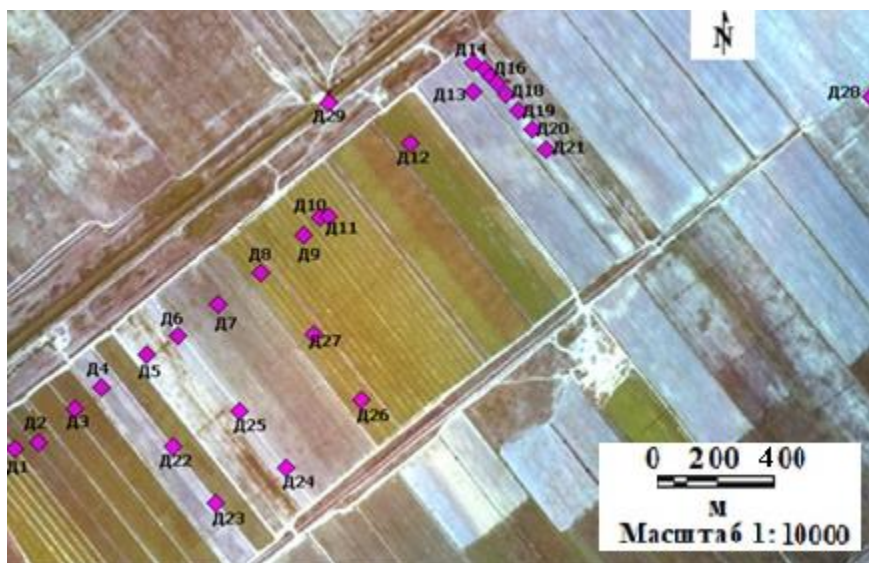


Рис. 4. Поля на орошаемом массиве «Дубоовражный» с точками полевого опробования 2018 года на космическом снимке Ресурс-П (август 2018). **Fig. 4.** Fields in the “Dubovrazhnyy” irrigated area with sampling points on a Resurs-P image (August 2018).

Для выполнения поставленной цели мы использовали космические снимки со спутников Landsat-5 – Landsat-8 OLI за многолетний период – 1985-2018 гг. На снимках были выбраны отдельные поля, где визуально просматривалась пятнистость поверхности, связанная с наличием и близким расположением карбонатных почв (0-30 см).

Пятна хорошо идентифицируются по снимкам открытой поверхности почвы, под вызревшими зерновыми культурами и кормовыми травами. Пятнистость анализировали за 3 разных года, с интервалом 5-18 лет. Подобранный неравномерный интервал связан с тем, что нам не удалось найти снимки, где пятнистость отражалась бы на всех полях в одни и те же годы: иногда она была скрыта облачностью или сельскохозяйственной культурой с плотным пологом. При обработке снимков мы выделяли поверхностно-карбонатные почвы визуально в интерактивном режиме и при помощи классификации изображения без обучения методом IsoData в программном комплексе ENVI. Способ программной классификации пятен привлекали для того, чтобы избежать субъективного выделения пятен в интерактивном режиме.

Классификация IsoData проводит кластеризацию космического изображения по спектральным признакам, когда предварительно задается количество кластеров. В нашем случае было задано 5 кластеров, которые отражают спектральную яркость не только на поле, но и вокруг него. Затем алгоритм произвольно разбивает все значения на группы и определяет местонахождение центров этих групп. В центре каждого класса назначаются средние значения и проводится кластеризация по минимальному расстоянию от этих центров. Далее каждый пиксел относится к какой-либо группе по критерию минимального евклидова расстояния от него до центра выделенной группы.

Результаты исследований

Площади пятен поверхностно-карбонатных почв на снимках, выделенные и подсчитанные интерактивным методом и с помощью автоматической классификации, представлены на рисунках 5-7. Два метода показали разные результаты при одинаковой тенденции увеличения площади пятен год от года (рис. 5-8).

Таблица 3. Содержание карбонатов (CaCO_3 , %) в пахотном слое почвы или наличие вскипания с поверхности почвы в точках опробования (2018 г.). **Table 3.** CaCO_3 content (%) in the arable soil layer or effervescence presence on the soil surface at sampling plots (2018).

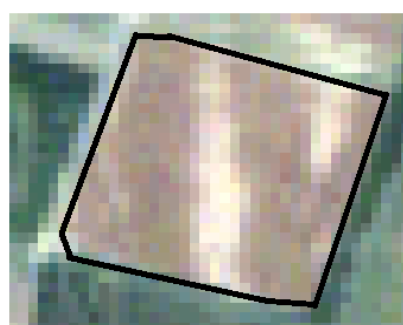
Номер точки	Глубина почвенного горизонта, см	Содержание CaCO_3 , %
Д2	0-30	не вскипает
Д3		
Д4		
Д5		2.38
Д6		5.36
Д7		не вскипает
Д8		2.82
Д12		0.18
Д13		2.80
Д14		вскипает слабо
Д15		2.80
Д16		0.09
Д17		0.44
Д18		7.56
Д19		7.48
Д20		0.87
Д21		9.32
Д22		3.25
Д23		не вскипает
Д24		
Д25		12.23
Д26		0.52
Д27		2.70
Д28		не вскипает
Д29		

Отличия в значениях подсчитанных площадей разными методами связаны с изменениями контрастности космического изображения полей, которые возникают из-за условий съемки в разные годы, что влияет на спектральные признаки, положенные в основу классификации. Также разница может возникать из-за возделываемых сельскохозяйственных культур, отражающихся на снимках и имеющих свои маскирующие свойства.

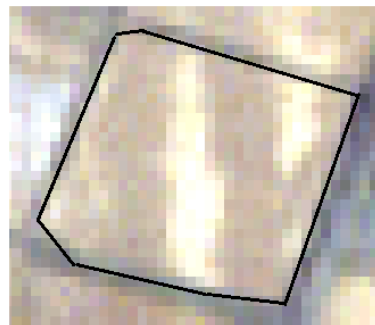
Если рассматривать значения площадей, полученные путем классификации снимка, то наибольшее приращение площади наблюдается на полях массивов «Червленое» и «Светлоярский» (12.6 и 11.0 га) за 23 и 33-летний периоды соответственно.

На полях Дубоовражного массива приращение составило 4.2 га за 11 лет. Это связано с тем, что на нем планировка полей при строительстве оросительной системы была небольшой, а рассматриваемый период составляет меньший срок (11 лет). Интенсивность нарастания поверхностно-карбонатных почв сильнее всего отмечается у поля на орошаемом массиве «Червленое» (7.0 га) за период 1995-2000 гг. На Светлоярском массиве за 15 лет (1985-2000 гг.) на поле пятна приросли на 6.9 га. Отмечается некоторое снижение

приращения пятен после 2000 г.: на поле орошаемого массива «Червлёное» – 6.6 га, на «Светлоярском» – 4.1 га.



27 мая 1995 г. Озимые

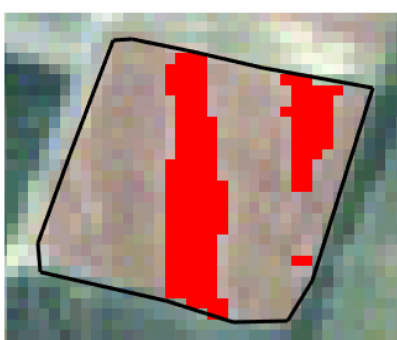


14 апреля 2000 г. Озимые

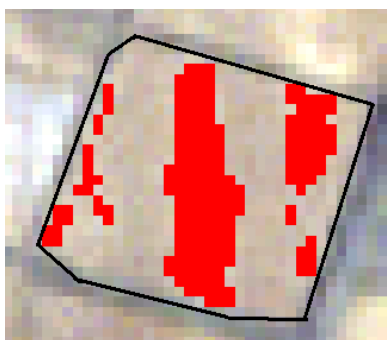


18 июня 2018 г. Озимые

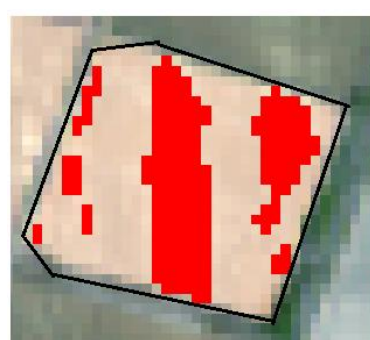
а)



Площадь пятен – 13.8 га

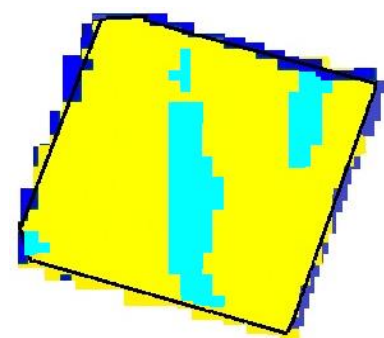


Площадь пятен – 14.5 га

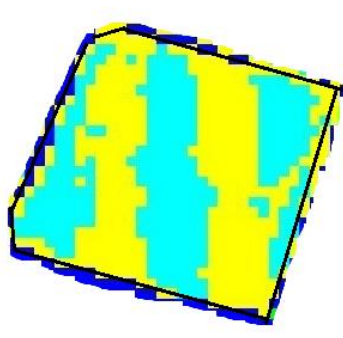


Площадь пятен – 15.1 га

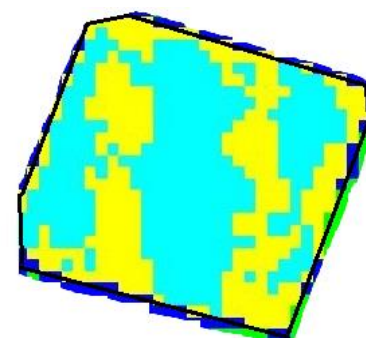
б)



Площадь пятен – 12.8 га



Площадь пятен – 19.8 га



Площадь пятен – 25.4 га

в)

Рис. 5. Космическое разновременное RGB-изображение исследуемого поля (56.3 га) на орошаемом массиве «Червлёное», полученное со спутника Landsat-8 OLI (а), интерактивное (б) и автоматически классифицированное (в) изображение пятен поверхностно-карбонатных почв. Подсчет площадей выполнен по изображению в масштабе 1:10000. **Fig. 5.** Multi-temporal RGB satellite image of the studied field in the “Chervlenoe” irrigated area obtained from the Landsat-8 OLI satellite (a), interactive (b) and automatically classified (c) images of surface patches of carbonates. Area calculation was done using the image itself, scale 1:10,000.

На полях Дубоовражного орошаемого массива приращение с 1995 по 2000 годы составило 0.6 против 2.1 га в 1989-1995 гг. Совокупная же площадь пятен здесь значительно

ЭКОСИСТЕМЫ: ЭКОЛОГИЯ И ДИНАМИКА, 2026, том 10, № 2

больше, чем на двух других участках, за счет большей площади самого исследуемого поля (124.5 га против 56.3 и 41.3 га), а интенсивность нарастания пятен меньше за счет упомянутой легкой планировки (рис. 8).

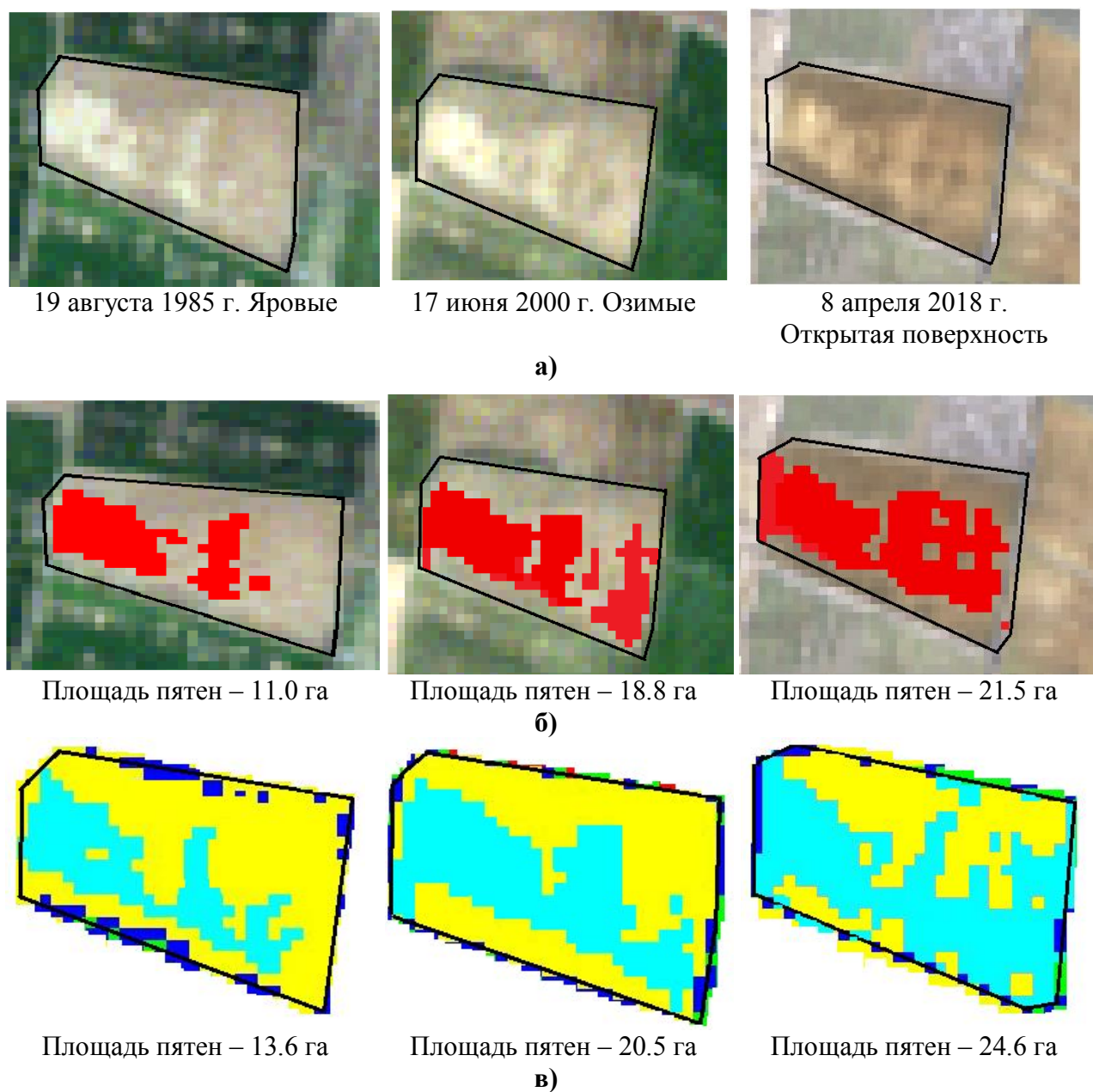
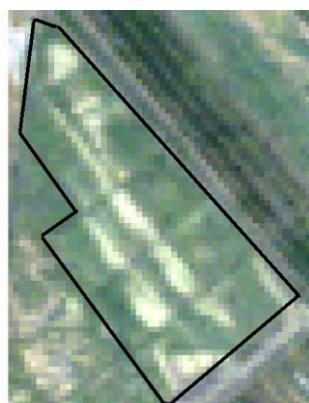


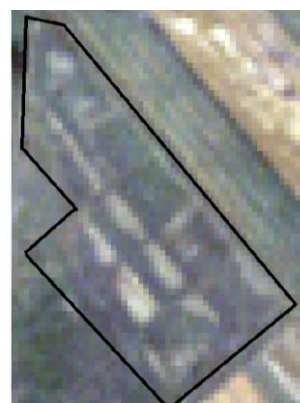
Рис. 6. Космическое разновременное RGB-изображение исследуемого поля (41.3 га) на орошаемом массиве «Светлоярский», полученное со спутника Landcat-8 OLI (а), интерактивное (б) и автоматически классифицированное (в) изображение пятен поверхностно-карбонатных почв. Подсчет площадей выполнен по изображению в масштабе 1:10000. **Fig. 6.** Multi-temporal RGB satellite image of the studied field in the “Svetloyarsky” irrigated area obtained from the Landcat-8 OLI satellite (a), interactive (b) and automatically classified (c) images of surface patches of carbonates. Area calculation was done using the image itself, scale 1:10,000.



26 мая 1989 г. Озимые



27 мая 1995 г.
Кормовые травы

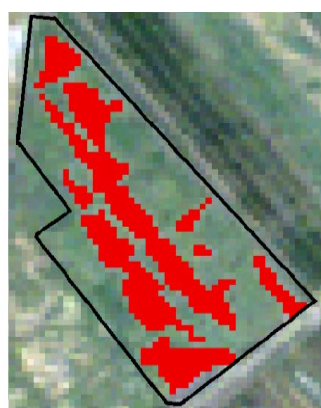


14 апреля 2000 г.
Открытая поверхность

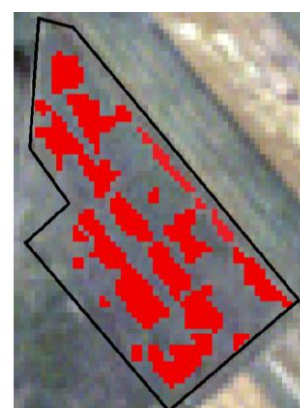
а)



Площадь пятен – 36.6 га

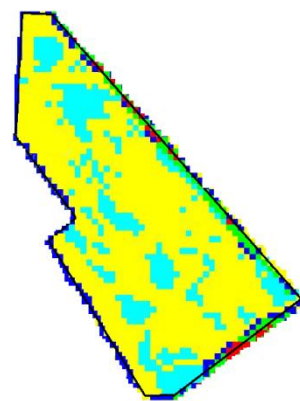


Площадь пятен – 38.7га

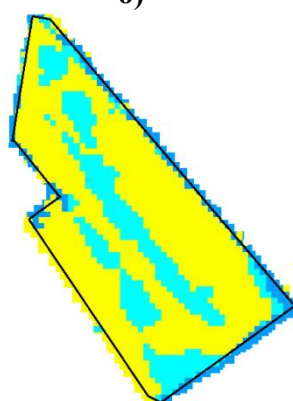


Площадь пятен – 39.0 га

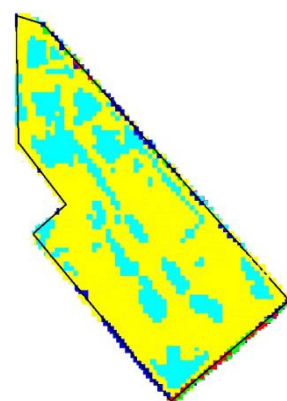
б)



Площадь пятен – 30.9 га



Площадь пятен – 34.5 га



Площадь пятен – 35.1 га

в)

Рис. 7. Космическое разновременное RGB-изображение исследуемого поля (124.5 га) на орошаемом массиве «Дубоовразный», полученное со спутника Landcat-8 OLI (а), интерактивное (б) и автоматически классифицированное (в) изображение пятен поверхностно-карбонатных почв. Подсчет площадей выполнен по изображению в масштабе 1:10000. **Fig. 7.** Space-based multi-temporal RGB image of the studied field of the “Duboovrazhny” irrigated area obtained from the Landcat-8 OLI satellite (a), interactive (b) and automatically classified (c) images of surface patches of carbonates. Area calculation was done using the image itself, scale 1:10,000.

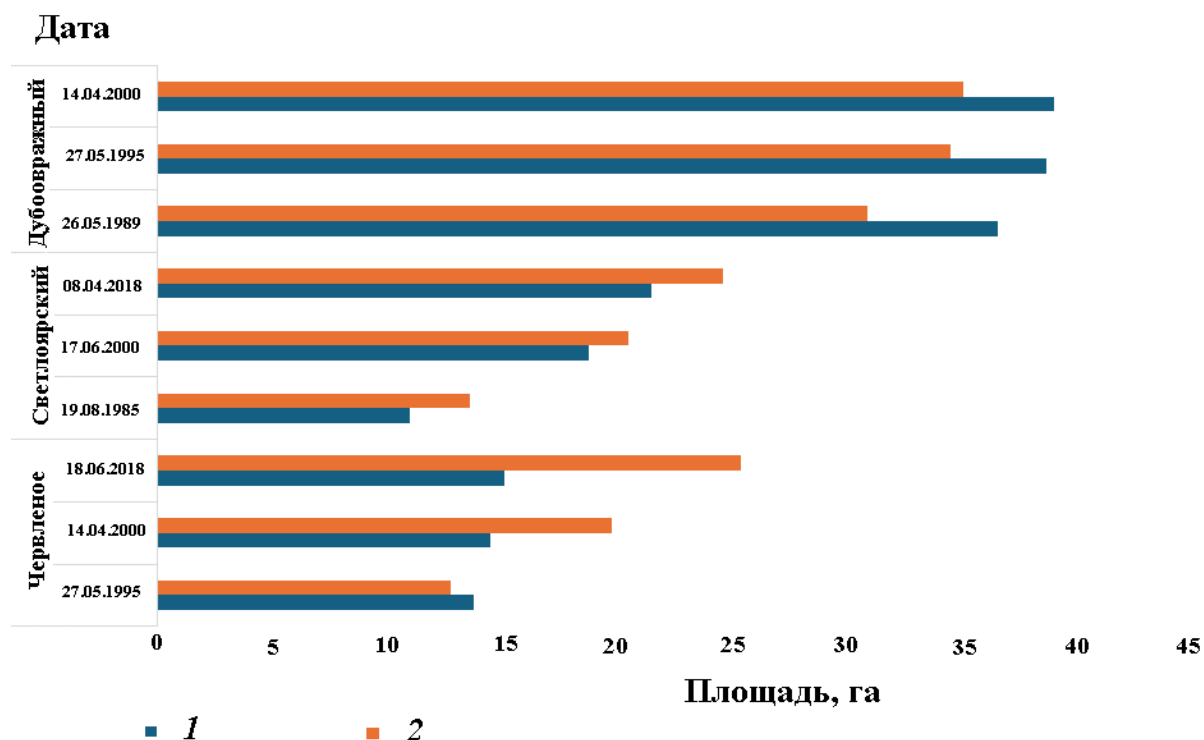


Рис. 8. Изменение площадей поверхностно-карбонатных пятен за многолетний период на 3 исследуемых участках. *Условные обозначения:* 1 – площадь пятен, выделенная и подсчитанная в интерактивном режиме, 2 – площадь пятен, выделенная и подсчитанная методом автоматической классификации. **Fig. 8.** Changes in the area of surface patches of carbonates over multiple years at 3 studied sites. *Legend:* 1 – area identified and calculated interactively, 2 – area identified and calculated by an automatic classification method.

Форма и расположение пятен на полях различные. На орошаемом массиве «Червленое» пятна расположены почти меридионально и имеют вытянутую форму. Центральное пятно протянулось через все поле. Соотношение длины к ширине в самом узком и самом широком местах у центрального пятна уменьшилось за рассматриваемый период с 4.0-9.0 до 3.2-3.6, что свидетельствует об увеличении пятна в ширину. Количество карбонатов в горизонте 0-10 см нарастает с севера на юг и колеблется от 6.2 до 13.2%, рядом с пятном – от 1.0 до 1.5%, иногда увеличиваясь ближе к пятну до 6.2%. На отдельных мелких пятнах количество карбонатов может достигать 2.0%.

На поле Светлоярского массива центральное пятно протянулось почти широтно, также имея вытянутую форму. Соотношение длины к ширине в самом узком и широком местах уменьшилось за весь рассматриваемый период с 10.2-3.4 до 5.1-3.1, что свидетельствует о расширении пятна. Количество карбонатов в горизонте 0-20(30) см за пределами пятен составляет 1.8%, по краю пятна – 2.4-5.0%, внутри – 10.6-13.4%.

На территории полей Дубовиражного массива расположена группа пятен, каждое из которых значительно меньше центральных пятен 2 предыдущих участков. Пятна постепенно сливаются в узкие полосы, направленные вдоль оси гривы. Соотношение длины и ширины центральной полосы уменьшилось за исследуемый период с 76.0 до 57.0, т.е. увеличилась ширина полосы. Количество карбонатов в горизонте почвы 0-30 см на крупных пятнах – 2.8-12.3%, мелких – 2.3-5.36%, между пятнами – 0.09-0.87% (рис. 9; табл. 1-3).

Причинами увеличения площадей карбонатных пятен на поверхности почв могут быть: 1) растаскивание карбонатного материала по полю при ежегодной вспашке, 2) осаждение

карбонатов из подтягиваемых снизу почвенных растворов, насыщенных по карбонатам, при испарении и расходе воды корнями растений, 3) припашка карбонатных горизонтов по мере эрозионного сноса части пахотного горизонта.

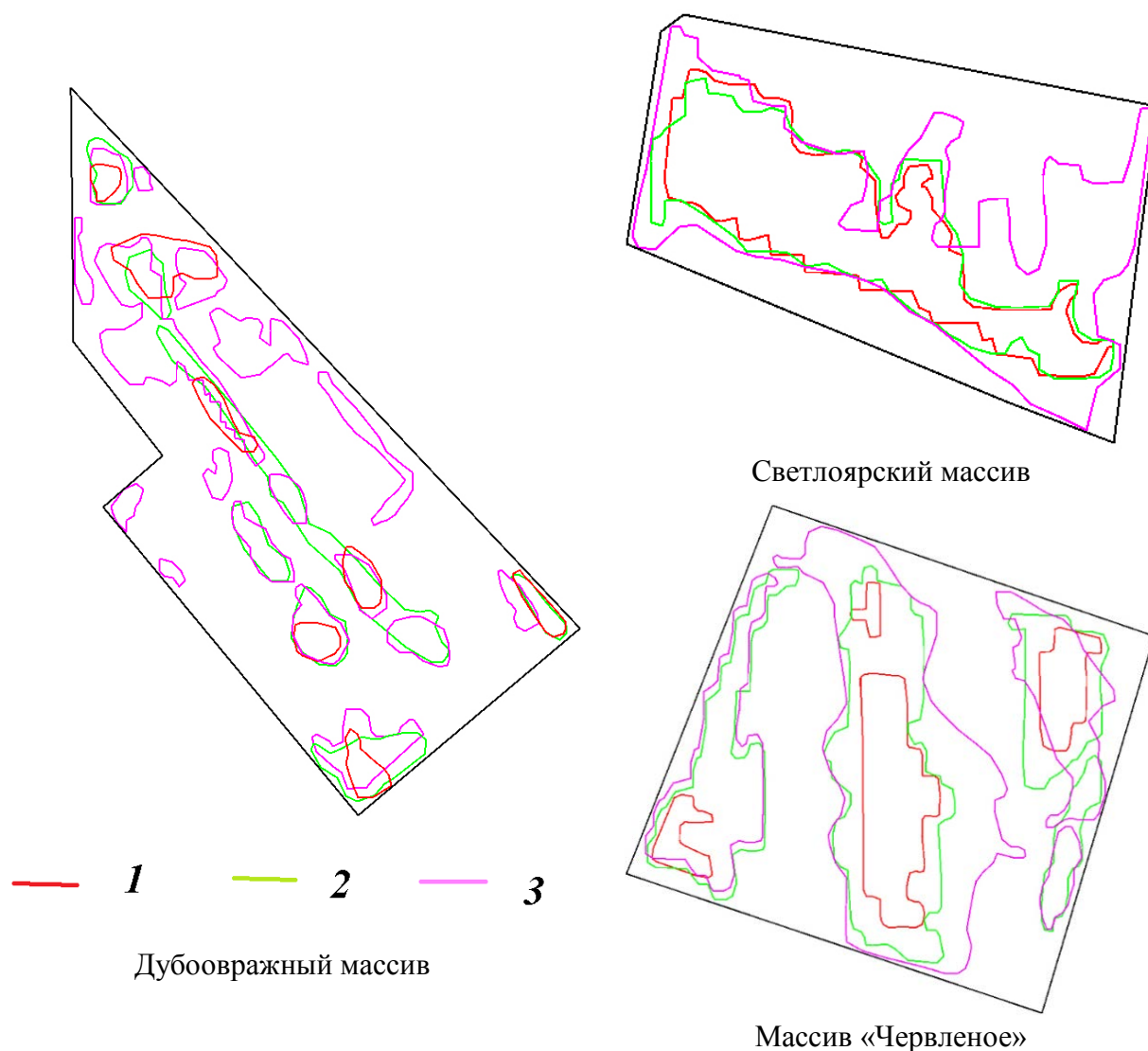


Рис. 9. Поверхностно-карбонатные почвы, выделенные методом автоматической классификации и отображенные в векторном формате за многолетний период. *Условные обозначения:* 1 – первый срок, 2 – второй срок, 3 – третий срок. **Fig. 9.** Surface carbonate soils that were identified by automatic classification and displayed in vector format for a long-term period. *Legend:* 1 – first period, 2 – second period, 3 – third period.

Исследование и изучение процесса формирования поверхностно-карбонатных почв на орошаемых и сильноэродированных почвах сельскохозяйственных угодий в аридных зонах началось достаточно давно и продолжается по настоящее время (Барановская, Азовцев, 1981; Amit, Harrison 1995; Любимова, Дегтярева, 2000; Хитров и др., 2024, 2025). Такой процесс связывают с антропогенным воздействием – прежде всего, с мелиорацией и орошением земель, планировками полей при строительстве оросительных систем, которые приближают природный карбонатный горизонт почв к поверхности, создавая пятнистый, светлый рисунок на поле.

Пятнистость, связанная с карбонатными почвами на поле, отмечалась в работах Б.А. Зимовца (1991) и выделялась по дистанционной информации другими авторами (Залибекова и др., 2011). Разработка методов обработки больших данных дистанционного зондирования и эффективного использования космических снимков более чем за 40-летний период для выделения и учета пространственной неоднородности почвенно-земельного покрова, связанного с различными причинами, отражена в работах Д.И. Руховича (2016), Д.А. Шаповалова с соавторами (2020).

В данной статье впервые обращено внимание на тенденцию увеличения размера пятен поверхностно-карбонатных почв на космических снимках за длительный период. Однако, отсутствие единых условий съемки и одинакового периода между ними, разная подстилающая поверхность почв (открытая поверхность, озимые, кормовые травы) не позволяют однозначно подтвердить точность полученных результатов. Отсюда, перед нами встает задача привлечь современные и одновременные космические снимки изучаемых участков с открытой поверхностью почв, проанализировать их и обосновать свои выводы дополнительными полевыми исследованиями.

Выводы

Проведенный анализ динамики изменения поверхностно-карбонатных почв в течение более чем 30-летнего периода по космическим снимкам показал тенденцию к увеличению площади таких почв год от года. Для крупных сильно вытянутых светлых ареалов поверхностно-карбонатных почв отмечена тенденция их расширения в стороны. Выделенные и подсчитанные площади пятен поверхностно-карбонатных почв на снимках интерактивным методом и с помощью автоматической классификации показали разные результаты при общей одинаковой тенденции. Отличия в значениях подсчитанных площадей разными методами связаны с изменениями контрастности космического изображения полей, которые возникают из-за условий съемки в разные годы, что влияет на спектральные признаки, положенные в основу классификации. Также разница может возникать из-за возделываемых сельскохозяйственных культур, отражающихся на снимках и имеющих свои маскирующие свойства.

В статье проанализированы прирост площадей поверхностно-карбонатных почв на исследуемых участках, форма и расположение пятен на поле, количество карбонатов на пятнах и за их пределами. В перспективе для того чтобы точно установить причину интенсивности разрастания светлых пятен на полях, расположенных на северной части возвышенности Ергени и Севере Сарпинской низменности, необходимо дополнительно проанализировать современные одновременные космические снимки с открытой поверхностью почвы на исследуемые участки и подтвердить свои выводы в полевых условиях, что является предстоящей задачей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

REFERENCES

- | | |
|--|---|
| <ol style="list-style-type: none">1. Абатуров Б.Д. 2001. Зоогенные формы почвенных неоднородностей // Масштабные эффекты при исследовании почв. М.: Изд-во МГУ. С. 61-75.2. Балабко П.Н., Басевич В.Ф., Витязев В.Г., Макаров И.Б. 2018. Изменение морфологического | <ol style="list-style-type: none">1. Abaturov BD. Zoogenic forms of soil heterogeneities [Zoogennyye formy pochvennykh neodnorodnostey] Scale effects in soil research [Masshtabnyye efekty pri issledovanii pochvy]. Moscow: Izd-vo MGU, 2001:61-75.2. Balabko PN, Basevich VF, Vityazev VG, Makarov IB. Changes in the morphological |
|--|---|

- строения каштановой почвы в результате планировки // *Агрохимический вестник*. № 2. С. 9-12.
3. Барановская В.А., Азовцев В.И. 1981. Влияние орошения на миграцию карбонатов в почвах Поволжья // *Почвоведение*. № 10. С. 17-27.
 4. Волгоградская область: природные условия, ресурсы, хозяйство, население, геоэкологическое состояние. 2011. Волгоград: Перемена. 528 с.
 5. Горохова И.Н., Панкова Е.И. 2017. Природа пятнистости орошаемых почв сухостепной зоны (на примере Светлоярской оросительной системы) // *Аридные экосистемы*. Т. 23. № 3 (72). С. 44-54.
 6. Горохова И.Н., Хитров Н.Б. 2023. Распознавание каменистых, песчаных и карбонатных с поверхности почв на юге Приволжской возвышенности (Волгоградская область) по космическим // *Почвоведение*. № 11. С. 1340-1356.
 7. Горохова И.Н., Хитров Н.Б., Прокопьева К.О., Харланов В.А. 2018. Почвенный покров Светлоярской оросительной системы через полвека мелиоративных воздействий // *Почвоведение*. № 8. С. 1033-1044.
 8. Дегтярева Е.Т., Жулидова А.Н. 1970. Почвы Волгоградской области. Волгоград: Нижне-Волжское книжное изд-во. 319 с.
 9. Доскач А.Г. 1979. Природное районирование Прикаспийской полупустыни. М.: Наука. 142 с.
 10. Залибекова М.З., Асгерова Д.Б., Бийболатова З.Д. 2011. О картографии динамических свойств почв Терско-Кумской низменности с применением дистанционных методов // *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. Т. 13. № 1 (6). structure of chestnut soil as a result of planning [Izmeneniye morfologicheskogo stroyeniya kashtanovoy pochvy v rezul'tate planirovki]. *Agrochemical Bulletin [Agrokhimicheskii vestnik]*. 2018;2:9-12.
 3. Baranovskaya VA, Azovtsev VI. The effect of irrigation on carbonate migration in soils of the Volga region [Vliyaniye orosheniya na migratsiyu karbonatov v pochvakh Povolzh'ya]. *Soil Science [Pochvovedeniye]*. 1981;10:17-27.
 4. Volgograd Region: natural conditions, resources, economy, population, geoecological state [Volgogradskaya oblast': prirodnyye usloviya, resursy, khozyaystvo, naseleniye, geoekologicheskoye sostoyaniye]. Volgograd: Peremena, 2011:528.
 5. Gorokhova IN, Pankova EI. The Nature of the Patchiness of Irrigated Soils in the Dry Steppe Zone (on Example of the Svetloyarskaya Irrigation System). *Arid Ecosystems*. 2017;7 (3):161-170.
 6. Gorokhova IN, Khitrov NB. Identification of Rocky, Sandy, and Surface-Calcareous Soils in the South of the Volga Upland (Volgograd Oblast) on Satellite Images. *Eurasian Soil Science*. 2023;56 (11):1591-1604.
 7. Gorokhova IN, Khitrov NB, Prokop'eva KO, Kharlanov VA. Soil Cover of the Svetloyarsk Irrigation System after 50 Years of Reclamation Practices. *Eurasian Soil Science*. 2018;51 (8):965-975.
 8. Degtyareva ET, Zhulidova AN. Soils of the Volgograd Region [Pochvy Volgogradskoy oblasti]. Volgograd: Nizhne-Volzhskoye knizhnoye izd-vo, 1970:319.
 9. Doskach AG. Natural zoning of the Caspian semi-desert [Prirodnoye rayonirovaniye Prikaspiyskoy polupustyni]. Moscow: Nauka, 1979:142.
 10. Zalibekova MZ, Asgerova DB, Biybolatova ZD. On the cartography of dynamic properties of soils of the Terek-Kuma Lowland using remote sensing methods [O kartografii dinamicheskikh svoystv pochv Tersko-Kumskoy nizmennosti s primeneniye distantsionnykh metodov]. *Bulletin of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences [Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk]*. 2011;13 (1):1330-1333.

- С. 1330-1333.
11. Зимовец Б.А. 1991. Экология и мелиорация почв сухостепной зоны. М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева. 248 с.
 12. Корнблум Э.А., Мясников В.В. 1982. Способ классификационной оценки разнообразия солонцовых почв, нарушенных строительными планировками // Новые методы исследования почв солонцовых комплексов. М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева. С. 136-146.
 13. Кравченко Е.И., Хитров Н.Б., Горохова И.Н. 2021. Распределение засоления орошаемых почв в районе Сарпинской ложбины Прикаспийской низменности // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. № 106. С. 5-48.
 14. Кузнецов М.С., Григорьев В.Я., Хан К.Ю. 1990. Ирригационная эрозия почв и ее предупреждение при поливах дождеванием. М.: Наука. 120 с.
 15. Любимова И.Н., Дегтярева Е.Т. 2000. Изменение карбонатного профиля почв солонцовых комплексов при агрогенном воздействии // Почвоведение. № 7. С. 855-860.
 16. Новикова А.Ф., Гэпин Л.О., Конюшкова М.В. 2009. Динамика процессов засоления-рассоления почв участка «Червленое» Светлоярской оросительной системы в ирригационный и постирригационный периоды // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. № 63. С. 16-24.
 17. Приходько В.Е. 1996. Орошаемые степные почвы: функционирование, экология, продуктивность. М.: Интеллект. 179 с.
 18. Розанов А.Б. 1992. Карбонатизация // Элементарные почвообразовательные процессы: опыт концептуального анализа, 11. Zimovets BA. Ecology and soil reclamation of the dry-steppe zone [*Ekologiya i melioratsiya pochv sukhostepnoy zony*]. Moscow: Pochvennyy institut im. V.V. Dokuchayeva, 1991:248.
 12. Kornblum EA, Myasnikov VV. A method for classifying the diversity of solonetzic soils disturbed by construction layouts [*Sposob klassifikatsionnoy otsenki raznoobraziya solontsovykh pochv, narushennykh stroitel'nyimi planirovkami*] New methods for studying solonetzic complex soils [Novyye metody issledovaniya pochv solontsovykh kompleksov]. Moscow Pochvennyy institut im. V.V. Dokuchayeva, 1982:136-146.
 13. Kravchenko EI, Khitrov NB, Gorokhova IN. Distribution of salinity of irrigated soils in the Sarpinskaya Depression area of the Caspian Lowland [*Raspredeleniye zasoleniya oroshayemykh pochv v rayone Sarpinskoy lozhbiny Prikaspiyskoy nizmennosti*]. *Bulletin of the V.V. Dokuchaev Soil Science Institute* [*Byulleten' Pochvennogo instituta im. V.V. Dokuchayeva*]. 2021;106:5-48.
 14. Kuznetsov MS, Grigoriev VYa, Khan KYu. Irrigation soil erosion and its prevention with sprinkling irrigation [*Irrigatsionnaya eroziya pochv i yeye preduprezhdeniye pri polivakh dozhdevaniyem*]. Moscow: Nauka, 1990:120.
 15. Lyubimova IN, Degtyareva ET. Changes in the Carbonate Distribution in the Soils of Solonetzic Complexes at Agrogenic Impact. *Eurasian Soil Science*. 2000;33 (7):746-751.
 16. Novikova AF, Gepin LO, Konyushkova MV. Dynamics of soil salinization-desalinization processes in the "Chervlenoe" site of the Svetloyarsk irrigation system during the irrigation and post-irrigation periods [*Dinamika protsessov zasoleniya-rassoleniya pochv uchastka "Chervlenoye" Svetloyarskoy orositel'noy sistemy v irrigatsionnyy i postirrigatsionnyy periody*]. *Bulletin of the V.V. Dokuchaev Soil Science Institute* [*Byulleten' Pochvennogo instituta im. V.V. Dokuchayeva*]. 2009;63:16-24.
 17. Prikhodko VE. Irrigated steppe soils: functioning, ecology, productivity [*Oroshayemyye stepnyye pochvy: funktsionirovaniye, ekologiya, produktivnost'*].

- характеристика, систематика.
М.: Наука. С. 23-25.
19. Рухович Д.И. 2016. Принципы организации проблемно-ориентированной системы ретроспективного мониторинга почвенно-земельного покрова на основе дистанционного зондирования земли // Информация и космос. № 3. С. 108-123.
 20. Сиземская М.Л. 2013. Современная природно-антропогенная трансформация почв полупустыни Северного Прикаспия. М.: Тов-во научных изданий КМК. С. 276.
 21. Трегунов П.С., Аверьянов О.А. 1987. Ирригационная эрозия почв и меры её предотвращения. М.: ВНИИТЭИагропром. С. 53.
 22. Хитров Н.Б., Горохова И.Н., Панкова Е.И. 2021. Дистанционная диагностика содержания карбонатов в орошаемых почвах сухостепной зоны Волгоградской области // Почвоведение, № 6. С. 657-674.
 23. Хитров Н.Б., Кравченко Е.И., Рухович Д.И., Королева П.В. 2024. Эрозионно-аккумулятивная структура почвенного покрова сухостепного агроландшафта, Ростовская область // Почвоведение. № 9. С. 1147-1173.
 24. Хитров Н.Б., Круглякова Н.Б., Горохова И.Н., Кравченко Е.И. 2025. Карбонатный профиль почв каштановых солонцовых комплексов и его антропогенная трансформация в пашне // Почвоведение. № 8. С. 1025-1054.
 25. Шаповалов Д.А., Королева П.В., Калинина Н.В., Вильчевская Е.В., Куляница А.Л., Рухович Д.И. 2020. ASF-INDEX – карта устойчивой внутрислоевой неоднородности плодородия почвенного покрова, построенная на основе больших спутниковых данных для задач точного земледелия // Международный журнал «Экосистемы: Экология и динамика». М.: Интеллект, 1996:179.
 18. Rozanov AB. Carbonatization [Karbonatizatsiya] Elementary soil-forming processes: an experience of conceptual analysis, characteristics, taxonomy [Elementarnyye pochvoobrazovatel'nyye protsessy: opyt kontseptual'nogo analiza, kharakteristika, sistematika]. Moscow: Nauka, 1992:23-25.
 19. Rukhovich DI. Principles of Organizing a Problem-Oriented System for Retrospective Monitoring of Soil and Land Cover Based on Remote Sensing [Printsipy organizatsii problemno-orientirovannoy sistemy retrospektivnogo monitoringa pochvenno-zemel'nogo pokrova na osnove distantsionnogo zondirovaniya zemli]. Information and Space [Informatsiya i kosmos]. 2016;3:108-123.
 20. Sizemskaya ML. Modern natural and anthropogenic transformation of soils in the semi-desert of the Northern Caspian Region [Sovremennaya prirodno-antropogennaya transformatsiya pochv polupustyni Severnogo Prikaspiya]. Moscow: Tov-vo nauchnykh izdaniy KMK, 2013:276.
 21. Tregubov PS, Averyanov OA. Irrigation soil erosion and measures to prevent it [Irrigatsionnaya eroziya pochv i mery yeyo predotvrashcheniya]. Moscow: VNIITEIagroprom, 1987:53.
 22. Khitrov NB, Gorokhova IN, Pankova YeI. Remote Sensing of the Carbonate Content in Irrigated Soils of the Dry Steppe Zone in Volgograd Oblast. Eurasian Soil Science. 2021;54 (6):827-842.
 23. Khitrov NB, Kravchenko EI, Rukhovich DI, Koroleva PV. Erosion-Accumulative Soil Cover Patterns of Dry-Steppe Agrolandscape, Rostov Region. Eurasian Soil Science. 2024;57 (9):1409-1432.
 24. Khitrov NB, Kruglyakova NG, Gorokhova IN, Kravchenko EI. Carbonate Profile of Chestnut-Solonetz Associations and Its Anthropogenic Transformation in Arable Land. Eurasian Soil Science. 2025;58:101.
 25. Shapovalov DA, Koroleva PV, Kalinina NV, Vilchevskaya EV, Kulyanitsa AL, Rukhovich DI. ASF-INDEX – a map of stable intra-field heterogeneity of soil fertility constructed on the

- сельскохозяйственный журнал. № 1. С. 9-15.
26. Amit R.J., Harrison B.J. 1995. Biogenic Calcite Horizon Development under Extremely Arid Conditions. Nizzana Sand Dunes, Israel // *Advances in Geocology*. Vol. 28. P. 65-88.
 27. Calcareous Soils. 1972. FAO Soils Bulletin 21. Rome. 253 p.
 28. de Soto I.S., Virto I., Barre P., Fernandez-Ugalde O., Anton R., Martinez I., Chaduteau C., Enrique A., Bescansa P.A. 2017. Model for Field-Based Evidences of the Impact of Irrigation on Carbonates in the Tilled Layer of Semi-Arid Mediterranean Soils // *Geoderma*. Vol. 297. P. 48-60.
 29. Levy R. 1980. Precipitation of Carbonates in Soils in Contact with Undersaturated or Oversaturated in Respect to Calcite // *Journal of Soil Science*. Vol. 31. P. 41-51.
 30. Zamanian K., Pustovoytov K., Kuzyakov Y. 2016. Pedogenic Carbonates: Forms and Formation Processes // *Earth-Science Reviews*. Vol. 157. P. 1-17.
 31. Soil Survey Investigations for Irrigation. 1979. FAO Soils Bulletin 42. Rome. 188 p.
 32. Wu L.S., Wood Y., Jiang P.P., Li L., Pan G., Lu L.Q., Pan G.X., Lu J.H., Chang A.C., Enloe H.A. 2008. Carbon Sequestration and Dynamics of Two Irrigated Agricultural Soils in California // *Soil Science Society of America Journal*. Vol. 72. P. 808-814.
 - basis of big satellite data for precision farming tasks [ASF-INDEX – karta ustoychivoy vnutripolevoy neodnorodnosti plodorodiya pochvennogo pokrova, postroyennaya na osnove bol'shikh sputnikovykh dannykh dlya zadach tochnogo zemledeliya]. *International Agricultural Journal [Mezhdunarodnyy sel'skokhozyaystvennyy zhurnal]*. 2020;1:9-15.
 26. Amit RJ, Harrison BJ. Biogenic Calcite Horizon Development under Extremely Arid Conditions. Nizzana Sand Dunes, Israel. *Advances in Geocology*. 1995;28:65-88.
 27. Calcareous Soils. FAO Soils Bulletin 21. Rome, 1972:253.
 28. de Soto IS, Virto I, Barre P, Fernandez-Ugalde O, Anton R, Martinez I, Chaduteau C, Enrique A, Bescansa PA. Model for Field-Based Evidences of the Impact of Irrigation on Carbonates in the Tilled Layer of Semi-Arid Mediterranean Soils. *Geoderma*. 2017;297:48-60.
 29. Levy R. Precipitation of Carbonates in Soils in Contact with Undersaturated or Oversaturated in Respect to Calcite. *Journal of Soil Science*. 1980;31:41-51.
 30. Zamanian K, Pustovoytov K, Kuzyakov Y. Pedogenic Carbonates: Forms and Formation Processes. *Earth-Science Reviews*. 2016;157:1-17.
 31. Soil Survey Investigations for Irrigation. FAO Soils Bulletin 42. Romem 1979:188.
 32. Wu LS, Wood Y, Jiang PP, Li L, Pan G, Lu LQ, Pan GX, Lu JH, Chang AC, Enloe HA. Carbon Sequestration and Dynamics of Two Irrigated Agricultural Soils in California. *Soil Science Society of America Journal*. 2008;72:808-814.

UDC 631.4

**DYNAMIC CHANGES IN THE AREA WITH SURFACE-CARBONATE SOILS
OBSERVED ON REMOTE SENSING DATA IN THE VOLGOGRAD REGION**

© 2026. I.N. Gorokhova, N.B. Khitrov, E.I. Kravchenko

*V.V. Dokuchaev Soil Institute**7-2 Pyzhevsky Per., Moscow, 119017, Russia. E-mail: g-irina14@yandex.ru*

Received April 10, 2026. Revised May 15, 2026. Accepted June 25, 2026.

We studied the dynamics of changing area of surface carbonate soils with the help of satellite images over a 30-year period of irrigation in 3 key areas that belong to different natural zones of the Volgograd Region: 1) the Northern Yergeni Upland (“Chervlenoe” massif), 2) the Caspian Depression, Khvalynsk Clay Plain – Northern Sarpa Lowland (Svetloyarsky massif), 3) the Caspian Depression, Khvalynsk Clay Plain – Sarpa Gully (Dubovvrazhny massif). All 3 sites are located in the dry-steppe zone with an initial soil cover of light-chestnut solonetzic complexes. They differ in elevation, relief, parent and underlying rocks, groundwater levels, alkalinity, soil salinity, and the history of anthropogenic impacts associated with field planning, groundwater level rise, methods of plowing and irrigation, and crops. All sites have surface-carbonate soils, which were additionally confirmed by our fieldwork and laboratory data. We used Landsat-5 and Landsat-8 OLI satellite images for the period of 1985-2018 with a ground resolution of 30 m. Individual fields in the images were selected where surface patches were most evident, formed by the carbonates in the arable soil horizon (0-30 cm). The patches were analyzed for 3 different years, with intervals of 5-18 years. When processing images, we identified surface carbonate soils visually, interactively, and by unsupervised image classification that uses the IsoData method in the ENVI software package. These methods yielded different results, with a similar trend of growing areas of patched over the years, which may be caused by the following reasons: 1) the spreading of carbonates across the field during annual plowing, 2) the settling of carbonates that come from carbonate-saturated soil solutions during evaporation and water use by plant roots, 3) the plowing of carbonate horizons as the arable horizon gets eroded. According to the image classification method, the greatest increase in area is observed in the fields of the “Chervlenoe” (12.6 ha) and Svetloyarsky (11.0 ha) massifs over 23 and 33-year periods, respectively. In the fields of the Dubovvrazhny massif, the increase was 4.2 ha over 11 years, since the planning of the fields during the construction of the irrigation system there was insignificant, and the period under consideration was shorter (11 years).

Keywords: light chestnut soils, irrigation, soil carbonates, field planning, space imagery classification, soil cover heterogeneity.

DOI: 10.24412/2542-2006-2026-2-41-60**EDN: YHZZYA**

ДИНАМИКА ЭКОСИСТЕМ И ИХ КОМПОНЕНТОВ

УДК 581.527:470.311

ФЛОРИСТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ В ДОЛИНЕ РЕКИ УНИЦЫ
(МОСКОВСКАЯ ОБЛАСТЬ)

© 2026 г. А.Н. Швецов*, А.Г. Куклина*, Н.А. Озерова**

*Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН
Россия, 127276, г. Москва, ул. Ботаническая, д. 4

**Институт истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова РАН
Россия, 123315, г. Москва, ул. Балтийская, д. 14. E-mail: alla_gbsad@mail.ru

Поступила в редакцию 10.05.2026. После доработки 15.06.2026. Принята к публикации 25.06.2026.

В ходе полевого обследования природного заказника «Долина р. Уницы» и сопредельных территорий на площади около 300 га в муниципальном округе Зарайск Московской области составлен флористического список, включающий 346 видов сосудистых растений. Впервые выявлены местообитания 3 редких таксонов: *Anemone sylvestris*, *Gentiana cruciata* и *Pulmonaria angustifolia*, внесенных в «Красную книгу Московской области» (2018). В долине р. Уницы отмечены 12 видов, нуждающихся в регулярном мониторинге. Среди обнаруженных 28 чужеродных таксонов присутствуют 12 инвазионных и 5 потенциально-инвазионных видов, проявляющих тенденцию к расселению. Ретроспективный анализ с использованием архивных и документальных источников позволил выделить отдельные этапы истории развития природных комплексов заказника. Установлено, что в бассейне реки (в границах особо охраняемой природной территории) древесная растительность появилась в последней четверти XVIII века как вторичный лес на месте вырубок. В 1770-1950-е годы произошло формирование дубняков с березой с примесью липы и осины; природные ресурсы осваивали традиционными приемами лесопользования, происходил выпас скота и сенокошение. В 1950-2010-е годы в результате интродукционной деятельности человека на особо охраняемой природной территории стали выращивать лесокультуры. На современном этапе, начиная с 2010-х годов, в структуре и облике фитоценозов наметилось восстановление древесной растительности за счет березы и осины на старопахотных землях, луговых склонах р. Осетра, приопушечных залежах. Самым заметным явлением этого периода стала широкая экспансия *Heracleum sosnowskyi*, которая представляет наибольшую опасность для природного комплекса особо охраняемых природных территорий и пагубно влияет на фиторазнообразие и состояние всей экосистемы.

Ключевые слова: ООПТ, редкие виды, инвазионные виды, река Уница, Зарайск, Московская область.

DOI: 10.24412/2542-2006-2026-2-61-93

EDN: STFOIJ

Цель данной статьи – на основе флористической инвентаризации и анализа документальных источников отметить преобразования, произошедшие в долине р. Уницы за 250-летний период. Задачей данного исследования является рассмотрение истории развития природных комплексов под влиянием антропогенного фактора, составление флористического списка для особо охраняемой природной территории (ООПТ) «Долина р. Уницы», выявление охраняемых редких, а также чужеродных видов.

Мониторинг – это важнейший инструмент познания закономерностей функционирования экосистемы. Наблюдения за состоянием фитоценозов показывают высокую динамичность популяций отдельных видов и растительного покрова в целом (Полякова и др., 2017). В последние десятилетия на фоне климатических изменений происходят смены характера

землепользования, оказывающие заметное влияние на ландшафт региона. Фундаментом для проведения постоянного мониторинга и последующего анализа наблюдений являются данные инвентаризации состава природных компонентов, включая их характеристики. Такие исследования особенно актуальны для природоохранных объектов (Williams et al., 2008). В рамках подобной стратегии осуществляются наши флористические работы на территориях заказников и памятников природы южного Подмосковья. Настоящая статья является продолжением серии флористических обследований ООПТ долины р. Осетр в Московской области (Куклина, Озерова, 2020; Озерова и др., 2021, 2023; Швецов, Куклина, 2023; Швецов и др., 2024; Куклина и др., 2025).

Лесной массив в бассейне р. Уницы объявлен заказником решением Исполкома Московского областного совета депутатов трудящихся № 1346/28 от 4.10.1977, как имеющее ландшафтное и ботаническое значение местообитание редких растений и «один из немногочисленных хорошо сохранившихся типичных участков подзоны широколиственных лесов» (Тихомиров, 1978, с. 51). В его составе определены площади леса (224 га) и луга (70 га). В 2016 году произошло уточнение юридического статуса природного заказника, созданного в муниципальном округе Зарайск Московской области с целью сохранения ненарушенных природных комплексов, включающих местообитания редких растений (Кадастровый ..., 2024).

ООПТ находится на холмистой равнине Заокского эрозионного плато в долине реки Уницы, которая является правым притоком р. Осетр. ООПТ состоит из 3 участков, расположенных отдельно друг от друга (рис. 1). Участок № 1 занимает площадь более 257 га и находится в долине реки шириной 50-100 м с береговыми склонами (под 20°) и высотой до 3-6 м. Протяженность извилистого русла реки составляет 5.5 км (фото 1). Участок № 2 – в долине р. Колоды (приток р. Уницы) шириной до 150 м, протяженностью более 1 км (фото 2). Участок №3 – в приустьевой части долины р. Уницы и на правом берегу р. Осетр с крутыми склонами высотой до 14 м, общей площадью 21 га (фото 3). На ООПТ представлен сохранившийся широколиственный лес с серыми и дерново-подзолистыми почвами, в пойме распространены аллювиальные темно-гумусовые почвы. На склонах долины р. Осетр имеются выходы известняков и формируются сильно смытые щебнистые дерново-карбонатные почвы (фото 4).

В Кадастровом отчете сообщается о 5 редких и уязвимых видах, нуждающихся в мониторинге: тонконог гребенчатый, колючник Биберштейна, ландыш майский, колокольчики болонский и персиколистный. Виды, включенные в «Красную книгу Московской области» (2018), в описании ООПТ не зафиксированы. Среди инвазионных таксонов упомянут борщевик Сосновского, образующий заросли в разреженном березняке, в черноольшанниках с ивой и черемухой, а также на склонах надпойменной террасы, по границам с полями и на залежах (Кадастровый ..., 2024).

ООПТ «Долина р. Уницы» расположена в заокской части южного Подмосковья, биологическое разнообразие которой в настоящее время изучено недостаточно полно (Воеводин и др., 2019), поэтому проведение дальнейших исследований состава и динамики растительного покрова представляет значительный научный интерес.

Материалы и методы

Исторические сведения об объекте изучения составлены на основе документов, хранящихся в Российском государственном архиве древних актов (РГАДА, г. Москва) и Российском государственном военно-историческом архиве (РГВИА, г. Москва). Для анализа изменений природных комплексов ООПТ «Долина р. Уницы» привлечены картографические материалы и описания Зарайского уезда Рязанской губернии XVIII-

XIX веков из РГАДА, включая их электронные копии, размещенные в свободном доступе в сети интернет, а также литературные сведения. Данные о хозяйственном использовании природных ресурсов на территории заказника и его окрестностей в XX веке взяты из публикаций газеты Зарайского района Московской области за 1918-2000 гг.

Пространственная привязка растровых изображений старинных карт, их совмещение с современной картой и с координатами растительных объектов, полученными на местности с помощью GPS-навигатора (Garmin Oregon 450), выполнены в программе MapInfo Professional (v. 12.5). Для повышения контрастности картографических изображений применен графический редактор (Adobe Photoshop CS3).

Полевые исследования проведены сотрудниками Главного ботанического сада РАН и Института истории естествознания и техники РАН (фото 5) в различные сезоны 2025 г. (табл. 1) маршрутным методом (Уланова и др., 2020). Гербарный материал передан в фонд Гербария им. А.К. Скворцова ГБС РАН (МНА).



Рис. 1. Картограмма ООПТ «Долина р. Уницы» и окрестностей с указанием мест произрастания редких и уязвимых видов растений. Условные обозначения: участок № 1 (1 – *Campanula latifolia*, *C. persicifolia*, *Convallaria majalis*, *Neottia nidus-avis*), участок № 2 (2 – *Platanthera bifolia*, *Con. majalis*, 3 – *C. bononiensis*, *C. trachelium*), участок № 3 (4 – *C. latifolia*, *C. persicifolia*, *Myosotis alpestris*, *N. nidus-avis*, *Pulmonaria angustifolia*, 5 – *Anemone sylvestris*, *Carlina vulgaris*, *Gentiana cruciata*, *M. alpestris*, *Prunus spinosa*, *Pyrus communis*, *Salvia pratensis*), участок за пределами ООПТ (6 – *S. pratensis*, *P. angustifolia*, *G. cruciata*). **Fig. 1.** Schematic map of the specially protected natural area “Unitca River Valley” and the adjacent territories, with locations of rare and vulnerable plant species. Legend: area No. 1 (1 – *Campanula latifolia*, *C. persicifolia*, *Convallaria majalis*, *Neottia nidus-avis*), area No. 2 (2 – *Platanthera bifolia*, *Con. majalis*, 3 – *C. bononiensis*, *C. trachelium*), area No. 3 (4 – *C. latifolia*, *C. persicifolia*, *Myosotis alpestris*, *N. nidus-avis*, *Pulmonaria angustifolia*, 5 – *Anemone sylvestris*, *Carlina vulgaris*, *Gentiana cruciata*, *M. alpestris*, *Prunus spinosa*, *Pyrus communis*, *Salvia pratensis*), area outside the specially protected natural area (6 – *S. pratensis*, *P. angustifolia*, *G. cruciata*).



Фото 1. Русло р. Уницы около д. Радушино (фото Н.А. Озеровой).
Photo 1. The Unitsa River near the Radushino Village (photo by N.A. Ozerova).



Фото 2. Р. Колода – приток р. Уницы, участок № 2 (фото А.Н. Швецова).
Photo 2. Koloda River, the tributary of the Unitsa River, area No. 2 (photo by A.N. Shvetsov).



Фото 3. Склон правого берега к р. Осетр, заросший борщевиком Сосновского (фото А.Н. Швецова). **Photo 3.** The sloping right bank of the Osetr River, overgrown with *Heracleum sosnowskyi* (photo by A.N. Shvetsov).



Фото 4. Надпойменная терраса р. Осетр с выходами известняка (фото А.Н. Швецова). **Photo 4.** The Osetr River floodplain terrace with limestone outcrops (photo by A.N. Shvetsov).



Фото 5. А.Н. Швецов, А.Г. Куклина и Н.А. Озерова исследуют флору в природном заказнике «Долина р. Уницы» 23.04.2025 (фото М.Б. Голдовской). **Photo 5.** A.N. Shvetsov, A.G. Kuklina and N.A. Ozerova are studying the flora in the “Unitsa River Valley” Nature Reserve, 23/04/2025 (photo by M.B. Goldovskaya).

Номенклатура семейств и видов приведена по работе С.К. Черепанова (1995). Флористический список и анализ данных представлены в программе Microsoft Excel. Цифрами в таблице 2 указано, на каком участке ООПТ встречен данный вид. Выявленные в ходе полевых наблюдений редкие виды, занесенные в «Красную книгу Московской области» (2018), выделены жирным шрифтом. Редкие и уязвимые виды, нуждающиеся в постоянном мониторинге и указанные в Приложении № 1 (Красная книга ..., 2018), подчеркнуты. Таксоны, относящиеся к чужеродной флоре, с учетом издания (Майоров и др., 2020) обозначены буквой «Ч». Инвазионные виды (*) и потенциально-инвазионные (^{Pl}) приведены по работе Ю.К. Виноградовой с соавторами (2010).

Результаты и обсуждение

Археологическими исследованиями установлено, что хозяйственное освоение территории, относящейся к современной ООПТ «Долина р. Уницы» (участок № 3), началось в XI-XIII вв., когда на высоком правом берегу рр. Осетр и Уница существовало поселение «Ратькино селище 1» (Археологическая ..., 1997). Наиболее ранними из обнаруженных картографических изображений этой территории стали межевые планы, составленные в 1770-е годы в Российской Империи. Из экономических примечаний, дополнявших и пояснявших изображения на планах, следует, что в последней трети XVIII века большая часть территории, которую в настоящее время занимает заказник, а в то время относившаяся к Зарайскому уезду Рязанской губернии, была безлесной и представляла собой пашню с лугами и залежами по ложбинам. На пустоши Кельиной и в землевладении (даче) сельца

Широбоково рос лес «дубовой, березовой и осиновой, для поташа неспособной, а к строению годный, в отрубе от шести и до семи вершков, а вышиною от шести и до семи сажень» (РГВИА, 1786, л. 44 об.-45; рис. 2). При такой толщине стволов (порядка 27-32 см) и высоте деревьев (около 13-15 м) возраст дуба мог составлять 40-60 лет, березы – 25-30 лет, осины – 30-35 лет (Дьякова, 1953; Середюк, Выходцев, 2019; Мирин и др., 2022). В дачах села Радушино описан лес «дровяной, дубовой, осиновой, березовой и липовой», а в селцах Титово и Астанково – «дровяной дубовой, березовой». Дровяной лес не годился для строительства. Он был тоньше, ниже и (в местных условиях) моложе строевого. Следовательно, лес на пустоши Кельиной и в даче селца Широбокова (у восточных границ участка № 1) на момент проведения генерального межевания (в 1772 г.) был самым старым – имел возраст около 40 лет; при этом он, вероятнее всего, вырос на месте вырубки. Все эти леса принадлежали помещикам.

Таблица 1. Сведения о полевых маршрутах и исследованиях на ООПТ «Долина р. Уницы».
Table 1. Information about field routes and studies in the specially protected natural area “Unitsa River Valley”.

Дата	Участок ООПТ	Вид исследований
23.04.2025	Участки № 1 и 2: полевые маршруты в окрестностях д. Радушино, по правому берегу реки Уницы, южнее д. Титово.	Изучение состава весенней лесной и луговой синузий. Выявление редких видов растений. Сбор гербарных образцов.
03.06.2025, 04.06.2025, 05.06.2025	Участки № 1: полевые маршруты по широколиственному лесу в долине реки Уницы. Участок № 3: маршрут на северо-восток от д. Протекино, по правому берегу р. Осетр до устья р. Уница.	Изучение летней растительности. Обследование ценопопуляций редких и инвазионных видов. Сбор гербария, установление точек геолокации изучаемых видов растений.
25.06.2025	Полевой маршрут южнее д. Широбоково, по правому и левому берегам реки Уницы.	Изучение луговой и прибрежно-водной растительности.
06.08.2025	Участок №2: полевой маршрут в долине р. Колода (левый приток реки Уницы), севернее д. Пенкино.	Обследование луговой и лесной растительности в осиново-березняке по правому и левому берегам р. Колода с бобровыми плотинами. Сбор гербария для систематических уточнений.

К 1850 году лесопокрытая площадь заметно увеличилась на всех участках современного ООПТ: на левом берегу р. Уницы, по берегам р. Колоды и на правом берегу р. Осетр. Эти лесные массивы обозначены на карте темно-зеленым цветом (рис. 3). В XIX веке в Рязанской губернии при устройстве надельных и частновладельческих дач существовал оборот рубки, составлявший для дуба 30-40 лет, для хвойных – 60 лет, а для березы, осины и ольхи – 30 лет. Однако сроки оборота рубок не всегда соблюдались. Они могли наступать как раньше, так и позже ввиду отсутствия государственного контроля использования лесов, находившихся в частной собственности (Иванов, 1927; Островский, 1961). Таким образом, можно лишь утверждать, что возраст лесов в долине р. Уницы в середине XIX века составлял не менее 30-40 лет.

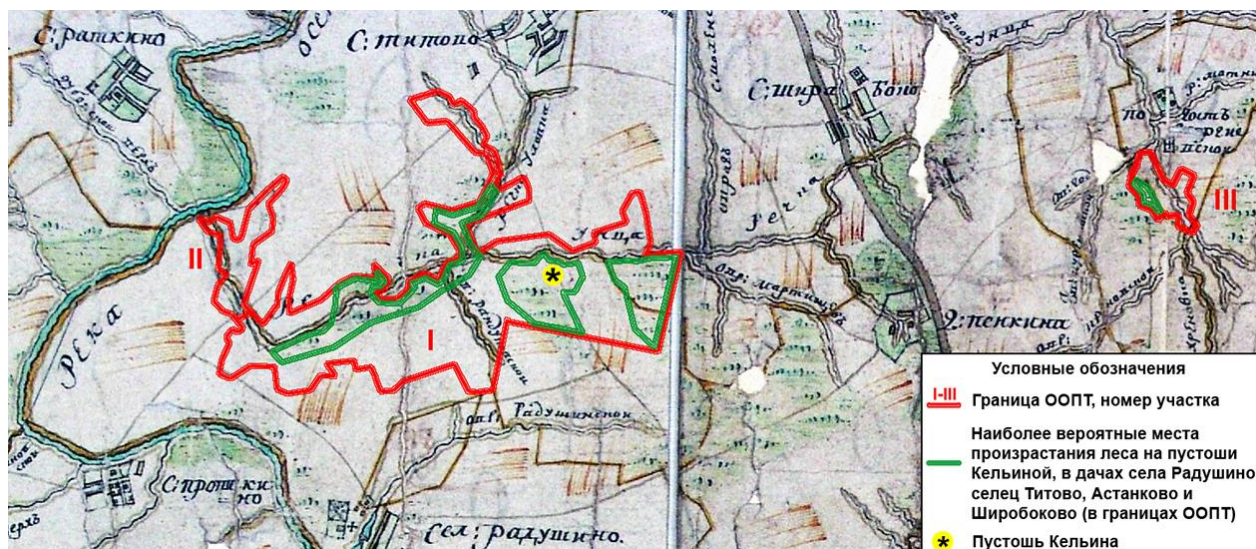


Рис. 2. Фрагмент межевого атласа Зарайского уезда Рязанской губернии конца XVIII в. (Планы ..., 1771-1790). **Fig. 2.** Fragment of the boundary atlas of the Zaraysky District, Ryazan Province as of the end of the XVIII century (General Land Survey Plans ..., 1771-1790).



Рис. 3. Фрагмент одновёрстной карты Зарайского уезда Рязанской губернии, масштаб 1:4200, 1850 г., где красным обозначены границы ООПТ (РГАДА, 1850). **Fig. 3.** Fragment of a 1-verst map (≈ 1.06 km) of the Zaraysk District, Ryazan Province, scale 1:4,200, compiled in 1850; red marks the boundaries of the specially protected natural areas (RSAAA, 1850).

В 1930-е годы в окрестностях Зарайска отмечалось хищническое уничтожение лесов, которые «ежегодно, начиная с осени и до весны» вырубали сельские жители, вынужденные собирать для отопления хворост (Корнеев, 1940). Для охраны леса в юго-восточной части Зарайского района была образована водоохранная зона (Кириллович, 1937). Лесной массив в бассейне р. Уницы в нее не вошел. В нем продолжались самовольные заготовки дров

(Кирсанов, 1939). В годы Великой отечественной войны в Зарайском районе уничтожили многие лесные массивы, однако лес в бассейне реки сохранился (Молотков, 1945).

Восстановление лесов в Зарайском районе активизировалось в 1949-1953 годы в связи с реализацией плана преобразования природы. Заготовка саженцев и семян (в основном, «дичков» дуба и березы) производилась силами колхозников «в полевых зарослях» (Мельников, 1949). Однако ресурсов самосева деревьев вскоре стало не хватать. Поэтому в мае 1952 года районная газета сообщила, что у кордона Кельино, в 32 квартале между селениями Пенкино и Титово будет заложен лесопитомник, в котором намечено вырастить полтора миллиона саженцев сосны и лиственницы, а также бересклета европейского, как ценного технического кустарника (Островский, 1952). Упомянутый выше источник подтверждает культурное, а не аборигенное происхождение бересклета европейского на территории Московской области. В период 1952-1953 гг. по плану Зарайского лесничества в районе д. Титово были также произведены лесопосадки сосны, ели, липы, клена остролистного, бархата амурского, яблони и груши (Островский, 1953, 1961).

В ходе геоботанического обследования, предпринятого в 1950-1952 годы с целью хозяйственной оценки кормовых ресурсов лесов и лугов для нужд сельского хозяйства, Р.И. Дьякова составила геоботаническую карту Зарайского района. Из нее следует, что в середине XX века в пойме р. Уницы на участке № 1 ООПТ указаны фрагменты злаково-разнотравного луга с преобладанием *Alopecurus pratensis* и *Deschampsia caespitosa* (рис. 4; Дьякова, 1953).

Р.И. Дьякова (1953) отметила лесной массив между Радушино и Пенкино как один из крупнейших в районе. Этот лес она отнесла к широко распространенному на водоразделах типу дубрав с березой, с примесью липы и осины, с подлеском из орешника и с разреженным травяным покровом. В первом ярусе таких лесов в начале 1950-х годов преобладал дуб высотой 15 м и более, с примесью березы и осины. Во втором ярусе встречались липа и дуб. Третий ярус состоял из подлеска, представленного орешником, рябиной, бересклетом бородавчатым и крушиной, а также подростом липы, дуба или осины высотой 0.5-2 м. В разреженном травяном покрове распространены *Dryopteris filix-mas*, *Primula veris* (указана *P. officinalis*), *Fragaria vesca*, *Melampyrum nemorosum*, *Convallaria majalis*, *Filipendula vulgaris*, *Carex pilosa*, *Ranunculus cassubicus*, реже – *Aegopodium podagraria*. Хотя этот участок небогатый и нарушен хозяйственной деятельностью, по мнению Р.И. Дьяковой (1953, с. 48), «данный тип леса является ценным лесным угодьем; для сельскохозяйственных целей его использовать нельзя из-за плохой травяной массы и из-за густого леса, не позволяющего производить покос даже вручную. По этим же причинам он не годится и под пастбище (скот будет только портить молодой подрост леса)». В 1957 году под руководством лесничего В.В. Сугробова на площади около 20 га в районе д. Широково и на 6 га у д. Пенкино производились посадки липы, клена остролистного и лиственницы (Шумят ..., 1957).

В 1960 году колхозники с. Радушино для домашнего хозяйства заготавливали молодые дубки с диаметром стволов 15 см. В 1961 г. рубки осины и березы в квартале 29 охватили площадь 5 га, а в 1966-1969 годы лес был вырублен еще на 11 га, располагавшихся в 500 м от р. Осетр. Сообщалось, что к 1969 г., т.е. спустя 7 лет, в результате естественного лесовозобновления на вырубке 1961 года можно было видеть лишь «осину, лещину, клен и ... сенокосные прогалины» (Владимиров, 1960; Беневоленский и др., 1969). Следы сплошных рубок 1960-х и посадки хвойных пород 1950-х годов хорошо видны на космическом снимке, отразившем ситуацию на местности зимой 1974 г. (рис. 5).

Подробное описание сообществ заказника, отражающее их состояние в 2010-е гг., представлено в Положении о государственном заказнике областного значения «Долина р. Уницы», утвержденном в 2016 г. Так, на участке № 1 описаны междуречные и склоновые

широколиственные леса, разреженные выпасаемые луговые дубравы, березняки и разнотравно-злаковые луга, участки сосняков (включая молодые лесокультуры) и кленовников, пойменные черноольшаники с древесными ивами. Растительный покров участка № 2 представлен осиново-березовыми лесами с небольшими вкраплениями дубрав, окруженные полями и залежами. На участке № 3 в долине р. Осетр расположены разреженные выпасаемые луговые дубравы и березняки, злаково-разнотравные и разнотравно-злаковые луга, в том числе со степными элементами (в устьевой части р. Уницы и на склонах долины р. Осетр), а также зарастающие залежи. Как уже было отмечено выше, на все участки ООПТ смог проникнуть борщевик Сосновского – опасное инвазионное растение.

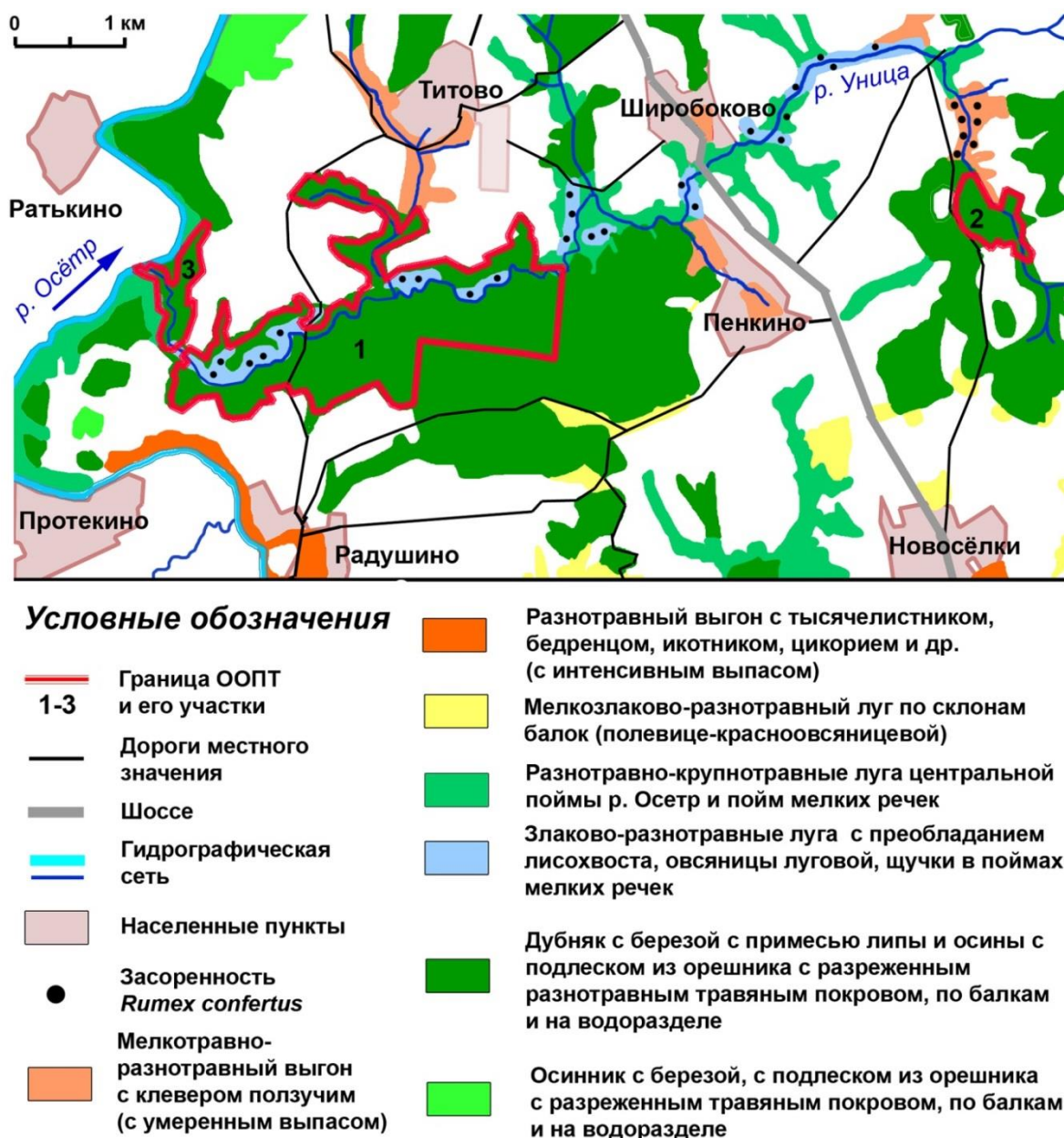


Рис. 4. Типы растительных сообществ на геоботанической карте, составленной Р.И. Дьяковой по результатам флористического обследования Зарайского района в 1950-1952 гг. (Дьякова, 1953). **Fig. 4.** Types of plant communities on a geobotanical map compiled by R.I. Dyakova after her floristic survey of the Zaraysk District in 1950-1952 (Dyakova, 1953).



Рис. 5. Фрагмент «Спутниковой карты Зарайска 1974 г.» (1974), на котором более темный цвет соответствует местам посадок хвойных пород *Picea abies*, *Pinus sylvestris* и *Pinus sibirica* Du Tour. **Fig. 5.** Fragment of the “Satellite Map of Zaraysk of 1974” (1974), where the darker color corresponds to coniferous plantations with *Picea abies*, *Pinus sylvestris*, and *Pinus sibirica* Du Tour.

Существенное влияние на пойменные ландшафты в 2010-е годы стал оказывать бобр, появившийся в заказнике, и лось – благодаря предпринимавшимся еще с советских времен мерам по увеличению численности этих видов. В результате за счет расширения водотока у бобровой плотины стало наблюдаться подтопление берегов р. Колоды (Кадастровый ..., 2024).

В ходе полевых исследований 2025 года стало очевидно, что, с одной стороны, неоднократные рубки продолжались в разных частях заказника до конца XX – начала XXI вв. Они привели к тому, что, например, значительная часть леса в квартале 29 представлена молодыми 25-30-летними березняками и осинниками с примесью дуба, липы, клена, вяза и ясеня. С другой стороны, на ООПТ существовали неудобья, где лес сохранялся нетронутым долгое время. В частности, вблизи устья р. Уницы, на крутом правобережном склоне долины р. Осетр неподалеку от древнерусского городища обнаружены 2 мощных дуба, достигающие в обхвате 325 см и около 25 м в высоту (фото 6). По всей видимости, их возраст составляет не менее 260 лет. Вероятно, эти дубы – наиболее старые деревья, сохранившиеся в заказнике.

В 2025 году заметным экологическим фактором формирования природных комплексов стали бобровые плотины и пруды. Они встречались уже не только в долине р. Колоды, но и в нижнем течении р. Уницы. В результате подтопления берегов, с одной стороны, отмечается изреживание сплошных зарослей борщевика Сосновского, ранее занявшего пойму р. Уницы, а с другой – формирование благоприятных условий для вселения влаголюбивых видов растений.

В результате изучения флоры ООПТ «Долина р. Уницы» составлен флористический список, включающий 346 видов сосудистых растений, относящихся к 72 семействам, выявленных в ходе полевых маршрутов и камеральной обработки гербария (табл. 2).

Максимальное видовое разнообразие представлено в семействе Asteraceae (~23% от числа видов в 10 ведущих семействах), затем Poaceae (19%), Rosaceae (12%), Fabaceae (12%), Lamiaceae (9%), Cyperaceae, Ranunculaceae (по 6%; рис. 6).

На охраняемой территории в долине р. Уницы авторы обнаружили 3 редких вида, включенных в «Красную книгу Московской области» (2018).

Pulmonaria angustifolia (медуница узколистая) – редкий вид III категории. В Московской области встречается в светлых лиственных лесах, в лугово-степных сообществах, преимущественно в южной половине. Лимитирующими факторами являются

сборы населением в букеты и естественная смена сообществ (Суслова, 2018). В апреле 2025 года популяция медуницы (фото 7) была отмечена на опушке разреженного старого березняка (участок № 3, координаты: 54,84025° с.ш., 38,81166° в.д.), на ЮВ от устья р. Уницы. В настоящее время угрозой для этого редкого вида представляют крупные прогрессирующие заросли *Heracleum sosnowskyi*.



Фото 6. Мощный дуб и остатки сохранившегося городища около устья реки Уницы, на правом берегу р. Осетр (фото А.Н. Швецова). **Photo 6.** A big oak tree and the ruins of an ancient settlement at the mouth of the Unitsa River (photo by A.N. Shvetsov).

Таблица 2. Флористический список сосудистых растений ООПТ «Долина р. Уницы» (Московская область), участки, где обнаружен вид, отмечены цифрами 1-3. **Table 2.** List of vascular plants in the specially protected natural area «Unitsa River Valley», Moscow Region; the areas where this species was found is marked 1-3.

№	Таксон	№	Таксон
	ACERACEAE		HYPERICACEAE
1	<i>Acer negundo</i> L. Ч* 1, 2	176	<i>Hypericum hirsutum</i> L. 2, 3
2	<i>Acer platanoides</i> L. 1, 2, 3	177	<i>Hypericum maculatum</i> Crantz 2, 3
	ALISMACEAE	178	<i>Hypericum perforatum</i> L. 1, 2, 3
3	<i>Alisma plantago-aquatica</i> L. 2		JUNCACEAE
	ALLIACEAE	179	<i>Juncus compressus</i> Jacq. 2
4	<i>Allium oleraceum</i> L. 1, 3	180	<i>Luzula multiflora</i> (Ehrh.) Lej. 2
5	<i>Allium rotundum</i> L. 2		LAMIACEAE
	AMARANTHACEAE	181	<i>Acinos arvensis</i> (Lam.) Dandy 3
6	<i>Amaranthus retroflexus</i> L. Ч * 2	182	<i>Ajuga genevensis</i> L. 3

Продолжение таблицы 2.

№	Таксон	№	Таксон
	APIACEAE	183	<i>Ajuga reptans</i> L. 1, 2
7	<i>Aegopodium podagraria</i> L. 1, 2, 3	184	<i>Clinopodium vulgare</i> L. 2, 3
8	<i>Angelica sylvestris</i> L. 2, 3	185	<i>Galeobdolon luteum</i> Huds. 2, 3
9	<i>Anthriscus sylvestris</i> (L.) Hoffm. 1, 2, 3	186	<i>Galeopsis bifida</i> Boenn. 3
10	<i>Carum carvi</i> L. 1	187	<i>Glechoma hederacea</i> L. 1, 2, 3
11	<i>Eryngium planum</i> L. 1, 2, 3	188	<i>Glechoma hirsuta</i> Waldst. et Kit. 2
12	<i>Heracleum sibiricum</i> L. 2, 3	189	<i>Lamium maculatum</i> (L.) L. 1
13	<i>Heracleum sosnowskyi</i> Manden. Ч* 1, 2, 3	190	<i>Leonurus quinquelobatus</i> Gilib. 1, 2, 3
14	<i>Pimpinella saxifraga</i> L. 1, 2, 3	191	<i>Lycopus europaeus</i> L. 2, 3
15	<i>Seseli libanotis</i> (L.) Koch 3	192	<i>Mentha arvensis</i> L. 2, 3
	ARACEAE	193	<i>Phlomis tuberosa</i> L. 3
16	<i>Calla palustris</i> L. 2	194	<i>Prunella vulgaris</i> L. 2
	ARISTOLOCHIACEAE	195	<i>Salvia pratensis</i> L. 2, 3
17	<i>Asarum europaeum</i> L. 1, 2	196	<i>Scutellaria galericulata</i> L. 2
	ASTERACEAE	197	<i>Stachys officinalis</i> (L.) Trevis 1, 2, 3
18	<i>Achillea millefolium</i> L. 1, 2, 3		LEMNACEAE
19	<i>Achillea nobilis</i> L. 2, 3	198	<i>Lemna minor</i> L. 2
20	<i>Anthemis tinctoria</i> L. 2, 3	199	<i>Lemna trisulca</i> L. 2
21	<i>Arctium lappa</i> L. 2	200	<i>Spirodela polyrrhiza</i> (L.) Schleid. 2
22	<i>Arctium tomentosum</i> Mill. 2, 3		LENTIBULARIACEAE
23	<i>Artemisia absinthium</i> L. 1, 2, 3	201	<i>Utricularia vulgaris</i> L. 2
24	<i>Artemisia campestris</i> L. 2, 3		LILIACEAE
25	<i>Artemisia vulgaris</i> L. 1, 2, 3	202	<i>Gagea erubescens</i> (Bess.) Schult. et Schult. Fil 1, 3
26	<i>Bidens frondosa</i> L. Ч * 1, 2	203	<i>Gagea lutea</i> (L.) Ker-Gawl. 1
27	<i>Carduus acanthoides</i> L. 3	204	<i>Gagea minima</i> (L.) Ker-Gawl. 1, 3
28	<i>Carduus crispus</i> L. 3		LYTHRACEAE
29	<i>Carlina vulgaris</i> L. 1, 2	205	<i>Lythrum salicaria</i> L. 2
30	<i>Centaurea cyanus</i> L. 3		MALVACEAE
31	<i>Centaurea jacea</i> L. 2, 3	206	<i>Lavatera thuringiaca</i> L. Ч 2
32	<i>Centaurea scabiosa</i> L. 3		NUMPHAEACEAE
33	<i>Cichorium intybus</i> L. 1, 2, 3	207	<i>Nuphar lutea</i> (L.) Smith 2, 3
33	<i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop. 1, 2, 3		ONAGRACEAE
35	<i>Cirsium polonicum</i> (Petrak) Iljin 2, 3	208	<i>Chamaenerion angustifolium</i> (L.) Scop. 2, 3
35	<i>Cirsium vulgare</i> (Savi) Ten. 2, 3	209	<i>Epilobium hirsutum</i> L. 2, 3
37	<i>Conyza canadensis</i> (L.) Cronq. Ч * 2, 3		ORCHIDACEAE
38	<i>Echinops sphaerocephalus</i> L. 1, 3	210	<i>Neottia nidus-avis</i> (L.) Rich. 1, 3
39	<i>Erigeron acris</i> L. 2	211	<i>Platanthera bifolia</i> (L.) Rich. 2
40	<i>Erigeron annuus</i> (L.) Pers. Ч * 2		PAPAVERACEAE
41	<i>Helianthus annuus</i> (L.) Pers. Ч 3	212	<i>Chelidonium majus</i> L. 2, 3
42	<i>Hieracium pilosella</i> L. 2, 3		PINACEAE

Продолжение таблицы 2.

№	Таксон	№	Таксон
43	<i>Hieracium</i> sp. 2, 3	213	<i>Picea abies</i> (L.) Karst. 1
44	<i>Hieracium umbellatum</i> L. 2, 3	214	<i>Pinus sylvestris</i> L. 2, 3
45	<i>Inula salicina</i> L. 2	215	<i>Larix decidua</i> Mill. Ч 1
46	<i>Lactuca serriola</i> L. 2, 3		PLANTAGINACEAE
47	<i>Lapsana communis</i> L. 2, 3	216	<i>Plantago lanceolata</i> L. 2, 3
48	<i>Leontodon autumnalis</i> L. 2, 3	217	<i>Plantago major</i> L. 1, 2, 3
49	<i>Leontodon hispidus</i> L. 2, 3	218	<i>Plantago media</i> L. 2, 3
50	<i>Leucanthemum vulgare</i> Lam. 2, 3		POACEAE
51	<i>Matricaria perforata</i> Mérat 1, 2, 3	219	<i>Agrostis capillaris</i> L. 3
52	<i>Senecio jacobaea</i> L. 2, 3	220	<i>Agrostis gigantea</i> Roth 2
53	<i>Solidago canadensis</i> L. Ч* 2	221	<i>Agrostis stolonifera</i> L. 2
54	<i>Solidago virgaurea</i> L. 2, 3	222	<i>Alopecurus pratensis</i> L. 3
55	<i>Sonchus arvensis</i> L. 2, 3	223	<i>Anthoxanthum odoratum</i> L. 2, 3
56	<i>Sonchus oleraceus</i> L. 3	224	<i>Apera spica-venty</i> (L.) Beauv. 2
57	<i>Tanacetum vulgare</i> L. 1, 2, 3	225	<i>Arrhenatherum elatius</i> (L.) J. et C. Presl Ч ^{PI} 2, 3
58	<i>Taraxacum officinale</i> Wigg. 1, 2, 3	226	<i>Brachypodium sylvaticum</i> (Huds.) Beauv. 2
59	<i>Tragopogon pratensis</i> L. 3	227	<i>Briza media</i> L. 2
60	<i>Tussilago farfara</i> L. 1, 2	228	<i>Bromopsis inermis</i> (Leyss.) Holub 2
	ATHYRIACEAE	229	<i>Bromus mollis</i> L. 3
61	<i>Athyrium filix-femina</i> (L.) Roth 2	230	<i>Calamagrostis epigeios</i> (L.) Roth 1, 2, 3
62	<i>Cystopteris fragilis</i> (L.) Bernh. 3	231	<i>Dactylis glomerata</i> L. 1, 2, 3
	BALSAMINACEAE	232	<i>Deschampsia cespitosa</i> (L.) Beauv. 1, 2
63	<i>Impatiens noli-tangere</i> L. 2	233	<i>Echinochloa crusgalli</i> (L.) Beauv. 2
64	<i>Impatiens parviflora</i> DC. Ч * 3	234	<i>Elytrigia repens</i> (L.) Nevski 1, 2, 3
	BETULACEAE	235	<i>Festuca gigantea</i> (L.) Vill. 2
65	<i>Alnus glutinosa</i> (L.) Gaertn. 1, 3	236	<i>Festuca pratensis</i> Huds. 2, 3
66	<i>Alnus incana</i> (L.) Moench 2	237	<i>Festuca rubra</i> L. 2, 3
67	<i>Betula pendula</i> Roth 1, 2, 3	238	<i>Glyceria fluitans</i> (L.) R. Br. 2
68	<i>Corylus avellana</i> L. 1, 2, 3	239	<i>Hordeum vulgare</i> L. Ч 3
	BORAGINACEAE	240	<i>Melica nutans</i> L. 2, 3
69	<i>Cynoglossum officinale</i> L. 3	241	<i>Phalaroides arundinacea</i> (L.) Rauschert 2
70	<i>Myosotis alpestris</i> F.W. Schmidt 3	242	<i>Phleum phleoides</i> (L.) Karst. 3
71	<i>Myosotis arvensis</i> (L.) Hill 2, 3	243	<i>Phleum pratense</i> L. 2, 3
72	<i>Myosotis micrantha</i> Pall. ex Lehm. 3	244	<i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. ex Steud. 2
73	<i>Myosotis sparsiflora</i> Pohl 1, 3	245	<i>Poa angustifolia</i> L. 2, 3
74	<i>Pulmonaria angustifolia</i> L. 3	246	<i>Poa annua</i> L. 2, 3
75	<i>Pulmonaria obscura</i> Dumort. 1, 2, 3	247	<i>Poa compressa</i> L. 2
	BRASSICACEAE	248	<i>Poa nemoralis</i> L. 1, 2, 3
76	<i>Arabis glabra</i> (L.) Bernh. 3	249	<i>Poa palustris</i> L. 3
77	<i>Barbarea vulgaris</i> R. Br. 1	250	<i>Poa pratensis</i> L. 3

Продолжение таблицы 2.

№	Таксон	№	Таксон
78	<i>Berteroa incana</i> (L.) DC. 2	251	<i>Poa trivialis</i> L. 3
79	<i>Brassica napus</i> L. Ч 3	252	<i>Puccinellia distans</i> (Jacq.) Parl. Ч * 3
80	<i>Bunias orientalis</i> L. 1, 2, 3	253	<i>Setaria pumila</i> (Poir.) Schult. 2, 3
81	<i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Medik. 1, 2, 3	254	<i>Trisetum flavescens</i> (L.) Beauv. Ч 2
82	<i>Cardamine impatiens</i> L. 3	255	<i>Triticum aestivum</i> L. Ч 3
83	<i>Draba nemorosa</i> L. 3		POLYGALACEAE
84	<i>Erysimum hieracifolium</i> L. 3	256	<i>Polygala comosa</i> Schkuhr 2
85	<i>Sinapsis arvensis</i> L. 3		POLYGONACEAE
86	<i>Sisymbrium loeselii</i> L. 3	257	<i>Fallopia convolvulus</i> (L.) A. Löve 3
87	<i>Thlaspi arvense</i> L. 3	258	<i>Persicaria amphibia</i> (L.) S.F. Gray 2
	CAMPANULACEAE	259	<i>Polygonum aviculare</i> L. 1, 2, 3
88	<i>Campanula bononiensis</i> L. 2	260	<i>Rumex confertus</i> Willd. 2, 3
89	<i>Campanula glomerata</i> L. 2, 3	261	<i>Rumex thyrsiflorus</i> Fingerh. 2, 3
90	<i>Campanula latifolia</i> L. 1, 3		PRIMULACEAE
91	<i>Campanula patula</i> L. 2, 3	262	<i>Androsace elongata</i> L. 1, 3
92	<i>Campanula persicifolia</i> L. 1, 2, 3	263	<i>Lysimachia nummularia</i> L. 1, 2, 3
93	<i>Campanula rotundifolia</i> L. 2	264	<i>Lysimachia vulgaris</i> L. 2
94	<i>Campanula trachelium</i> L. 2, 3	265	<i>Primula veris</i> L. 1, 2, 3
	CANNABACEAE		PYROLACEAE
95	<i>Humulus lupulus</i> L. 2, 3	266	<i>Pyrola minor</i> L. 1
	CAPRIFOLIACEAE	267	<i>Pyrola rotundifolia</i> L. 2
96	<i>Lonicera xylosteum</i> L. 1, 2, 3		RANUNCULACEAE
	CARYOPHYLLACEAE	268	<i>Actaea spicata</i> L. 2
97	<i>Cerastium arvense</i> L. 3,	269	<i>Anemone ranunculoides</i> L. 1, 3
98	<i>Cerastium holosteoides</i> Fries 3		
99	<i>Corrygante flos-cuculi</i> (L.) Fourr. 2, 3	270	<i>Anemone sylvestris</i> L. 3
100	<i>Dianthus fischeri</i> Spreng. 2, 3	271	<i>Consolida regalis</i> S.F. Gray 1, 2, 3
101	<i>Melandrium album</i> (Mill.) Garcke 2, 3	272	<i>Ficaria verna</i> Huds. 1, 3
102	<i>Moehringia trinervia</i> (L.) Clairv. 1, 2	273	<i>Ranunculus acris</i> L. 3
103	<i>Myosoton aquaticum</i> (L.) Moench 3	274	<i>Ranunculus auricomus</i> L. 1, 3
104	<i>Silene nutans</i> L. 1, 2, 3	275	<i>Ranunculus cassubicus</i> L. 1, 2, 3
105	<i>Silene vulgaris</i> (Moench) Garcke 3	276	<i>Ranunculus polyanthemus</i> L. 2, 3
106	<i>Stellaria graminea</i> L. 2, 3	277	<i>Ranunculus repens</i> L. 2
107	<i>Stellaria holostea</i> L. 1, 2, 3	278	<i>Thalictrum minus</i> L. 2, 3
108	<i>Steris viscaria</i> (L.) Rafin. 2, 3		RHAMNACEAE
	CELASTRACEAE	279	<i>Frangula alnus</i> Mill. 2
109	<i>Euonymus verrucosa</i> Scop. 1, 2, 3	280	<i>Rhamnus cathartica</i> L. 1, 3
	CERATOPHYLLACEAE		ROSACEAE
110	<i>Ceratophyllum demersum</i> L. 2	281	<i>Agrimonia eupatoria</i> L. 2, 3
	CHENOPODIACEAE	282	<i>Alchemilla vulgaris</i> L. 1, 2, 3
111	<i>Chenopodium album</i> L. 2, 3	283	<i>Amelanchier spicata</i> (Lam.) C. Koch Ч * 2

Продолжение таблицы 2.

№	Таксон	№	Таксон
	CONVALLARIACEAE	284	<i>Aronia mitschurinii</i> A. Skvorts. et Maitulina Ч ^{PI} 2
112	<i>Convallaria majalis</i> L. 1, 2, 3	285	<i>Cerasus vulgaris</i> Mill. Ч 3
113	<i>Maianthemum bifolium</i> (L.) F.W. Schmidt 1	286	<i>Filipendula ulmaria</i> (L.) Maxim. 1, 2
114	<i>Polygonatum multiflorum</i> (L.) All. 2, 3	287	<i>Filipendula vulgaris</i> Moench 2, 3
	CONVOLVULACEAE	288	<i>Fragaria vesca</i> L. 2, 3
115	<i>Convolvulus arvensis</i> L. 1, 2, 3	289	<i>Fragaria viridis</i> (Duch.) Weston 2, 3
	CRASSULACEAE	290	<i>Geum rivale</i> L. 2, 3
116	<i>Hylotelephium triphyllum</i> (Haw.) Holub 1	291	<i>Geum urbanum</i> L. 1, 2, 3
117	<i>Sedum acre</i> L. 1, 3	292	<i>Malus domestica</i> Borkh. Ч 1, 2, 3
	CYPERACEAE	293	<i>Malus sylvestris</i> (L.) Mill. 3
118	<i>Carex acuta</i> L. 2	294	<i>Padus avium</i> Mill. 1, 2, 3
119	<i>Carex atherodes</i> Spreng. 2	295	<i>Potentilla anserina</i> L. 1
120	<i>Carex caryophylla</i> Latourr. 3	296	<i>Potentilla argentea</i> L. 2, 3
121	<i>Carex contigua</i> Hoppe 2, 3	297	<i>Potentilla goldbachii</i> Rupr. 2, 3
122	<i>Carex digitata</i> L. 1	298	<i>Prunus spinosa</i> L. 1
123	<i>Carex hirta</i> L. 2, 3	299	<i>Pyrus communis</i> L. 2, 3
124	<i>Carex pallescens</i> L. 2	300	<i>Rosa canina</i> L. 3
125	<i>Carex pilosa</i> Scop. 1, 2	301	<i>Rosa majalis</i> Herrm. 2, 3
126	<i>Carex praecox</i> Schreb. 2, 3	302	<i>Rubus caesius</i> L. 1, 2, 3
127	<i>Carex pseudocyperus</i> L. 2	303	<i>Rubus idaeus</i> L. 1, 2
128	<i>Carex sylvatica</i> Huds. 1, 2, 3	304	<i>Rubus saxatilis</i> L. 2
129	<i>Scirpus sylvaticus</i> L. 1, 2, 3	305	<i>Sorbus aucuparia</i> L. 1, 2, 3
	DIPSACACEAE		RUBIACEAE
130	<i>Knautia arvensis</i> (L.) Coult. 2, 3	306	<i>Galium aparine</i> L. 3
	DRYOPTERIDACEAE	307	<i>Galium mollugo</i> L. 1, 2, 3
131	<i>Dryopteris carthusiana</i> (Vill.) H.P. Fuchs 1, 2	308	<i>Galium odoratum</i> (L.) Scop. 1, 2
132	<i>Dryopteris filix-mas</i> (L.) Schott 2	309	<i>Galium palustre</i> L. 2
	ELAEAGNACEAE	310	<i>Galium rivale</i> (Sibth. et Smith) Griseb. 1, 2, 3
133	<i>Hippophae rhamnoides</i> L. Ч * 2	311	<i>Galium rubioides</i> L. 3
	EQUISETACEAE	312	<i>Galium verum</i> L. 2, 3
134	<i>Equisetum arvense</i> L. 1, 2, 3		SALICACEAE
135	<i>Equisetum fluviatile</i> L. 2	313	<i>Populus × sibirica</i> G.V. Krylov et G.V. Grig. ex A.K. Skvortsov Ч 3
136	<i>Equisetum hyemale</i> L. 2	314	<i>Populus tremula</i> L. 1, 2, 3
137	<i>Equisetum palustre</i> L. 3	315	<i>Salix alba</i> L. 1, 2, 3
138	<i>Equisetum pratense</i> Ehrh. 2, 3	316	<i>Salix caprea</i> L. 1, 2, 3
139	<i>Equisetum sylvaticum</i> L. 2	317	<i>Salix cinerea</i> L. 2
	EUPHORBIACEAE	318	<i>Salix fragilis</i> L. 1, 2
140	<i>Euphorbia virgata</i> Waldst. et Kit. 2, 3	319	<i>Salix myrsinifolia</i> Salisb. 3

Продолжение таблицы 2.

№	Таксон	№	Таксон
141	<i>Mercurialis perennis</i> L. 2	320	<i>Salix triandra</i> L. 2, 3
	FABACEAE		SAMBUCACEAE
142	<i>Astragalus glycyphyllos</i> L. 3	321	<i>Sambucus racemosa</i> L. Ч ^{PI} 1
143	<i>Caragana arborescens</i> Lam. Ч ^{PI} 3		SAXIFRAGACEAE
144	<i>Coronilla varia</i> L. 3	322	<i>Chrysosplenium alternifolium</i> L. 1
145	<i>Lathyrus pratensis</i> L. 2, 3		SCROPHULARIACEAE
146	<i>Lathyrus sylvestris</i> L. 2	323	<i>Euphrasia stricta</i> D. Wolff ex J.F. Lehm. 2
147	<i>Lathyrus vernus</i> (L.) Bernh. 1, 2, 3	324	<i>Linaria vulgaris</i> Mill. 2, 3
148	<i>Lotus corniculatus</i> L. 2, 3	325	<i>Melampyrum nemorosum</i> L. 2
149	<i>Medicago falcata</i> L. 2	326	<i>Scrophularia nodosa</i> L. 2
150	<i>Medicago lupulina</i> L. 2, 3	327	<i>Veronica arvensis</i> L. 3
151	<i>Melilotus albus</i> Medik 2	328	<i>Veronica beccabunga</i> L. 2, 3
152	<i>Melilotus officinalis</i> (L.) Pall. 2	329	<i>Veronica chamaedrys</i> L. 1, 2, 3
153	<i>Trifolium arvense</i> L. 2	330	<i>Veronica persica</i> Poir. Ч ^{PI} 3
154	<i>Trifolium aureum</i> Poll. 2	331	<i>Veronica officinalis</i> L. 2
155	<i>Trifolium hybridum</i> L. 2	332	<i>Veronica teucrium</i> L. 2, 3
156	<i>Trifolium medium</i> L. 2		SOLANACEAE
157	<i>Trifolium montanum</i> L. 2, 3	333	<i>Solanum dulcamara</i> L. 2, 3
158	<i>Trifolium pratense</i> L. 1, 2, 3		SPARGANIACEAE
159	<i>Trifolium repens</i> L. 1, 2, 3	334	<i>Sparganium erectum</i> L. 2
160	<i>Vicia angustifolia</i> Reichard 2		TILIACEAE
161	<i>Vicia cracca</i> L. 2, 3	335	<i>Tilia cordata</i> Mill. 1, 2, 3
162	<i>Vicia hirsuta</i> (L.) S.F. Gray 2		TRILLIACEAE
163	<i>Vicia sepium</i> L. 2, 3	336	<i>Paris quadrifolia</i> L. 2
164	<i>Vicia tetrasperma</i> (L.) Schreb. 2, 3		TYPHACEAE
	FAGACEAE	337	<i>Typha latifolia</i> L. 2, 3
165	<i>Quercus robur</i> L. 2, 3		ULMACEAE
	FUMARIACEAE	338	<i>Ulmus laevis</i> Pall. 3
166	<i>Corydalis solida</i> (L.) Clairv. 1, 3		URTICACEAE
167	<i>Fumaria officinalis</i> L. 3	339	<i>Urtica dioica</i> L. 1, 2, 3
	GENTIANACEAE		VALERIANACEAE
168	<i>Gentiana cruciata</i> L. 2, 3	340	<i>Valeriana officinalis</i> L. 2, 3
	GERANIACEAE		VIBURNACEAE
169	<i>Geranium pratense</i> L. 2, 3	341	<i>Viburnum opulus</i> L. 1, 2, 3
170	<i>Geranium sanguineum</i> L. 2		VIOLACEAE
171	<i>Geranium sylvaticum</i> L. 2	342	<i>Viola arvensis</i> Murr. 3
	GROSSULARIACEAE	343	<i>Viola canina</i> L. 2
172	<i>Grossularia reclinata</i> (L.) Mill. Ч 3	344	<i>Viola collina</i> Bess. 3
173	<i>Ribes spicatum</i> Robson 2	345	<i>Viola hirta</i> L. 1, 3
	HYDROCHARITACEAE	346	<i>Viola mirabilis</i> L. 1, 2, 3
174	<i>Elodea canadensis</i> Michx. Ч * 2		
175	<i>Hydrocharis morsus-rannae</i> L. 2		

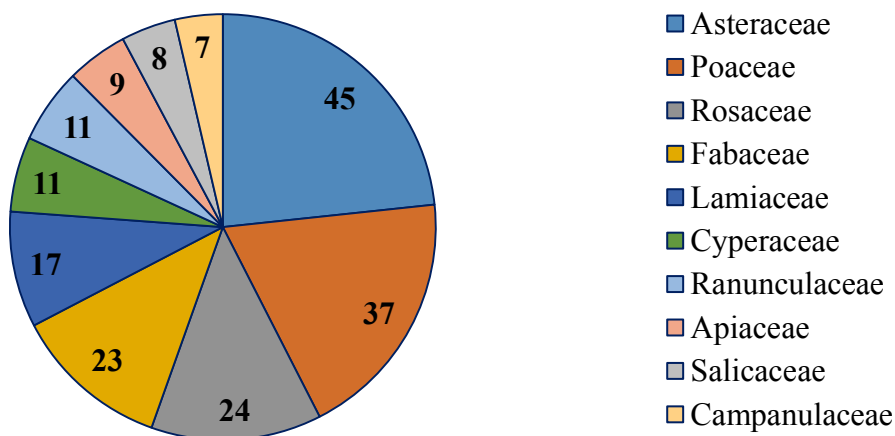


Рис. 6. Таксономический спектр 10 семейств сосудистых растений на ООПТ «Долина р. Уницы», в секторах указано число видов. **Fig. 6.** Taxonomic spectrum of 10 families of vascular plants in the specially protected natural area “Unitsa River Valley”; the sectors indicate the number of species.



Фото 7. Медуница узколистная и борщевик Сосновского около д. Радушино в долине реки Уницы (фото Н.А. Озеровой). **Photo 7.** *Pulmonaria angustifolia* and *Heracleum sosnowskyi* near the Radushino Village in the Unitsa River valley (photo by N.A. Ozerova).

Anemone sylvestris (ветреница лесная) – вид II категории, сокращающийся в численности. Его ареал охватывает Крым, Европейскую часть России – до Предкавказья, юг Сибири и Дальний Восток (Виляева, Киселева, 2018). На ООПТ разрозненные, ограниченные по площади ценопопуляции ветреницы лесной (фото 8, 9) отмечены по склонам в верхней части коренного берега р. Осетр, вблизи выходов известняков (№ 3, координаты: ЭКОСИСТЕМЫ: ЭКОЛОГИЯ И ДИНАМИКА, 2026, том 10, № 2

54,84305° с.ш., 38,81111° в.д). Популяция этого редкого вида также испытывает угнетение в результате экспансии борщевика Сосновского.

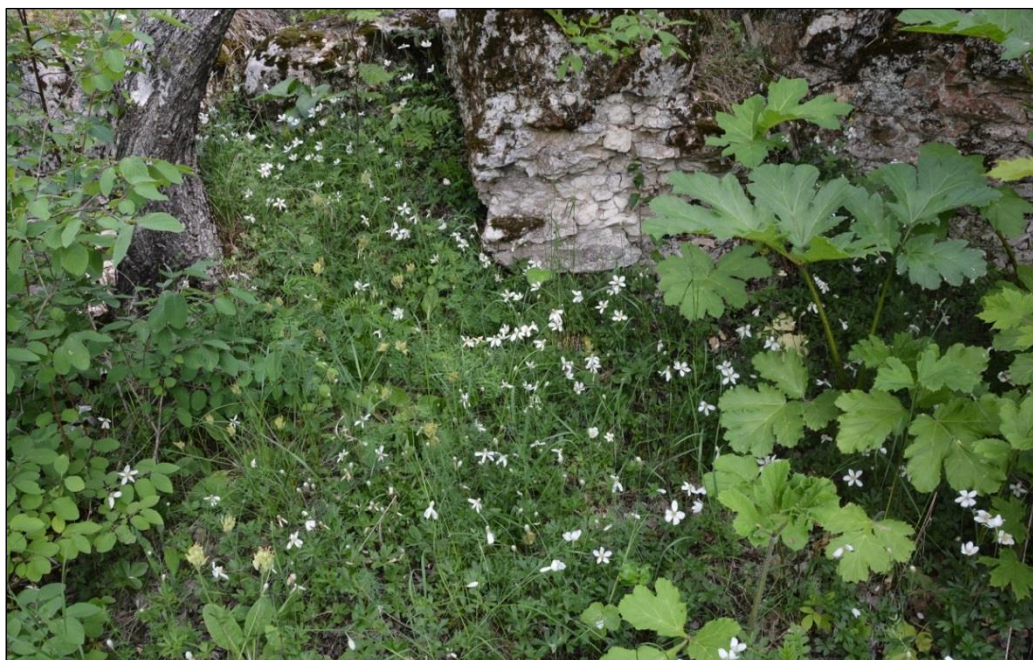


Фото 8. *Anemone sylvestris* и *Heracleum sosnowskyi* на террасе р. Осетр с выходами известняков (фото А.Н. Швецова). **Photo 8.** *Anemone sylvestris* and *Heracleum sosnowskyi* on the Osetr River terrace with limestone outcrops (photo by A.N. Shvetsov).

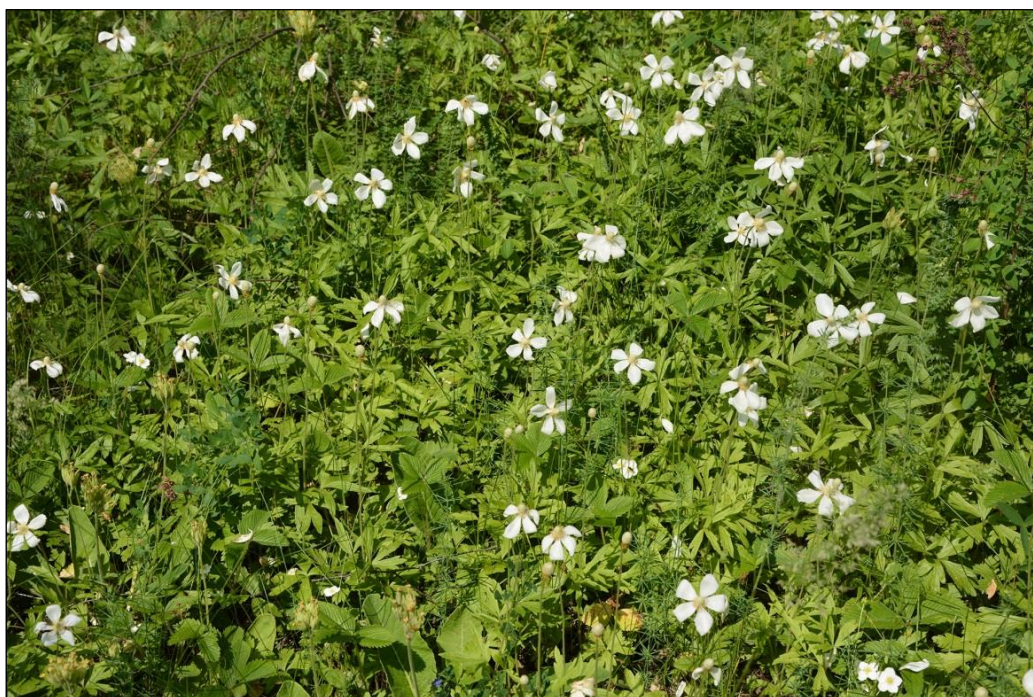


Фото 9. *Anemone sylvestris* на террасе р. Осетр (фото А.Н. Швецова). **Photo 9.** *Anemone sylvestris* on the Osetr River terrace (photo by A.N. Shvetsov).

Gentiana cruciata (горечавка крестовидная) – редкий вид III категории (Швецов, 2018). В Московской области распространен главным образом в южной части. Узко локализованные ценопопуляции горечавки (фото 10) обнаружены в окружении *H. sosnowskyi* на луговых, сравнительно ровных или с небольшим уклоном к реке участках в верхней части коренного берега р. Осетр (№ 3, координаты: 54,84305° с.ш., 38,81111° в.д.). Другое местонахождение *G. cruciata* отмечено вне территории заказника – в долине р. Уницы, южнее д. Широбоково (координаты: 54.84722° с.ш., 38.88361 в.д.), на разнотравном лугу, сформировавшемся на старопахотном участке (фото 11, 12).

На ООПТ «Долина р. Уницы» обнаружено 12 уязвимых видов, нуждающихся в мониторинге (табл. 3). Среди них – ранее известные *Campanula bononiensis*, *C. persicifolia* и *Carlina vulgaris*, а также 8 впервые отмеченных видов: *C. latifolia*, *C. trachelium*, *Myosotis alpestris*, *Neottia nidus-avis*, *Platanthera bifolia*, *Prunus spinosa*, *Pyrus communis* и *Salvia pratensis*.

Для популяции *Platanthera bifolia* (более 20 генеративных особей), локализованной по опушкам в долине р. Колода (участок № 2), условия произрастания оптимальные, поскольку там пока не наблюдается интенсивного разрастания *H. sosnowskyi*.

В широколиственном лесу найдены единичные растения *Neottia nidus-avis*, на остепненных склонах к р. Осетр – *Myosotis alpestris* и *Carlina vulgaris*, рекомендованные для мониторинга (Красная книга ..., 2018). Тут также сохраняется кальцефильный папоротник *Cystopteris fragilis* (участок № 3, координаты: 54,84305° с.ш., 38,77972° в.д.) (фото 13), однако *Koeleria cristata* (тонконог гребенчатый) не обнаружен.



Фото 10. *Gentiana cruciata* на лугу надпойменной террасы р. Осетр (фото А.Г Куклиной).
Photo 10. *Gentiana cruciata* in the meadow of the Osetr River floodplain terrace (photo by A.G. Kuklina).



Фото 11. Разнотравный луг с популяцией *Gentiana cruciata* в долине реки Уницы (фото А.Н. Швецова). **Photo 11.** A mixed grass meadow with a population of *Gentiana cruciata* in the Unitsa River valley (photo by A.N. Shvetsov).

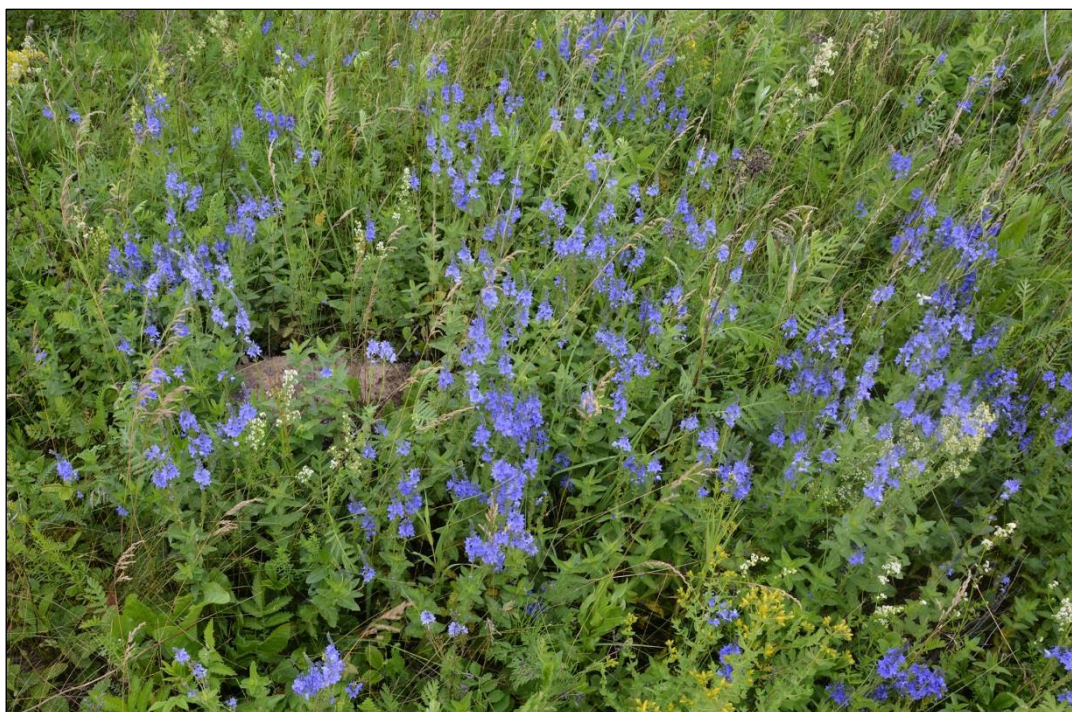


Фото 12. *Veronica teucrium* на лугу в долине реки Уницы южнее деревни Широбоково (фото А.Н. Швецова). **Photo 12.** *Veronica teucrium* in a meadow of the Unitsa River valley, south of the Shirobokovo Village (photo by A.N. Shvetsov).

Таблица 3. Местонахождение и типы местообитаний уязвимых видов растений, нуждающихся в мониторинге на ООПТ «Долина р. Уницы» (Московская область).

Table 3. Locations and types of habitats of vulnerable plant species in need of monitoring in the specially protected natural area «Unitsa River Valley» (Moscow Region).

№ п/п	Вид	Дата находки	Участки ООПТ	Местообитание	Координаты
1	<i>Campanula bononiensis</i>	06.08.2025	№ 2	Пойменный лес на р. Колода	54,84789° с.ш., 38,914203° в.д.
2	<i>Campanula latifolia</i> *	04.06.2025	№ 1, 3	Опушка широколиственного леса	54,83305° с.ш., 38,81111° в.д.
3	<i>Campanula persicifolia</i>	06.08.2025	№ 1, 2, 3	Широколиственный лес	54,83305° с.ш., 38,80944° в.д.
4	<i>Campanula trachelium</i> *	06.08.2025	№ 2, 3	Опушка пойменного ивняка	54,84789° с.ш., 38,914203° в.д.
5	<i>Carlina vulgaris</i>	06.08.2025	№ 1	Сухой разнотравный луг на известняках	54,84305° с.ш., 38,81111° в.д.
6	<i>Convallaria majalis</i>	06.08.2025	№ 1, 2, 3	Широколиственный лес	54,84751° с.ш., 38,91638° в.д.
7	<i>Myosotis alpestris</i> *	05.06.2025	№ 3	Остепненный луговой склон	54,84305° с.ш., 38,81111° в.д.
8	<i>Neottia nidus-avis</i> *	23.04.2025	№ 1, 3	Широколиственный лес	54,83305° с.ш., 38,81121° в.д.
9	<i>Platanthera bifolia</i> *	06.08.2025	№ 2	Опушка ивняка-лещинника	54,84751° с.ш., 38,91638° в.д.
10	<i>Prunus spinosa</i> *	23.04.2025	№ 3	Пойменные опушки на р. Осетр	54,84305° с.ш., 38,81111° в.д.
11	<i>Pyrus communis</i> *	06.08.2025	№ 3	Склон коренного берега р. Осетр	54,84305° с.ш., 38,81111° в.д.
12	<i>Salvia pratensis</i> *	25.06.2025	№ 3	Разнотравный луг	54,84305° с.ш., 38,81111° в.д.

Примечания к таблице 3: * – таксоны, впервые обнаруженные авторами на ООПТ и не включенные в «Кадастровый отчет ...» (2024). **Notes to Table 3:** * – taxons that we discovered for the first time in the area and that were not included in “Cadastral report ...” (2024).

В 2025 году на ООПТ отмечены 28 чужеродных таксонов. По границе с участком № 3 высажены лесокультуры *Picea abies* и *Larix decidua*; значительную площадь занимают посадки *Pinus sylvestris* (координаты: 54,85083° с.ш., 38,81138° в.д.) и лесополоса из *Populus × sibirica* (координаты: 54,85111° с.ш., 38,81750° в.д.).

В долине р. Уницы присутствуют 12 инвазионных и 5 потенциально-инвазионных видов, изучение которых заложено в Стратегии по сохранению биоразнообразия и оценено в качестве важной экологической проблемы (Pyšek, Richardson 2010). Реальную угрозу природному комплексу данной территории представляет *Heracleum sosnowskyi*, площади которого здесь катастрофически велики (фото 14, 15).

Как кормовое растение, борщевик Сосновского впервые появился в Зарайском районе не позже 1969 г., т.к. в 1971 году он уже плодоносил (Кормам ..., 1971). По всей видимости, сначала его выращивали лишь в колхозе «Вперед к коммунизму», поскольку в местных

условиях хорошие урожаи зеленой массы на силос давала кукуруза. До 1981 года в этот колхоз входили дд. Ратькино и Секирино, с. Протекино (Полянчев, 2003). Неизвестно точно, где находились посевы борщевика Сосновского и когда началось его распространение за их пределы. Важным фактором стало то, что все эти населенные пункты располагаются на левом берегу р. Осетр в непосредственной близости от заказника (выше и ниже по течению), что, вероятно, способствовало его инвазии в долины рек Осетр и Уница. В 2025 году сплошные заросли борщевика (проективное покрытие – 80-100%) доминировали на ООПТ в тех местах, где близко залегают известняки – на луговых склонах, в долинах рек и по краю леса (участок № 3), а также на открытых пойменных участках. Единично и небольшими группами растение широко распространилось в пойме р. Уницы и на значительном удалении от реки – по светлым молодым и старым березнякам (№ 1). Мелкие куртины *Heracleum sosnowskyi* отмечены в пойме р. Колоды по берегам бобровых прудов и у плотин (№ 2).



Фото 13. Кальцеофильный папоротник *Cystopteris fragilis* на остепненном склоне к р. Осетр (фото А.Н. Швецова). **Photo 13.** Calceophilic fern *Cystopteris fragilis* on the steppe sloping to the Osetr River (photo by A.N. Shvetsov).

Acer negundo встречается в прибрежной зоне рек Осетр и Уница, иногда вторгаясь под полог разреженного березняка или широколиственного леса. Появлению и массовому присутствию вида в окрестностях заказника, вероятно, предшествовали озеленительные посадки деревьев *A. negundo* в XX веке в г. Зарайске, расположенном в среднем течении р. Осетр (Леонова, Леонов, 2019), т.к., по нашим наблюдениям, в близлежащих населенных пунктах посадки этого вида отсутствуют (Озерова и др., 2021). В Российской Федерации *A. negundo* относится к числу 100 наиболее опасных инвазионных видов (Самые ..., 2018) и имеет обширный вторичный ареал от Калининграда до Приморского края. На нарушенном субстрате он способен стать доминирующим видом (Kolyada, Kolyada, 2017).

Он потенциально опасен для сохранения биологического разнообразия в Московской области (Kostina et al., 2016). У русла р. Уницы отмечены взрослые деревья и самосев, что указывает на способность к воспроизводству и расселению этого дерева на ООПТ по поймам малых рек и ручьев.



Фото 14. Борщевик Сосновского по краю долины р. Осетр, к юго-западу от деревни Титово (фото Н.А. Озеровой). **Photo 14.** *Heracleum sosnowskyi* on the edge of the Osetr River valley, southwest of the Titovo Village (photo by N.A. Ozerova).

В бассейне р. Оки с начала XX века известна *Elodea canadensis*, распространенная в настоящее время по всей Московской области. Вид обладает высокой конкурентоспособностью и уже через 3-4 года после заноса способен образовывать густые обширные заросли (Виноградова и др., 2010; Shcherbakov et al., 2022). В 2025 году он был обнаружен в пруду, обустроенном на р. Колоде – правом притоке р. Уницы (вблизи участка № 2, координаты: 54,85472° с.ш., 38,91444° в.д.). Вид произрастает совместно с *Hydrocharis morsus-rannae*, пузырчаткой *Utricularia vulgaris* и рясками *Lemna minor*, *L. trisulca*. Судя по всему, эти аборигенные водные виды находятся в относительном экологическом равновесии с *E. canadensis*, частично ее притеняя, не давая сильно разрастаться.

Большинство других инвазионных видов заселяют антропогенные и нарушенные местообитания, их эколого-ценотическая роль невелика. По берегам водоемов рассеянно произрастает *Bidens frondosa*, на опушках — *Solidago canadensis*. На лесных участках отмечены *Impatiens parviflora* и *Sambucus racemosa*, не представляющие ощутимой экологической опасности для природных комплексов заказника.

В опушечных фитоценозах, пограничных с пашней, растут небольшие группы и очаги *Amaranthus retroflexus*, *Arrhenatherum elatius*, *Conyza canadensis*, *Erigeron annuus* и *Veronica persica*. Последний из перечисленных видов в настоящее время широко распространен в окрестностях заказника на пахотных землях. Прежде в Московской области как сорное

растение сельскохозяйственных полей *V. persica* не была отмечена (Туляков, 1982; Самсонова и др., 2006). По обочинам дорог встречаются *Puccinellia distans*. В качестве эфемерофитов представлены некоторые культивируемые виды – *Brassica napus*, *Helianthus annuus*, *Hordeum vulgare* и *Triticum aestivum*.

Высокая степень освоенности территории в долине р. Уницы, наличие поблизости крупных сельских поселений, в которых создавались сады и активно проводилось озеленение, определяют широкое распространение на исследованной территории видов-эргазиофитов: *Amelanchier spicata*, *Aronia mitschurinii*, *Caragana arborescens*, *Cerasus vulgaris*, *Grossularia reclinata*, *Hippophae rhamnoides*, *Lavatera thuringiaca* и *Malus domestica*.



Фото 15. Борщевик Сосновского по краю долины р. Осетр, муниципальный округ Зарайск (фото А.Н. Швецова). **Photo 15.** *Heracleum sosnowskyi* along the edge of the Osetr River valley, Zaraysk Municipal District (photo by A.N. Shvetsov).

Выводы

Таким образом, можно выделить следующие особенности исторического развития природных комплексов заказника в XVIII–XXI вв. Из картографических и других источников XVIII–XX веков следует, что формирование лесного массива в долине р. Уницы в границах, близких к современным, началось уже в конце XVIII в. и завершилось к середине XIX в. До 1950-х годов на территории будущего заказника регулярно заготавливались лесные материалы, и лес формировался исключительно естественным путем как вторичный на месте вырубок. Сравнение описаний породного состава XVIII и середины XX веков свидетельствует о том, что за 180 лет тип леса оставался неизменным и представлял собой «дубняк с березой с примесью липы и осины с подлеском из орешника и с разреженным разнотравным травяным покровом». Все это время окружающие безлесные территории интенсивно распахивались, на лугах и вырубках пасли скот, заготавливали сено.

С 1950-х годов в лесном массиве и его окрестностях получили широкое распространение лесопосадки, включая ранее не произраставшие здесь лиственные и хвойные породы. В результате таксационных и лесоустроительных обследований 1951-1952 годов на сопредельных лесных кварталах и на участке № 2, на хорошо освещенных местах был выявлен самосев сосны и ели. В 1990-2000-е годы формирование природных комплексов происходило в условиях сокращения хозяйственного использования территории заказника. С 2010-х гг. основные изменения в растительном покрове ООПТ происходят в следующих направлениях: восстановление древесной растительности за счет березы и осины по опушкам лесов, на приопушечных залежах, луговых склонах р. Осетра; формирование луговых сообществ на старопахотных землях. Все эти процессы сопровождаются вторжением и расселением инвазионных растений.

Впервые для ООПТ «Долина р. Уницы» составлен общий флористический список, включающий 346 видов сосудистых растений, относящихся к 73 семействам. В таксономическом профиле наиболее широко представлены семейства Asteraceae (45 видов), Poaceae (37), Rosaceae (24), Fabaceae (23), Lamiaceae (17), Cyperaceae и Ranunculaceae (по 11).

Впервые обнаружены и обследованы местообитания 3 редких видов: *Anemone sylvestris*, *Gentiana cruciata* и *Pulmonaria angustifolia*, внесенных в «Красную книгу Московской области» (2018). На ООПТ выявлено 12 уязвимых видов растений, нуждающихся в регулярном мониторинге, среди которых впервые отмечено 8 таксонов. В долине р. Уницы найдено 28 чужеродных таксонов, среди которых 12 инвазионных и 5 потенциально-инвазионных видов. Вероятно, сравнительно невысокое разнообразие редких и уязвимых видов растений можно объяснить длительным хозяйственным использованием этой территории, включавшим систематические рубки леса, рекреационную нагрузку, пресс сельского хозяйства.

Основную опасность для природоохранного и рекреационного потенциала ООПТ представляет экспансия *Heracleum sosnowskyi*, уже достигшая критического состояния (фото 16). Агрессивный инвазионный вид меняет структуру и облик региональных растительных сообществ, представляет угрозу флористическому составу остепненных и меловых лугов, состоящих из реликтов древней «окской флоры», сформировавшихся в особых климатических условиях долины р. Осетр, поэтому требуются эффективные меры по его уничтожению.

Благодарности. Авторы благодарны сотрудникам Главного ботанического сада им. Н.В. Цицина РАН – Т.Ю. Коноваловой и М.Б. Голдовской, помогавшим на личном автотранспорте добираться до мест исследования.

Финансирование. Работа выполнена в рамках договора № 09/27 о научном сотрудничестве между Главным ботаническим садом им. Н.В. Цицина РАН и Институтом истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова РАН от 27.09.2021 по госзаданию Главного ботанического сада, проект № 126020916823-0 «Биологическое разнообразие, ресурсный потенциал и сохранение природной и культурной флоры в условиях климатических и антропогенных изменений» и Института истории естествознания и техники, проект № 1022041500043-8-6.3.2 «Исторические векторы развития географии и геологии в России: выявление основных связей между запросами практики и развитием географии и геологии, взаимодействия отдельных направлений на разных этапах истории наук о Земле».

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

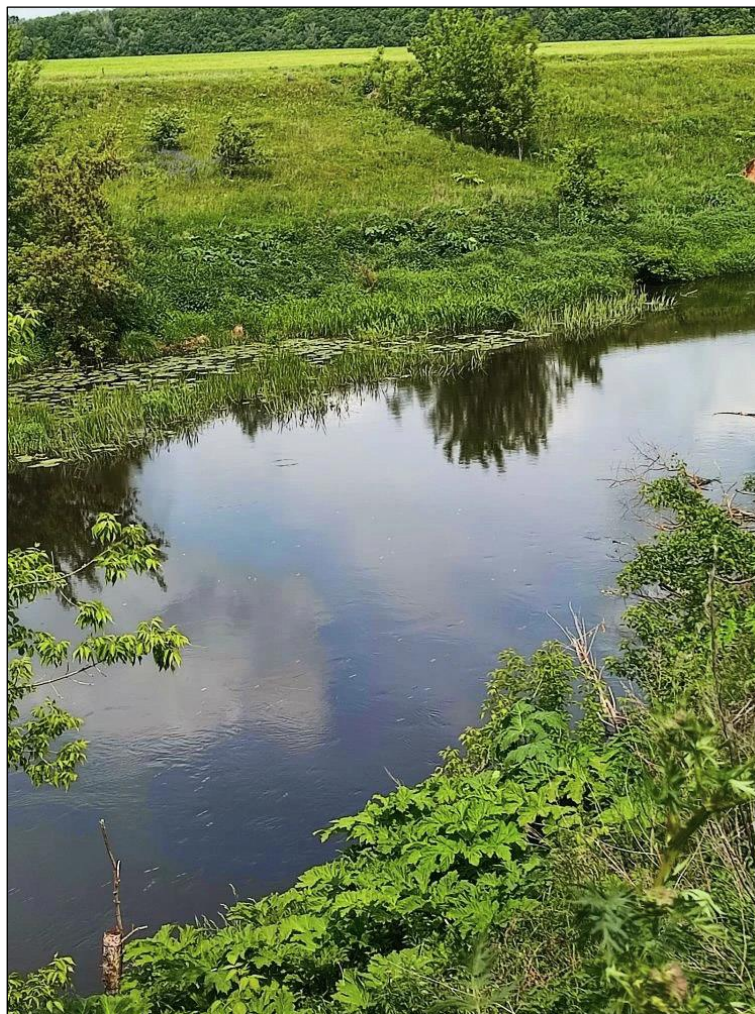


Фото 16. Русло р. Осетр на ООПТ «Долина р. Уницы», участок № 3 (фото А.Г. Куклиной).
Photo 16. Mouth of the Osetr River in the specially protected natural area “Unitsa River Valley”, area No. 3 (photo by A.G. Kuklina).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

REFERENCES

1. Археологическая карта России: Московская область. 1997. Ч. 4. М.: Институт археологии РАН. 352 с.
1. Archaeological map of Russia: Moscow Region [Arkheologicheskaya karta Rossii: Moskovskaya oblast']. Moscow: Institut arkheologii RAN, 1997;4:352.
2. Беневоленский А., Сорокин А., Копейкин П., Епишин А., Колесников А., Полянчев В. 1969. Верить на слово? Открытое письмо министру лесного хозяйства РСФСР // За новую жизнь. № 6 (7142). С. 3.
2. Benevolensky A, Sorokin A, Kopeikin P, Epishin A, Kolesnikov A, Polyanchev V. Should we take their word for it? [Verit' na slovo?] An open letter to the Minister of forestry of the Russian Soviet Federative Socialist Republic [Otkrytoye pis'mo ministru lesnogo khozyaystva RSFSR]. For a New Life [Za novuyu zhizn']. 1969;6 (7142):3.
3. Виляева Н.А., Киселева К.В. 2018. Ветреница лесная – *Anemone sylvestris* L. // Красная книга Московской области. 3-е изд., перераб. и доп. Московская область:
3. Vilyaeva NA, Kiseleva KV. Snowdrop anemone – *Anemone sylvestris* L. [Vetrenitsa lesnaya – *Anemone sylvestris* L.] Red data book of Moscow Region, 3rd ed.,

- ПФ «Верховье». С. 596.
4. Виноградова Ю.К., Майоров С.Р., Хорун Л.В. 2010. Черная книга флоры Средней России: чужеродные виды растений в экосистемах Средней России. М.: КМК. 512 с.
 5. Владимиров А. 1960. Рубят дубочки // Новая жизнь. № 97 (5333). С. 3.
 6. Воеводин П.В., Суслова Е.Г., Кадетов Н.Г. 2019. ООПТ заокской части южного Подмоскovie: биоразнообразие, проблемы и перспективы // Сборник трудов Межрегиональной научной конференции «Изучение и сохранение биоразнообразия Тульской области и сопредельных регионов Российской Федерации», г. Тула, 20-22 ноября 2019 г. Тула: ТулГУ. С. 164-168.
 7. Гогина Е.Е., Новиков В.С., Скворцов А.К., Тихомиров В.Н. 1981. О кадастре ботанических объектов, нуждающихся в охране на территории Московской области // Ботанический журнал. Т. 66. № 4. С. 595-600.
 8. Депозитарий живых систем «Ноев Ковчег». 2026. Образцы MW0243269, MW0251197, MW0276170, MW0347469, MW0391874, MW0405220, MW0455492, MW0481652, MW0495937, MW0496917, MW0502805, MW0521622, MW0529449 [Электронный ресурс <https://plant.depo.msu.ru/> (дата обращения 22.02.2026)].
 9. Самые опасные инвазионные виды России (ТОП-100). 2018 / Ред. Ю.Ю. Дгебуадзе, В.Г. Петросян, Л.А. Хляп. М.: КМК. 688 с.
 10. Кадастровый отчет по ООПТ Государственный природный заказник областного значения «Долина р. Уницы». 2024. ИАС «ООПТ России» [Электронный ресурс <http://oopt.aari.ru> (дата обращения 27.03.2025)].
 11. Кириллович. 1937. Зорче охранять государственные леса // Смычка. № 2. С. 4.
 12. Кирсанов Ф. 1939. О лесной охране // Смычка. № 26 (1456). С. 3.
 - revised and exp. [Krasnaya kniga Moskovskoy oblasti]. Moscow Region: PF "Verkhov'ye", 2018:596.
 4. Vinogradova YuK, Mayorov SR, Khorun LV. The black book of the flora of Central Russia: alien plant species in the ecosystems of Central Russia [Chernaya kniga flory Sredney Rossii: chuzherodnyye vidy rasteniy v ekosistemakh Sredney Rossii]. Moscow: KMK, 2010:512.
 5. Vladimirov A. They're chopping down the little oaks [Rubyat dubochki]. New Life [Novaya Zhizn']. 1960;97 (5333):3.
 6. Voevodin PV, Suslova EG, Kadetov NG. Specially protected natural areas of the Trans-Oka part of southern Moscow region: biodiversity, problems and prospects [ООПТ заокской части южного Подмоскovie: bioraznoobraziye, problemy i perspektivy] Collection of works of the Interregional scientific conference "Study and conservation of biodiversity of the Tula region and adjacent regions of the Russian Federation", Tula, November 20-22, 2019 [Sbornik trudov Mezhhregional'noy nauchnoy konferentsii "Izucheniye i sokhraneniye bioraznoobraziya Tul'skoy oblasti i sopredel'nykh regionov Rossiyskoy Federatsii"]. Tula: TulGU, 2019:164-168.
 7. Gogina EE, Novikov VS, Skvortsov AK, Tikhomirov VN. On the cadastre of botanical objects in need of protection on the territory of Moscow region [O kadastre botanicheskikh ob'yektov, nuzhdayushchikhsya v okhrane na territorii Moskovskoy oblasti]. Botanical Journal [Botanicheskiy zhurnal]. 1981;66 (4):595-600.
 8. Depository of living systems "Noah's Ark" [Depozitariy zhivyykh sistem "Noyev Kovcheg"] Samples [Obraztsy] MW0243269, MW0251197, MW0276170, MW0347469, MW0391874, MW0405220, MW0455492, MW0481652, MW0495937, MW0496917, MW0502805, MW0521622, MW0529449. 2026, Available at <https://plant.depo.msu.ru/> (Date of Access 22/2/2026).
 9. The most dangerous invasive species in Russia (TOP-100) [Samyye opasnyye invazionnyye vidy Rossii (TOP-100)] / eds. Yu.Yu. Dgebuadze, V.G. Petrosyan, L.A. Khlyap. Moscow: KMK, 2018:688.
 10. Cadastral report on the specially protected natural area, the state nature reserve of regional significance "Unitsa River Valley" [Kadaastrovyy otchet po OOPT Gosudarstvennyy prirodnyy zakaznik oblastnogo znacheniya "Dolina r. Unitsy"] IAS "Specially protected natural areas of Russia" [IAS "ООПТ России"]. 2024, Available at <http://oopt.aari.ru> (Date of Access 27/03/2025).
 11. Kirillovich. We should guard the state forests more vigilantly [Zorche okhranyat' gosudarstvennyye lesa].

13. Кормам – особое внимание. 1971 // За новую жизнь. № 96 (7544). С. 3.
14. Корнеев И. 1940. Беречь леса // Смычка. № 164 (1794). С. 2.
15. Красная книга Московской области. 2018. 3-е изд. М.: Верховье. 809 с.
16. Куклина А.Г., Озерова Н.А. 2020. Обследование участка со степной флорой в городском округе Зарайска Московской области // Natural Resource Management, GIS & Remote Sensing. Т. 2. № 2. С. 33-38.
17. Куклина А.Г., Швецов А.Н., Озерова Н.А., Коновалова Т.Ю. 2025. Флористическое обследование на ООПТ «Широколиственный лес в излучине р. Осетр» (Московская область) // Фиторазнообразие Восточной Европы. Т. 19. № 3. С. 215-230.
18. Леонова В.А., Леонов Л.А. 2019. Современное состояние природных ландшафтов и древесной растительности заповедной зоны «Белый Колодец» в городе Зарайск Московской области // Лесной вестник. Т. 23 (6). С. 20-28.
19. Майоров С.Р., Алексеев Ю.Е., Бочкин В.Д., Насимович Ю.А., Щербakov А.В. 2020. Чужеродная флора Московского региона. М.: КМК. 576 с.
20. Мельников Г. 1949. Накануне лесопосадок // Смычка. № 46 (3268). С. 1.
21. Мирин Д.М., Русаков А.В., Симонова Ю.В., Рюмин А.Г. 2022. Ранние этапы формирования леса на месте бывших пашен в Ярославской области // Динамика экосистем в голоцене. Сборник статей по материалам VI Всероссийской научной конференции. СПб.: РПГУ им. А.И. Герцена. С. 438-440.
22. Молотков К. 1945. Больше внимания охране лесов // Смычка. № 93 (2696). С. 2.
23. Озерова Н.А., Куклина А.Г., Гуров А.Ф. 2021. Флористическое исследование в северной части городского округа Зарайск Московской области // Самарская Лука: проблемы региональной Closure [Smychka]. 1937;2:4.
12. Kirsanov F. On forest protection [O lesnoy okhrane]. Closure [Smychka]. 1939;26 (1456):3.
13. We should pay a special attention to forage [Kormam – osoboye vnimaniye]. For a New Life [Za novuyu zhizn']. 1971;96 (7544):3.
14. Korneev I. To protect forests [Berech' lesa]. Closure [Smychka]. 1940;164 (1794):2.
15. Red data book of Moscow Region, 3rd ed. [Krasnaya kniga Moskovskoy oblasti]. Moscow: Verkhovye, 2018:809.
16. Kuklina AG, Ozerova NA. Survey of a steppe flora site in the Zaraysk Urban District, Moscow region [Obsledovaniye uchastka so stepnoy floroj v gorodskom okruge Zarayska Moskovskoy oblasti]. Natural Resource Management, GIS & Remote Sensing. 2020;2 (2):33-38.
17. Kuklina AG, Shvetsov AN, Ozerova NA, Konvalova TYu. Floristic survey of the specially protected natural area "Broad-leaved forest in the bend of the Osetr River" (Moscow region) [Floristicheskoye issledovaniye na OOPT "Shirokolistvennyy les v izluchine r. Osetr" (Moskovskaya oblast')]. Phytodiversity of Eastern Europe [Fitoraznoobrazkiye Vostochnoy Yevropy]. 2025;19 (3):215-230.
18. Leonova VA, Leonov LA. Current state of natural landscapes and woody vegetation of the "Bely Kolodets" nature reserve in Zaraysk, Moscow region [Sovremennoye sostoyaniye landshaftov i drevesnoy rastitel'nosti zapovednoy zony "Belyy Kolodets" v gorode Zaraysk Moskovskoy oblasti]. Forest Bulletin [Lesnoy vestnik]. 2019;23 (6):20-28.
19. Mayorov SR, Alekseev YuE, Bochkov VD, Nasimovich YuA, Shcherbakov AV. Alien flora of the Moscow region [Chuzherodnaya flora Moskovskogo regiona]. Moscow: KMK, 2020:576.
20. Melnikov G. On the eve of forest plantations [Nakanune lesoposadok]. Closure [Smychka]. 1949;46 (3268):1.
21. Mirin DM, Rusakov AV, Simonova YuV, Ryumin AG. Early stages of forest formation in the former arable lands in the Yaroslavl region [Ranniye etapy formirovaniya lesa na meste byvshikh pashen v Yaroslavskoy oblasti] Dynamics of ecosystems in the Holocene [Dinamika ekosistem v golotsene] Collection of articles based on the materials of the VI All-Russian Scientific Conference [Sbornik statey po materialam VI Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii]. Saint-Petersburg: RPGU im. A.I. Gertsena, 2022:438-440.
22. Molotkov K. To pay more attention to forest protection [Bol'she vnimaniya okhrane lesov]. Closure [Smychka]. 1945;93 (2696):2.
23. Ozerova NA, Kuklina AG, Gurov AF. Floristic study

- и глобальной экологии. Т. 30 (1). С. 51-59.
24. Озерова Н.А., Швецов А.Н., Куклина А.Г. 2023. Флористическое исследование памятника природы «Залесенный овраг у д. Власьево» в Московской области // Фиторазнообразие Восточной Европы. Т. 17 (2). С. 88-105.
 25. Островский П. 1952. Новые леса // Новая жизнь. № 55 (3742). С. 2.
 26. Островский П.П. 1961. Леса Зарайского района // Комплексные географические исследования в Зарайском районе Московской области. М.: МГУ. С. 149-200.
 27. Планы генерального межевания (ПГМ) в свободном доступе: Рязанская губерния. Зарайский уезд. 1771-1790 [Электронный ресурс <https://disk.yandex.ru/d/Fd8GzhNr3a7EfU> (дата обращения 07.12.2025)].
 28. Полякова Г.А., Меланхолин П.Н., Швецов А.Н. 2013. Динамика численности популяций некоторых видов семейства Orchidaceae в Москве и Московской области // Бюллетень Главного ботанического сада. № 1. Вып. 203. С. 64-74.
 29. Полянцев В.И. 2003. Зарайская энциклопедия. М. 516 с.
 30. РГАДА (Российский государственный архив древних актов). 1850. Ф. 1357. Оп. 2. Д. 104. Генеральная карта Рязанской губернии, снятая чинами Межевого корпуса и офицерами Корпуса топографов под руководством Генерального штаба Генерал-майора А.И. Менда в 1850 году. М. 1 в. в дюйме.
 31. РГВИА (Российский государственный военно-исторический архив). 1786. Ф. 846. Оп. 16. Д. 18981. Описание Рязанской губернии. Ч. 1: Города Зарайска и его уезда (после 1786 г. – 1800 г.).
 32. Самсонова В.П., Благовещенский Ю.Н., Кондрашкина М.И. 2006. Учет и картографирование сорной растительности. М.: МГУ. 88 с.
 - in the northern part of the Zaraysk Urban District, Moscow Region [Floristicheskoye issledovaniye v severnoy chasti gorodskogo okruga Zaraysk Moskovskoy oblasti]. *Samara Luka: Problems of Regional and Global Ecology* [Samarskaya Luka: problemy regional'noy i global'noy ekologii]. 2021;30 (1):51-59.
 24. Ozerova NA, Shvetsov AN, Kuklina AG. Floristic study of the natural monument “Afforested ravine near the Vlasyevo Village” in Moscow Region [Floristicheskoye issledovaniye pamyatnika prirody “Zalesennyy ovrag u d. Vlas’yevo” v Moskovskoy oblasti]. *Phytodiversity of Eastern Europe* [Fitoraznoobraziye Vostochnoy Yevropy]. 2023;17 (2):88-105.
 25. Ostrovsky P. New forests [Novyye lesa]. *New Life* [Novaya Zhizn']. 1952;55 (3742):2.
 26. Ostrovsky PP. Forests of the Zaraysk District [Lesy Zarayskogo rayona] *Comprehensive geographical research in the Zaraysk District, Moscow Region* [Kompleksnyye geograficheskiye issledovaniya v Zarayskom rayone Moskovskoy oblasti]. Moscow: MGU, 1961:149-200.
 27. General Land Survey Plans (GLP) in the Public Domain: Ryazan Province. Zaraysk District [Plany general'nogo mezhevaniya (PGM) v svobodnom dostupe: Ryazanskaya guberniya]. 1771-1790, Available at <https://disk.yandex.ru/d/Fd8GzhNr3a7EfU> (Date of Access 12/07/2025).
 28. Polyakova GA, Melankholin PN, Shvetsov AN. Population dynamics of some Orchidaceae species in Moscow and the Moscow Region [Dinamika chislennosti populyatsiy nekotorykh vidov semeystva Orchidaceae v Moskve i Moskovskoy oblasti]. *Bulletin of the Main Botanical Garden* [Byulleten' Glavnogo botanicheskogo sada]. 2013;1 (203):64-74.
 29. Polyanchev VI. Encyclopedia of Zaraysk [Zarayskaya entsiklopediya]. Moscow, 2003:516.
 30. RSAAA (Russian State Archive of Ancient Acts) [RGADA (Rossiyskiy gosudarstvennyy arkhiv drevnikh aktov)] *General map of the Ryazan Province, compiled by officers of the Land Survey Corps and the Topographer Corps under the leadership of Major General A.I. Menda in 1850* [General'naya karta Ryazanskoy gubernii, snyataya chinami Mezhevogo korpusa i ofitserami Korpusa topografov pod rukovodstvom General'nogo shtaba General-mayora A.I. Menda v 1850 godu]. F. 1357. Op. 2. D. 104. 1 in. in inches. Moscow, 1850.
 31. RSMHA (Russian State Military Historical Archive) [RGVIA (Rossiyskiy gosudarstvennyy voyenno-istoricheskiy arkhiv)]. *Description of the Ryazan Province* [Opisaniye Ryazanskoy gubernii] Pt 1.: The

33. Середюк А.В., Выводцев Н.В. 2019. Определение технической спелости дубовых древостоев // Лесоведение. № 6. С. 547-555.
34. Спутниковая карта Зарайска 1974 г. 1974 [Электронный ресурс http://www.etomesto.ru/map-moscow_zaraysk_sputnik-1974/?y=54.796289&x=38.863823 (дата обращения 06.03.2026)].
35. Сулова Е.Г. 2018. Медуница узколистная – *Pulmonaria angustifolia* L. // Красная книга Московской области. 3-е изд., перераб. и доп. Московская область: ПФ «Верховье». С. 547.
36. Тихомиров В.Н. 1978. Отчет по теме «Кадастр ботанических объектов, нуждающихся в охране на территории Московской области». Рукопись, в отделе флоры ГБС РАН. М. 391 с.
37. Туляков Д.Г. 1982. Сегетальная флора Московской области // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. Вып. 5. С. 46-52.
38. Уланова Н.Г., Хмылев П.Ю., Елумеева Т.Г., Федосов В.Э. 2020. Методы анализа флористического состава растительных сообществ. М.: МАКС Пресс. 116 с.
39. Черепанов С.К. 1995. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). СПб.: Мир и Семья-95. 992 с.
40. Швецов А.Н., Куклина А.Г. 2023. Редкие и охраняемые виды растений на правом берегу р. Осетр в Московской области // Наследие академика Н.В. Цицина. Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной 125-летию академика Н.В. Цицина, г. Москва, 3-7 июля 2023 г. М. С. 45-48.
41. Швецов А.Н., Куклина А.Г., Озерова Н.А. 2024. Флористическое обследование ООПТ «Остепненные склоны и балочные леса по правому берегу долины р. Осетрик» // *Cities of Zaraysk and its district (after 1786-1800) [Ch. 1: Goroda Zarayska i yego uyezda (posle 1786 g. – 1800 g.).]. F. 846. Op. 16. D. 18981. 1786.*
32. Samsonova VP, Blagoveshchensky YuN, Kondrashkina MI. Weed inventory and mapping [*Uchet i kartografirovaniye sornoy rastitel'nosti*]. Moscow: MGU, 2006:88.
33. Seredyuk AV, Vyvodssev NV. Determining the technical maturity of oak stands [Opredeleniye tekhnicheskoy spelosti dubovykh drevostoyev]. *Forestry [Lesovedenie]*. 2019;6:547-555.
34. Satellite map of Zaraysk of 1974 [*Sputnikovaya karta Zarayska 1974 g.*]. 1974, Available at http://www.etomesto.ru/map-moscow_zaraysk_sputnik-1974/?y=54.796289&x=38.863823 (Date of Access 06/03/2026).
35. Suslova EG. Narrow-leaved lungwort – *Pulmonaria angustifolia* L. [*Medunitsa uzkolistnaya – Pulmonaria angustifolia* L.] *Red data book of Moscow Region*, 3rd ed., revised and exp. [*Krasnaya kniga Moskovskoy oblasti*]. Moscow Region: PF “Verkhov’ye”, 2018:547.
36. Tikhomirov VN. Report on the topic “Cadastre of botanical sites requiring protection in the Moscow Region” [*Otchet po teme “Kadastr botanicheskikh ob'yektov, nuzhdayushchikhsya v okhrane na territorii Moskovskoy oblasti”*] Manuscript located in the Flora Department of the Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences [*Rukopis', v otdele flory GBS RAN*]. Moscow, 1978:391.
37. Tulyakov DG. Segetal flora of the Moscow region [*Segetal'naya flora Moskovskoy oblasti*]. *Bulletin of the Timiryazev Agricultural Academy [Izvestiya Timiryazevskoy sel'skokhozyaystvennoy akademii]*. 1982;5:46-52.
38. Ulanova NG, Khmylev PYu, Elumeeva TG, Fedosov VE. Methods for analyzing the floristic composition of plant communities [*Metody analiza floristicheskogo sostava rastitel'nykh soobshchestv*]. Moscow: MAKSS Press, 2020:116.
39. Cherepanov SK. Vascular plants of Russia and adjacent states (within the former USSR) [*Sosudistyye rasteniya Rossii i sopredel'nykh gosudarstv (v predelakh byvshego SSSR)*]. Saint-Petersburg: Mir i Sem'ya-95, 1995:992.
40. Shvetsov AN, Kuklina AG. Rare and protected plant species on the right bank of the Osetr River in the Moscow region [*Redkiye i okhranyayemyye vidy rasteniy na pravoberezh'ye r. Osetr v Moskovskoy oblasti*] *The legacy of academician N.V. Tsitsin [Naslediye akademika N.V. Tsitsina]* Proc. of the All-Russian scientific conference with international participation, dedicated to the 125th anniversary of academician N.V. Tsitsin,

- Фиторазнообразие Восточной Европы. Т. 18. № 2. С. 163-193.
42. Швецов А.Н., Озерова Н.А., Куклина А.Г. 2024. Мониторинг редких и охраняемых видов растений на правобережье р. Осетр (Московская область) // Вестник Тверского ГУ. Серия «Биология и экология». № 2 (74). С. 126-143.
 43. Швецов А.Н. 2018. Горечавка крестовидная – *Gentiana cruciate* L. // Красная книга Московской области. 3-е изд., перераб. и доп. Московская область: ПФ «Верховье». С. 547.
 44. Kolyada N.A., Kolyada A.S. 2017. Occurrence of Potentially Invasive Species Box Elder (*Acer negundo* L.) in the South of the Russian Far East // Russian Journal of Biological Invasions. Vol. 8 (1). P. 41-44.
 45. Kostina M.V., Yasinskaya O.I., Barabanshchikova N.S., Orlyuk F.A. 2016. Toward an Issue of Box Elder Invasion into the Forests around Moscow // Russian Journal of Biological Invasions. Vol. 7 (1). P. 47-51.
 46. Ozerova N.A., Kuklina A.G. 2021. Floristic Transformation of the Steppe Area in the Lower Reaches of the Osetr River due to Anthropogenic Impact // IOP Conference Series: Earth and Environmental Sciences (EES). Vol. 817. P. 012079.
 47. Pyšek P., Richardson D.M. 2010. Invasive Species, Environmental Change and Management, and Health // Annual Review of Environment and Resources. Vol. 35. P. 25-55.
 48. Shcherbakov A.V., Ershkova E.V., Khapugin A.A., Lyubeznova N.V. 2022. Alien Aquatic Plant Species in European Russia // Ботанический журнал. Vol. 107 (1). P. 70-80.
 49. Williams N.S.G., Schwartz M.W., Vesk P.A., McCarthy M.A., Hahs A.K., Clemants S.E., Corlett R.T., Duncan R.P., Norton B.A., Thompson K., McDonnell M.J. 2008. A Conceptual Framework for Predicting the Effects of Urban Environments on Floras // Journal of Ecology. Vol. 97 (1). P. 4-9.
 - Moscow, July 3-7, 2023 [Materialy Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem, posvyashchennoy 125-letiyu akademika N.V. Tsitsina]. Moscow, 2023:45-48.
 41. Shvetsov AN, Kuklina AG, Ozerova NA. Floristic survey of the specially protected natural area “Steppe Slopes and Ravine Forests along the Right Bank of the Osetrik River Valley” (Moscow region) [Floristicheskoye obsledovaniye OOPT “Ostepnennyye sklony i balochnyye lesa po pravomu beregu doliny r. Osetrik” (Moskovskaya oblast’)]. *Phytodiversity of Eastern Europe [Fitoraznoobrazkiye Vostochnoy Yevropy]*. 2024;18 (2):163-193.
 42. Shvetsov AN, Ozerova NA, Kuklina AG. Monitoring of rare and protected plant species on the right bank of the Osetrik river (Moscow region) [Monitoring redkikh i okhranyayemykh vidov rasteniy na pravoberezh’ye r. Osetr (Moskovskaya oblast’)]. *Bulletin of Tver State University [Vestnik Tverskogo GU] Series “Biology and Ecology” [Seriya “Biologiya i ekologiya”]*. 2024;2 (74):126-143.
 43. Shvetsov AN. Star gentian – *Gentiana cruciate* L. [Gorechavka krestovidnaya – *Gentiana cruciate* L.] *Red data book of Moscow Region*, 3rd ed., revised and exp. [Krasnaya kniga Moskovskoy oblasti]. Moscow Region: PF “Verkhov’ye”, 2018:547.
 44. Kolyada NA, Kolyada AS. Occurrence of potentially invasive species box elder (*Acer negundo* L.) in the south of the Russian Far East. *Russian Journal of Biological Invasions*. 2017;8 (1):41-44.
 45. Kostina MV, Yasinskaya OI, Barabanshchikova NS, Orlyuk FA. Toward an Issue of Box Elder Invasion into the Forests around Moscow. *Russian Journal of Biological Invasions*. 2016;7 (1):47-51.
 46. Ozerova NA, Kuklina AG. Floristic Transformation of the Steppe Area in the Lower Reaches of the Osetr River due to Anthropogenic Impact. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Sciences (EES)*. 2021;817:012079.
 47. Pyšek P, Richardson DM. Invasive Species, Environmental Change and Management, and Health. *Annual Review of Environment and Resources*. 2010;35:25-55.
 48. Shcherbakov AV, Ershkova EV, Khapugin AA, Lyubeznova NV. Alien Aquatic Plant Species in European Russia. *Botanical Journal [Botanicheskiy zhurnal]*. 2022;107 (1):70-80.
 49. Williams NSG, Schwartz MW, Vesk PA, McCarthy MA, Hahs AK, Clemants SE, Corlett RT, Duncan RP, Norton BA, Thompson K, McDonnell MJ. A Conceptual Framework for Predicting the Effects of Urban Environments on Floras. *Journal of Ecology*. 2008;97 (1):4-9.

UDC 581.527:470.311

**FLORISTIC TRANSFORMATIONS IN THE VALLEY
OF THE UNITSА RIVER (MOSCOW REGION)**

© 2026. A.N. Shvetsov*, A.G. Kuklina*, N.A. Ozerova**

**Tsitsin Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences
4 Botanicheskaya Str., Moscow, 127276, Russia****Vavilov Institute for the History of Science and Technology of the Russian Academy of Sciences
14 Baltiyskaya Str., Moscow, 123315, Russia. E-mail: alla_gbsad@mail.ru*

Received May 10, 2026. Revised Juni 15, 2026. Accepted Juni 25, 2026.

During the field survey at the natural reserve “Unitsa River Valley” and adjacent territories (total area ≈300 ha) in the municipal district of Zaraysk, Moscow Region, a floristic list was compiled of 346 species of vascular plants. For the first time, the habitats of 3 rare taxa were identified: *Anemone sylvestris*, *Gentiana cruciata*, and *Pulmonaria angustifolia*, which are listed in the Red Data Book of the Moscow Region (2018). Among the identified species, 12 require regular monitoring. Among the 28 alien taxa found, there are 12 invasive and 5 potentially invasive species that tend to spread. A retrospective analysis using archives and documents has revealed several historical stages of the natural complexes in this reserve. It has been established that woody vegetation appeared in the basin of the Unica River (within the boundaries of specially protected area) in the last quarter of the 18th century, as a secondary forest at the site of deforestation. In the 1770-1950s, oak forests with birch mixed with linden and aspen were formed; natural resources were harnessed using traditional forest management techniques, cattle grazing and haymaking took place. In the 1950s and 2010s, as a result of human introduction activities, forest crops began to be grown in protected areas. At the current stage, starting in the 2010s, the structure and appearance of phytocenoses have shown signs of restoration of woody vegetation due to the presence of birch and aspen on old arable lands, meadow slopes of the Osetr River, and near-edge fallow lands. The most notable phenomenon of this period was the widespread expansion of *Heracleum sosnowskyi*, which poses the greatest threat to the natural complex of protected areas and has a detrimental effect on plant diversity and the overall ecosystem.

Keywords: specially protected natural areas, rare species, invasive species, Unitsa River, Zaraysk, Moscow Region.

Funding. This work was carried out for the agreement No. 09/27 on scientific cooperation between the Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences and Institute for the History of Science and Technology of the Russian Academy of Sciences dated 09/27/2021, as well as the state assignments of the Main Botanical Garden, project No. 126020916823-0 “Biological Diversity, Resource Potential and Preservation of Natural And Cultural Flora under Climatic and Anthropogenic Changes», and the Institute for the History of Science and Technology, project No. 1022041500043-8-6.3.2 “Historical Vectors of Development of Geography and Geology in Russia: Identification of the Main Links between the Practice Requests and the Development of Geography and Geology, the Interaction of Individual Directions at Different Stages of the History of the Earth Sciences”.

Conflict of interest: The authors declare that there are no apparent or potential conflicts of interest related to the publication of this article.

DOI: 10.24412/2542-2006-2026-2-61-93**EDN: STFOIJ**

== МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ, ПОДДЕРЖАНИЯ И СОХРАНЕНИЯ ЭКОСИСТЕМ ==
И ИХ КОМПОНЕНТОВ

УДК 574.58(470.43)

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГОРОДСКИХ ВОДОЕМОВ
(ТОЛЬЯТТИ, САМАРСКАЯ ОБЛАСТЬ)

© 2026 г. Т.Д. Зинченко*, Н.Г. Тарасова**, А.В. Мисюк*, В.П. Моров*

** Институт экологии Волжского бассейна Самарского федерального
исследовательского центра РАН*

Россия, 445003, Самарская обл., г. Тольятти, ул. Комзина, д. 10

E-mail: zinchenko.tdz@yandex.ru, moroff@mail.ru

*** Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН*

Россия, 152742, Ярославская обл., Некоузский р-н, п. Борок, д. 109. E-mail: tnatag@mail.ru

Поступила в редакцию 05.05.2026. После доработки 15.06.2026. Принята к публикации 25.06.2026.

Представлены результаты комплексных исследований оценки экологического состояния озера Пляжное (г. Тольятти, Самарская область), выполненные на основе проведенной паспортизации состояния водоема и его рекреационных ресурсов. Включены данные природно-географических исследований, сведения по четвертичной геологии и гидрогеологии водоохраной зоны и территории водосборного бассейна; гидрографо-гидрологические, гидрохимические, гидробиологические, ландшафтно-экологические и санитарно-бактериологические показатели, интегральные экологические характеристики, рекомендации по восстановлению и сохранению водного объекта. По результатам гидрохимических и гидробиологических исследований, оценки изменений численности и биомассы основных таксономических групп с использованием различных методологических подходов изучена динамика комплекса абиотических и биотических показателей. Из сформированного набора абиотических факторов среды произведен отбор значимых параметров, определяющих экологическое состояние водоема. Определен экологический статус озера. Исследования выполнены с целью оперативного прогнозирования экокризисных ситуаций и раннего предупреждения об экологической опасности при оценке состояния водных объектов.

Ключевые слова: экологическое состояние, озеро Пляжное, бассейн озера, абиотические и биотические показатели, таксономическое разнообразие, Самарская область.

DOI: 10.24412/2542-2006-2026-2-94-137

EDN: UKMUQF

Природные водные объекты играют важную роль в формировании урбанизированного ландшафта в современном городе, где они должны выполнять рекреационную, эстетическую и экологическую функции. К сожалению, в г.о. Тольятти под влиянием антропогенного пресса возникла новая техногенная среда. Она характеризуется высоким уровнем промышленных загрязнений, специфическим тепловым режимом, угнетением растительных насаждений, хозяйственно-бытовым загрязнением водных источников. Все это приводит к необходимости в неотложных мероприятиях по охране и восстановлению природных вод. Привносимые загрязняющие вещества провоцируют изменение химического состава воды, угнетая условия существования и функционирования биологических систем. Необходимость оптимально организованного мониторинга состояния аквальных систем как основы для принятия правильных управленческих решений очевидна. В этой связи сотрудники Института экологии Волжского бассейна РАН (Гелашвили и др., 2001; Розенберг и др., 2001; Зинченко и др., 2003; Ромашкова, 2015) по заданию Администрации городского округа

формализовали соответствующие подходы и информационные системы для комплексной оценки экологического состояния городских водоемов.

По результатам такой оценки был составлен экологический паспорт озера Пляжное, расположенного в зоне инженерной и транспортной инфраструктуры в Комсомольском районе города на участке, легко доступном для рекреации (Экологический паспорт ..., 2000).

Материалы и методы

Материалом для экологического мониторинга послужили пробы воды и донных отложений, прибрежно-водная растительность, а также состояние ихтиофауны. Исследования проведены в разные месяцы вегетационных сезонов 1991-2008 гг.

Для оценки гидробиологического состояния озера и сапробиологической оценки воды анализировались данные качественного и количественного состава фитопланктона, зоопланктона, бактериопланктона и макрозообентоса.

Отбор проб воды и донных отложений производился в феврале, мае, июле и октябре на 3 основных вертикалях (ст. 1-3) продольного створа и дополнительно в прибрежной зоне (ст. 4) в районе точечного источника загрязнений.

Отбор проб бентоса производили в зонах литорали, сублиторали и бентали в течение вегетационного периода с 1991 по 2008 гг. Отбор количественных проб бентоса в бентали, сублиторали выполнен дночерпателем Экмана–Берджи с площадью захвата $1/40 \text{ м}^2$ (1-3 подъема на станции), а в прибрежной зоне пробы брали скребком с длиной ножа 16 см (протаскивание 1 м). Образцы грунта промывали через капроновый газ № 21 (размер ячеек 300-310 мкм). Пробы фиксировали 4% раствором формальдегида (Методика изучения ..., 1975; Методические рекомендации ..., 1982). При установлении видовой принадлежности разных групп гидробионтов планктона и бентоса использовали определители (Рылов, 1948; Мануйлова, 1964; Панкратова, 1970, 1977, 1983; Кутикова, 1970; Определитель пресноводных ..., 1977, 1997, 1999; Кикнадзе и др., 1991; Макаrenchенко Е., Макаrenchенко М., 1999; Cranston, 1982; Wiederholm, 1983).

Для анализа полученных данных и интегральной характеристики сообщества использовали такие показатели, как численность (N , экз./ м^2) и биомасса (B , г/ м^2) гидробионтов, относительные величины численности и биомассы (процент общей численности и биомассы организмов макрозообентоса), встречаемость видов (%), число видов.

Для оценки сообществ макрозообентоса учитывали число таксонов и видов, их частоту встречаемости (P , %), численность (N , экз./ м^2), биомассу (B , г/ м^2), индекс видового разнообразия Шеннона–Уивера (Shannon, Weaver, 1949). Для оценки видовой структуры донных сообществ использовали индекс доминирования D_i (Палий, 1961). Биотический индекс Вудивисса (Woodiwiss, 1964), использованный для оценки качества воды, основывается на соотношении количества видов, устойчивых и неустойчивых к загрязнению.

Водный баланс оз. Пляжное определялся расчетным методом (Богословский, 1960), с учетом данных наблюдений Самарской гидрогеологической экспедиции в 2000 г.

Для расчетов использовались опубликованные материалы по количеству атмосферных осадков, выпадающих на территорию г. Тольятти, испарению с водной поверхности водоемов Самарской области (табл. 1) и морфометрические показатели озера (табл. 2).

Таким образом, питание озера (без учета подпитки из подземных вод) осуществляется примерно в равных частях за счет поверхностного притока с водосборной площади и осадков на поверхность водоема. Снижение уровня воды и уменьшение объема водных масс связано в основном с потерями на испарение с акватории озера; на грунтовый сток приходится немногим более 45% от суммарного расхода воды в течение года (табл. 3). Кроме того,

наблюдения Самарской гидрогеологической экспедиции за ходом уровня в озере и в заложенной на северном склоне скважине (весной 2000 г.) показали, что исследуемый водоем находится на пути движения подземных вод, подпитывается ими весной при подъеме грунтовых вод с последующим снижением уровня воды в озере: за период апрель-сентябрь 2000 г. – на величину, примерно равную 34 см.

Химический анализ проб воды и донных отложений выполнен аккредитованными организациями Тольятти и Самары.

Таблица 1. Суммарное количество атмосферных осадков и величина испарения с водной поверхности. **Table 1.** Total amount of precipitation and evaporation from the water surface.

Составляющие	Размерность	Значения	Источник
Осадки (талые и дождевые), H	мм/год	480	«Климат Тольятти» (1987)
Испарение с 1 м ² водного зеркала, Z		560	Л.А. Выхристюк (1989)

Примечания к таблице 1: коэффициент водообмена для оз. Пляжное равен 0.33, т.е. полная смена его водных масс происходит за 3 года, однако данная расчетная величина не учитывает участия подземных вод, которое на практике обеспечивает заметно более интенсивный водообмен. Результаты расчетов элементов водного баланса, выраженные в объемных единицах и по общепринятым гидрологическим нормативам, представлены в таблицах 2-3. **Notes to Table 1:** water exchange coefficient of Lake Plyazhnoye is 0.33, which means that in 3 years its water is fully replaced. However, this value does not take into account the participation of groundwater that actually has a very significant input to the exchange. Calculation results of water balance elements (in volumetric units) that were made according to generally accepted hydrological standards, are presented in Tables 2-3.

Нормирование качества воды по комплексу контролируемых показателей проводилось с использованием индекса загрязнения воды (ИЗВ) для водоемов культурно-бытового назначения (в соответствии с планируемым использованием водоема) согласно документу «Временные методические указания по комплексной оценке качества поверхностных и морских вод» (1986), определяющим классы качества. Несмотря на то, что специалисты в настоящее время используют разные методы для оценки качества вод, мы использовали расчетные данные индекса для сопоставления многолетних данных, полученных разными методами расчета при наличии основного массива данных, обработанного в соответствии с указанным документом и послужившего основой для официально принятого паспорта (Экологический паспорт ..., 2000) в системе паспортов городских водоемов Тольятти. Введенный в 2004 году в соответствии с РД 52.24.643-2002 (2002) «Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям» удельный комбинаторный индекс загрязненности воды дает плохо сопоставимые с ИЗВ результаты, как наглядно показано в ряде работ. Например, для участка Воронежского водохранилища в одни и те же годы наблюдения рассчитанный уровень загрязнения вод отличался на две градации: II – «умеренно чистые» в соответствии с ИЗВ и IV – «грязные» в соответствии с удельным комбинаторным индексом (Лазарев и др., 2022).

Результаты и обсуждение

Природно-географическая характеристика района озера Пляжное. Данное озеро представляет собой южную оконечность цепи Васильевских озер, расположенных в ложнообразном понижении – долине бывшей р. Пискалки (рис. 1). Долина направлена на

юго-запад с понижением в сторону р. Волги и в современном состоянии (по крайней мере, в течение нескольких столетий) не имеет поверхностного стока. Происхождение озера искусственное: оно возникло в результате затопления песчаного карьера грунтовыми водами после наполнения Куйбышевского водохранилища. Озеро имеет неправильную конфигурацию, вытянуто с севера на юг.

Таблица 2. Гидрографические и гидрологические характеристики оз. Пляжное.

Table 2. Hydrographic and hydrological characteristics of Lake Plyazhnoe.

№	Основные показатели	Значения
1	Географические координаты	53° 29' с.ш., 49° 30' в.д.
2	Высота бассейна, м н.у.м. БС	53-60
3	Площадь водосборного бассейна, км ²	1.2
4	Площадь зеркала озера, км ²	0.160
5	Ширина озера, м: – средняя, – максимальная	385, 261
6	Длина озера, м	620
7	Длина береговой линии, м	1987
8	Развитие береговой линии	1.4
9	Объем воды, м ³	487500
10	Глубина озера, м: – максимальная, – средняя	7.1, 3.0
11	Угол уклона дна, ‰	50
12	Показатель формы котловины	1.45 (параболоид)
13	Максимальная температура воды в летний период, °С	24.2
14	Прозрачность воды (по диску Секки), м	1.30-3.00
15	Элементы водного баланса: – поверхностный приток, л/с, – поверхностный сток, л/с, – осадки на зеркало озера, мм/год, – испарение с поверхности озера, мм/мес., – среднемесячное значение коэффициента водообмена, – водообмен с грунтовым бассейном, л/с	2.7, отсутствует, 480, 80, 0.33, 2.3

Основными факторами, определяющими формирование экосистемы озера, являются климатические и геолого-геоморфологические.

В геоморфологическом отношении нижняя часть долины р. Пискалки, в современном понимании, врезана в аллювиальные образования четвертой надпойменной террасы, слагающей на ближайших территориях останец в поле развития низких террас по левобережной части долины р. Волга (Государственная геологическая ..., 2021). Возраст террасы ранненеоплейстоценовый, соответствует интервалу, включающему мучкапское межледниковье (610-536 тыс. лет назад) и окское похолодание (536-455 тыс. лет назад; Болиховская, Молодьков, 2018). Терраса в целом имеет облик пологоволнистой аллювиальной равнины с поверхностью на абсолютной высоте до 100 м; сложена песками

коричневыми, светло-желтыми, светло-серыми, кварцевыми мелко- и среднезернистыми, вверх по разрезу до тонкозернистых и алевритов; с прослоями суглинков и супесей. Поверхностные отложения, являющиеся почвообразующими породами, представлены мощной толщей песков (мощность 10-25 м), переработанных эоловыми процессами. Эоловый рельеф имеет голоценовый возраст и представлен или вытянутым вдоль берега Волги широким плоским валом с пологим внутренним склоном, или широкими полосами дюн. Эоловые пески светло-желтого цвета, преимущественно кварцевые, бескарбонатные, с высокой водопроницаемостью, малоплодородные. Поверхность террасы осложнена неглубокими лощинами при практически неразвитой овражно-балочной сети. К одной из таких лощин приурочена долина р. Пискалки с Васильевскими озерами. Выполняющие ее аллювиальные пески имеют голоценовый возраст (моложе 11.7 тыс. лет).

Таблица 3. Некоторые показатели гидрологического режима оз. Пляжное.

Table 3. Some hydrological regime indices of Lake Plyazhnoe.

Показатели	Значения
Поверхностный приток	2.7 л/с
Поверхностный сток	отсутствует
Осадки на зеркало озера	480 мм/год
Испарение с поверхности озера	80 мм/мес.
Водообмен с грунтовым бассейном	2.3 л/с
Среднемесячное значение коэффициента водообмена	0.03

Микрорельеф зоны оз. Пляжное в пределах лощины бугристо-западинный с преобладанием аккумулятивных эоловых форм: дюн, песчаных бугров и гряд. В процессе геологической истории пески неоднократно перевеивались, о чем свидетельствует их мелкобугристость. Преобладающие здесь песчаные гряды имеют слабовыпуклые вершины, высоту 3-5 м, ширину 30-50 м. Между ними расположены неглубокие плоские понижения шириной 20-30 м.

Глубина залегания грунтовых вод в обрамляющих долину террасовых отложениях составляет 10-20 м. Водовмещающими породами являются пески с коэффициентом фильтрации 1-5 м/сут. Подземные воды безнапорные; водоупор не вскрыт. Питание осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков и талых вод через хорошо проницаемые грунты зоны аэрации (Реконструкция биологических ..., 2021). Режим водоносного комплекса подчинен колебаниям уровня поверхностных вод Куйбышевского водохранилища, имеющего нормальный подпорный уровень на отметке 53 м БС.

Этому же комплексу принадлежит и подрусловый водоносный горизонт долины р. Пискалки, с которым связаны Васильевские озера. В ее приустьевом участке нельзя исключить как обратную фильтрацию из Куйбышевского водохранилища, так и подземный сток в сторону межшлюзового бьефа (уровень которого колеблется у отметки 40 м БС).

Климат территории континентальный, с холодной малоснежной зимой и жарким сухим летом. Для функционирования экосистем большое значение имеют теплоэнергетические характеристики (температурные показатели) и атмосферное увлажнение. Для исследуемой территории характерны среднегодовая температура воздуха +4.5°C, средняя температура января -11.7°C, средняя температура июля +20.6°C, сумма биологически активных температур 2420°, годовое количество осадков 480 мм (Экологический атлас ..., 1996). Коэффициент увлажнения, т.е. отношение суммы выпадающих за год осадков к годовой испаряемости, составляет несколько менее 1.

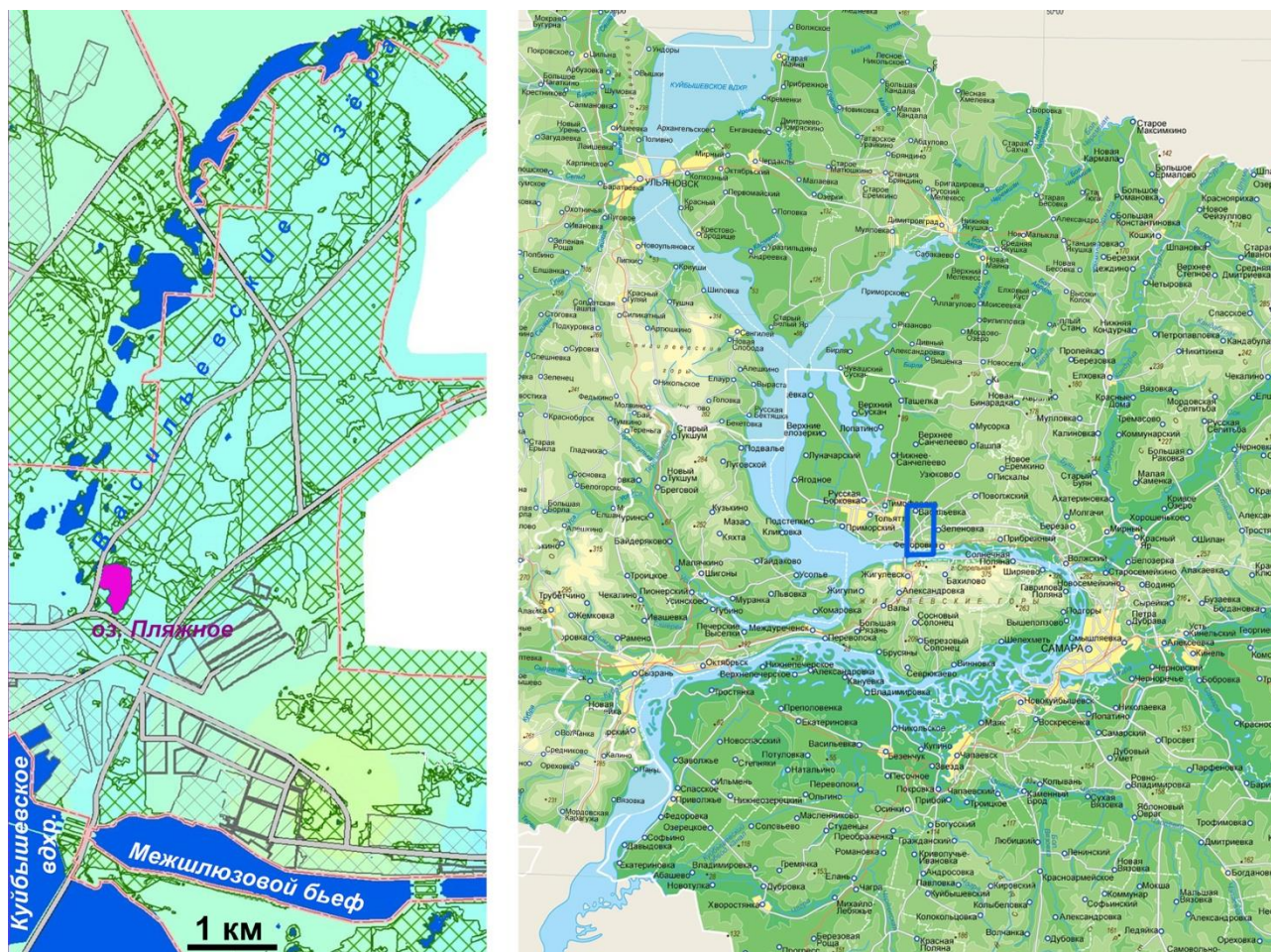


Рис. 1. Положение оз.Пляжное в системе Васильевских озер (Пространственная структура ..., 2010; Самарская область, 2026; Ульяновская область, 2026). **Fig. 1.** Location of Lake Plyazhnoe in the system of Vasilyevsky Lakes (Spatial structure ..., 2010; Samara Region, 2026; Ulyanovsk Region, 2026).

Таким образом, территория по биоклиматическим условиям относится к зоне лесостепи. Однако зональные типы растительности – широколиственные леса в сочетании со злаково-разнотравными степями – в пределах исследуемой территории не получили развитие. Песчаный субстрат обусловил произрастание сосновых лесов. Остепнение территории проявляется в наличии подлеска и травяно-кустарничкового яруса.

Почвенный покров водоохранной зоны, за исключением участков, лишенных почв, представлен внезональным типом – дерново-подзолистыми почвами, чему способствовали почвообразующие породы с наличием песчаной фракции, обусловившие формирование промывного водного режима почво-грунтов. Данные почвы относятся преимущественно к типу слабодифференцированных, у которых подзолистый горизонт не выражен (на прибрежном понижении вблизи уреза воды слабо выражен в виде белесых пятен). Гумусовый горизонт довольно мощный (12-18 см), причем связнопесчаные разности принадлежат к виду глубокодерновых почв (глубина гумусового горизонта более 15 см), а рыхлопесчаные фракции – к виду среднедерновых.

Под гумусовым горизонтом залегает желтый или буро-желтый горизонт с редкими затеками гумуса по корневым ходам и отдельными пятнами гидроксидов железа и марганца темно- и ржаво-бурого цвета. Этот горизонт постепенно переходит в светло-желтый песок.

Отдельные участки водоохранной зоны подвергаются ветровой эрозии вследствие отсутствия почвенно-растительного покрова, что связано с механическим повреждением прибрежного почвенного горизонта. Значительная часть водоохранной зоны озера занята линиями ЛЭП, автодорогами, пустырями (земли долгосрочного пользования). Высоковольтные ЛЭП проходят вблизи северного, восточного и западного берегов озера. Земли лесного фонда занимают северную, северо-восточную и северо-западную части водоохранной зоны, представлены в основном лесными культурами сосны (рис. 2).

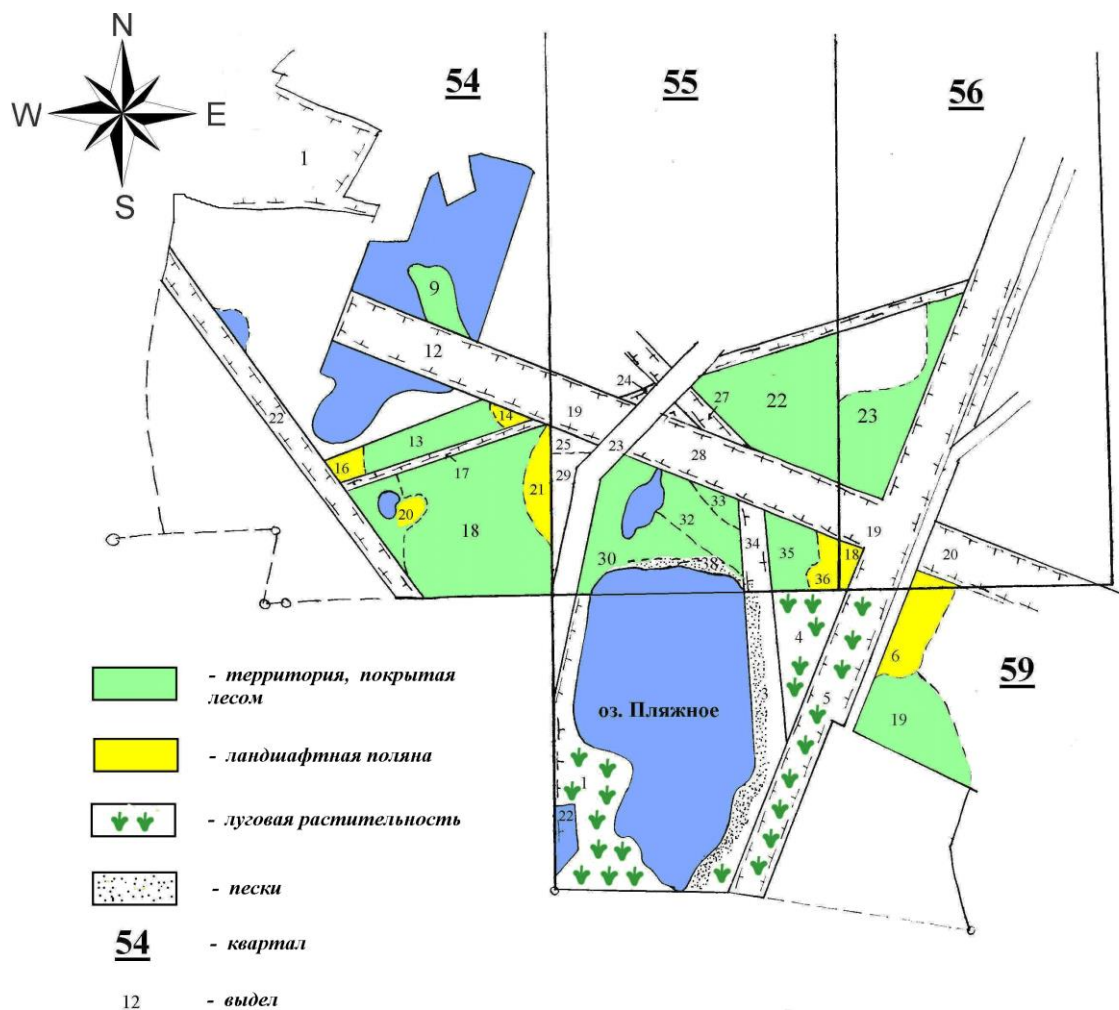


Рис. 2. Картограмма лесоустройства в районе оз. Пляжное.

Fig. 2. Schematic map of the forests around Lake Plyazhnoye.

Южные и восточные секторы водоохранной зоны между береговой линией и автодорогами представляют собой пустырь, сложенный рыхлыми мелкозернистыми полимиктовыми песками, в небольшом количестве содержащими кремневую гальку. Поверхность его на большей части плоская, пониженная, с множеством мелких бугров высотой 1.5-2 м, на отдельных участках нарушена канавами и хаотично расположенными котловинами. Склоны крутые, высотой обычно 2-3 м, с отдельными понижениями. На северо-восточном берегу имеется плоское понижение шириной около 40 м. На юго-востоке вдоль берега тянется песчаная гряда с крутыми (15-25°) склонами, высотой до 15 м, шириной 40-50 м, а к берегу обращен песчаный обрыв, представляющий собой осыпь стенки песчаного карьера, находившегося здесь ранее, крутизной около 40°. За грядой, параллельно

ей, протягивается западина шириной 60-70 м. Все положительные и отрицательные формы рельефа имеют антропогенный генезис, на что указывает несформированность почвенных профилей (почвенный покров практически отсутствует). Сорно-луговая и степная (на северо-востоке с преобладанием луговых видов) травянистая растительность разрежена, вследствие чего возможна дефляция песка: проективное покрытие травостоя вблизи пляжей составляет 3-5%, на удалении от берега достигает 30-50%.

Западный и юго-западный сектор водоохранной зоны между береговой линией и шоссе представляет собой пустырь, сложенный песками. Поверхность его плоская, понижена, нарушена канавами антропогенного генезиса. На значительных участках почвенный покров практически полностью перекопан. Растительность представлена редким травянистым покровом, в котором преобладают сорно-луговые виды. На юго-западе имеется узкое заболоченное понижение, заросшее тростником обыкновенным и кустарниковыми ивами. На западе береговая полоса проходит вдоль шоссе, за которым расположено еще одно озеро, составлявшее ранее с Пляжным озером единый водоем, при строительстве шоссе разрезанный насыпью. На этом участке за счет зарослей кустарниковых ив на отмели сформировался островок размером до 50 м на таком же расстоянии от берега.

Северный берег озера представляет собой песчаный обрыв крутизной 20-25°, высотой 13-15 м. Между обрывом и береговой линией тянется плоская низина шириной 20-30 м, заросшая кустарниковыми ивами. Возвышенная часть северного берега представляет собой грядово-западинную песчаную равнину, засаженную лесными культурами сосны 40-60-летнего возраста. Насаждения повреждены низовыми пожарами. Подлесок редкий, из ракитника. В травостое преобладают сорно-луговые виды, с участием степных.

В прибрежной зоне озера Пляжного почти на всем ее протяжении распространены, в основном узкой полосой, густые заросли кустарниковых ив, среди которых преобладает ива трехтычинковая (*Salix triandra* L., 1753), на отдельных участках с внешней их стороны – также облепихи. Последние, очевидно, берут начало от искусственных посадок. У береговой линии встречаются хвощ речной (*Equisetum fluviatile* L., 1753), кипрей волосистый (*Epilobium hirsutum* L., 1753), зюзник европейский (*Lycopus europaeus* L., 1753), осока ложносытевидная (*Carex pseudocyperus* L., 1753), череда олиственная (*Bidens frondosa* L., 1753) – инвазивный вид. На мелководье распространены густые заросли тростника обыкновенного (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud., 1841), рогоза узколистной (*Typha angustifolia* L., 1753), осок (*Carex* spp.) Мелководье пляжной зоны на юго-востоке свободно от растительности.

В воде и на ее поверхности обычны водные растения: рдесты (*Potamogeton* spp.), инвазивный вид элодея канадская (*Elodea canadensis* Michx., 1803), образующие густые заросли ряска маленькая (*Lemna minor* L., 1753) и ряска трехдольная (*L. trisulca* L., 1753), роголистник погруженный (*Ceratophyllum demersum* L., 1753), сальвиния плавающая (*Salvinia natans* (L.) All., 1785).

Таким образом, значительная часть территории водоохранной зоны представлена пустырями, относящимися к долгосрочному пользованию. К территории водоохранной зоны примыкают промышленные предприятия, что, безусловно, снижает эстетическую и рекреационную привлекательность водоема. На восточном берегу регистрируется точечный источник загрязнения.

Низкополнотные участки лесных культур нуждаются в дополнении, участки погибших культур – в лесовосстановлении. Необходимо благоустройство рекреационной зоны отдыха.

Основные гидрографические и гидрологические характеристики озера определены на основании натурных исследований, литературных и картографических материалов и представлены в таблице 2.

Озеро Пляжное вытянуто с севера на юг с тенденцией сужения в южной оконечности (рис. 3). Наибольшая ширина (385 м) водоема – в средней его части. Берега слабо изрезаны;

извилистость береговой линии 1.40. Котловина озера имеет форму, близкую к параболической, с уклоном дна 50‰.

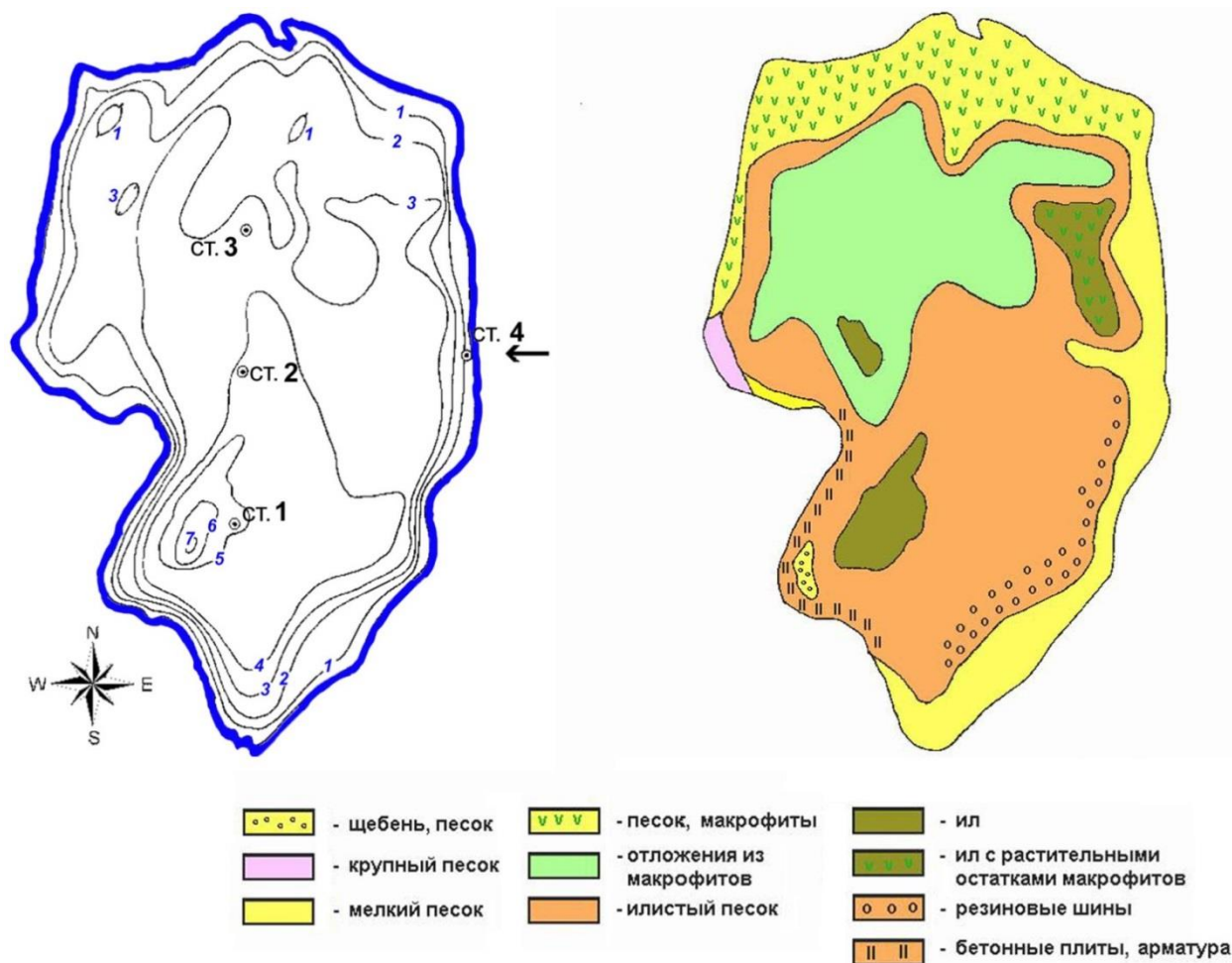


Рис. 3. Схема распределения глубин (А) и донных отложений (Б) оз. Пляжное. Условные обозначения: 1-4 – станции (вертикали) отбора проб, стрелка – точечный источник загрязнения.

Fig. 3. Schematic map of depth (А) and bottom sediment distribution (Б) for Lake Plyazhnoe. Legend: 1-4 – sampling stations, arrow – pollution source.

Озеро не имеет наземного стока. Наполнение чаши водой происходит за счет атмосферных осадков, выпадающих на зеркало водоема и на его водосборную площадь (табл. 4). Несомненно, существенное влияние оказывает и поступление подземных вод из водоносного горизонта, имеющего значительную площадь распространения и, кроме того, имеющего непосредственную гидрологическую связь с Куйбышевским водохранилищем. Уменьшение уровня озера связано с потерями воды с подземным стоком и испарением в период открытой воды. Объем водных масс озера на момент замеров глубин (июль 1999 г.) составил 487 500 м³.

Распределение глубин носит относительно сложный характер лишь в центральной части озера, в прибрежной – в общих чертах повторяет конфигурацию береговой линии. Наибольшая глубина (7.1 м) с замыкающей 7-и метровой изобатой прижата к западному берегу. Граница мелководной зоны (глубины до 1 м) практически на всем протяжении близко подходит к берегу (рис. 3А). Средняя глубина водоема 3.0 м.

Температурный режим водных масс оз. Пляжное типичен для малых водоемов. В июле вода в период исследований максимально прогревается (+23.2-23.8°C),

существенных различий в температуре воды по акватории и глубине озера в летний период не наблюдается (рис. 4). К октябрю температура снижается до $+13.4-14.2^{\circ}\text{C}$, а в подледный период в поверхностных слоях падает до $+0.2^{\circ}\text{C}$, в придонных – до $+2.6-3.2^{\circ}\text{C}$.

Таблица 4. Среднегодовые величины элементов водного баланса оз. Пляжное.

Table 4. Average annual values of water balance elements of Lake Plyazhnoe.

Приход			Расход		
Элементы баланса	значения		Элементы баланса	значения	
	м ³ /год	%		м ³ /год	%
Поверхностный приток, W_{Π}	86400	52.9	Испарение с водной поверхности, $W_{И}$	89600	54.9
Осадки на зеркало озера, $W_{О}$	76800	47.1	Грунтовый сток, $W_{Г}$	73600	45.1
Всего, Q	163200	100	Всего	163200	100

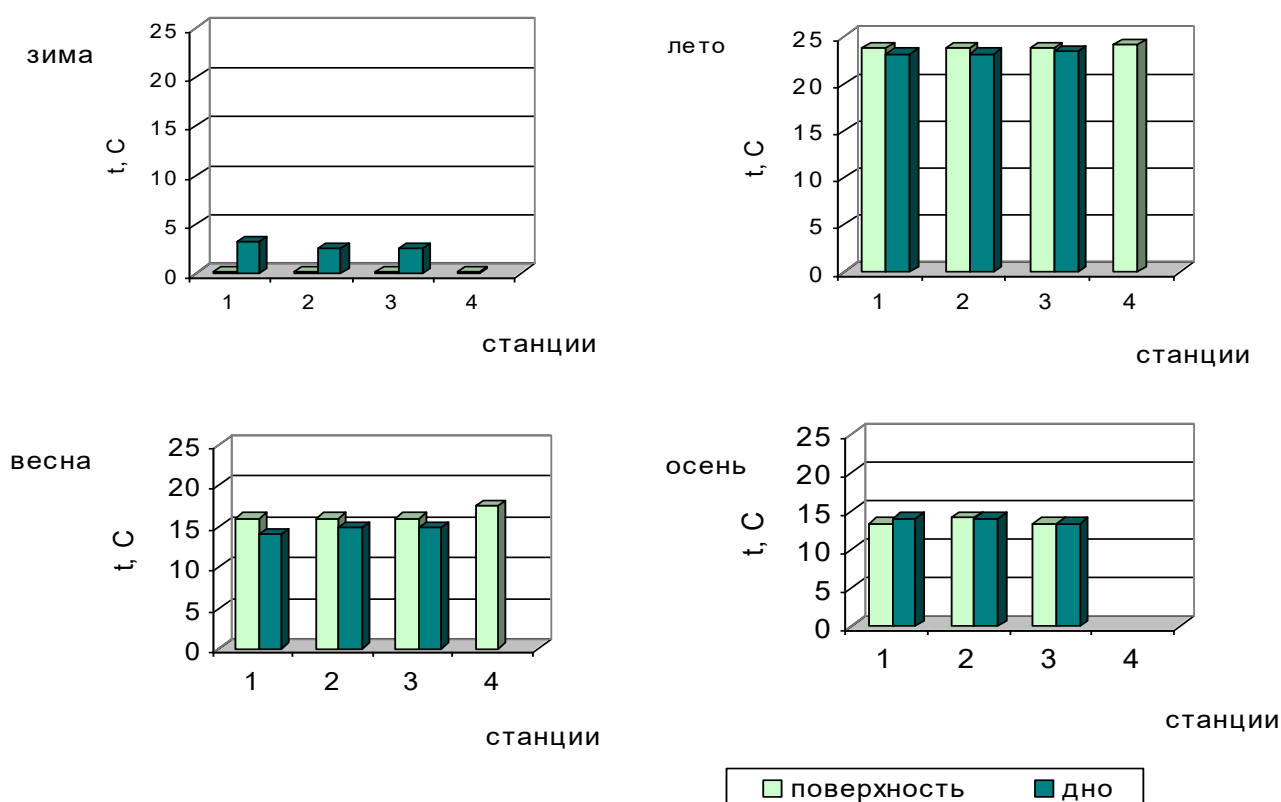


Рис. 4. Изменение температуры воды в оз. Пляжное.

Fig. 4. Water temperature changes in Lake Plyazhnoe.

Донные отложения оз. Пляжное представлены разновидностями песчаной фракции (тонкозернистый песок, заиленный песок, песок с растительными остатками), илистыми осадками; значительная часть площади дна покрыта толщей остатков макрофитной растительности. Прибрежная полоса юго-западной части озера завалена строительным

мусором (бетонными плитами, арматурой). На глубине 3-4 м вдоль юго-восточной части берега находятся скопления отработанных резиновых покрышек (рис. 3Б).

Гидрохимическая характеристика. Общесанитарные показатели состояния озера свидетельствуют об относительно благополучном состоянии водоема. Вода достаточно прозрачна – выше 100 см (табл. 2).

Кислородный режим в целом для водоема благоприятный, за исключением подледного периода, когда во всей толще воды наблюдался дефицит растворенного кислорода (0.44-1.69 мг/л) и присутствие небольших количеств сероводорода (0.014-0.032 мг/л). Содержание кислорода ниже норматива также обнаружено летом в придонном горизонте на станции 1 (2.56 мг/л), что связано с расходом его на окислительные процессы органического вещества и недостаточным насыщением воды растворенным кислородом из-за слабого перемешивания водных масс в летний период. При открытой воде диапазон изменений содержания кислорода находился в пределах 6.17-17.24 мг/л (58-196% насыщения) в поверхностных горизонтах и 4.64-10.82 мг/л (40-104% насыщения) – в придонных (рис. 5).

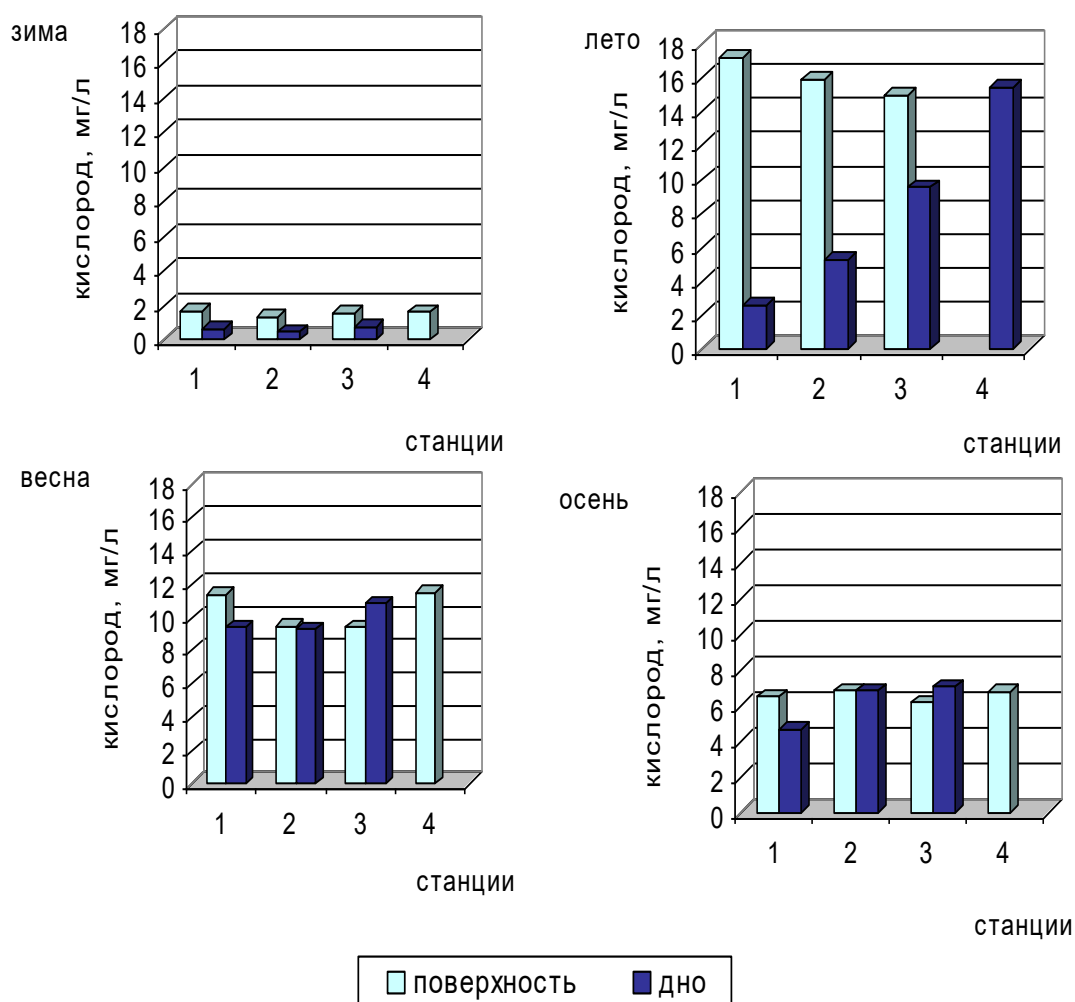


Рис. 5. Изменение концентраций растворенного кислорода в воде оз. Пляжное.

Fig. 5. Changes in oxygen concentrations dissolved in the water of Lake Plyazhnoe.

Величина pH свидетельствует о смещении реакции воды в слабощелочную сторону: в поверхностном слое pH изменялась в пределах 7.70-8.64, в придонном – от 7.58 до 8.25 при среднем значении 8.37 и 7.92 соответственно (рис. 6).

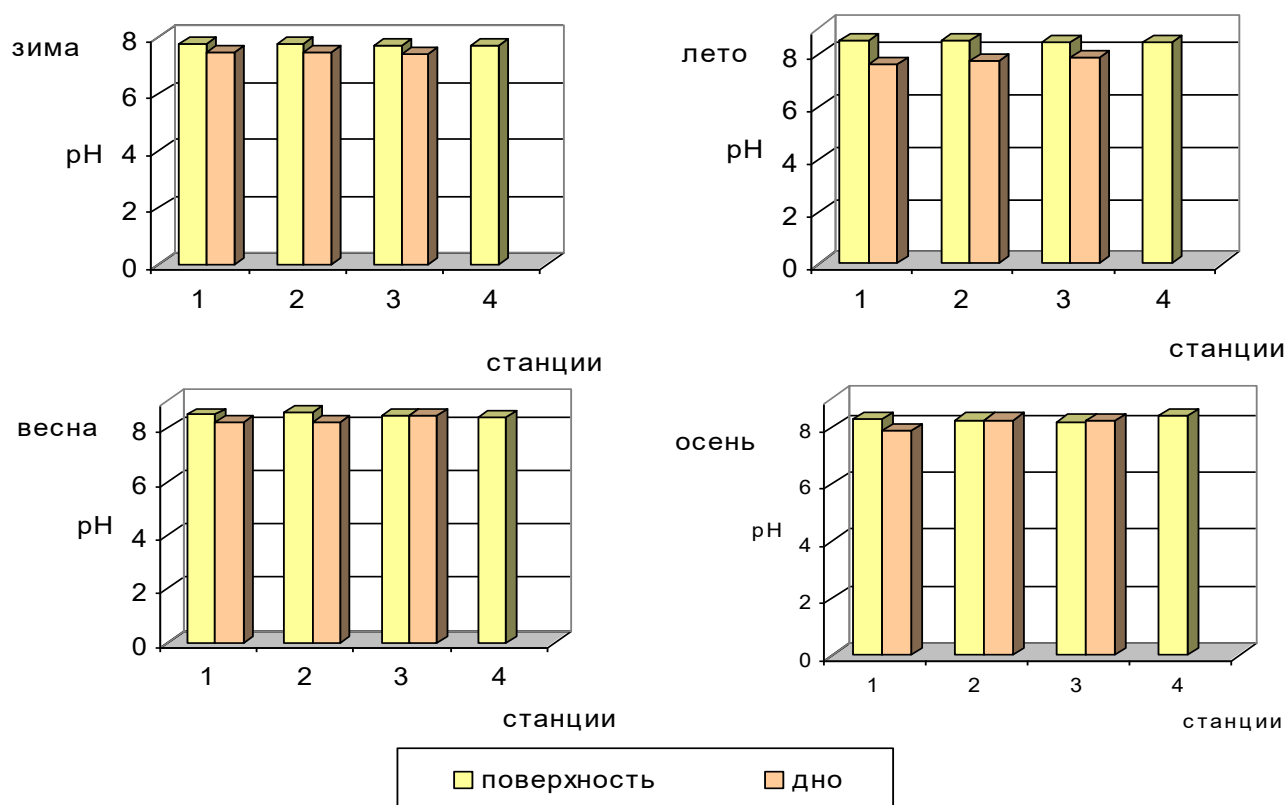


Рис. 6. Изменение величины pH воды оз. Пляжное. **Fig. 6.** pH changes of Lake Plyazhnoye.

По общей минерализации водная масса озера однородна; средние ее значения для поверхностного слоя – 256 мг/л, для придонного – 258 мг/л, что свидетельствует о хорошем перемешивании водных масс и слабом влиянии подземного водоносного горизонта на придонные слои воды водоема. По соотношению главных ионов вода озера относится к гидрокарбонатному классу и кальциевой группе; по величине общей жесткости (3.7 мг-экв./л) характеризуется как умеренно жесткая.

Концентрации общего органического вещества (ОВ) во всей водной толще не превышают показателей допустимых концентраций для вод культурно-бытового водопользования (ПДКк-б), за исключением летнего времени. Именно этот тип (далее – ПДК, без уточнения) применяется в данной работе, т.к. основное предполагаемое направление использование водоема – рекреационное. Среднегодовые концентрации органического вещества в поверхностных слоях воды по ХПК и БПКп составляли 0.75 и 0.72 ПДК, в придонных – 0.63 и 0.68 ПДК (табл. 5). В июле при наиболее интенсивном развитии фитопланктона значения ОВ достигают 1.1-1.3 ПДК. В этот период года и содержание его легкоокисляемой фракции (БПК) также выше нормативов в 1.5-1.8 раз (рис. 7).

Биогенными элементами (минеральные формы азота, фосфаты, железо) вода обеднена.

Концентрации фосфатов во всей водной толще в летне-осенний сезон ниже предела обнаружения (< 0.016 мг/л); некоторое их накопление (0.06-0.82 мг/л) происходит в зимне-весенний период за счет высвобождения минеральных форм фосфора при минерализации органических веществ на границе вода – донные отложения. Средние концентрации фосфатов находятся в пределах 0-0.36 мг/л в поверхностном горизонте и 0-0.82 мг/л у дна (табл. 5).

Минеральные формы азота (N-NO_2 , N-NO_3 , N-NH_4) присутствовали в низких концентрациях – значительно менее ПДК, особенно летом и осенью. Содержание нитритного

азота в летний период в поверхностном слое находилось в пределах 0.02-0.09 ПДК, в придонном – 0.04-0.05 ПДК; зимой, соответственно, 0.40-0.51 и 0.32-0.35 ПДК; в среднем за период наблюдений концентрация нитритного азота составила 0.14 ПДК. Содержание нитратного азота во все сезоны года не превышало сотых долей ПДК. Изменение величин аммонийного азота в среднем по акватории озера составило 0.19 ПДК, у дна – 0.26 ПДК, максимум концентрации (0.86 ПДК) – зимой в придонном горизонте (ст. 1) южной части водоема (табл. 5; рис. 7).

Таблица 5. Состояние загрязнения воды оз. Пляжное. **Table 5.** Water contamination of Lake Plyazhnoye.

№ п/п	Наименование загрязняющих веществ и показателей загрязнения	Горизонт	Содержание за период наблюдений (в ПДК)	
			Среднее значение	Пределы изменения
1	БПК _п	Поверхностный придонный	0.72 0.68	0.17-1.71 0.10-1.83
2	ХПК		0.75 0.63	0.25-1.30 0.10-1.17
3	Марганец		0.53 0.84	0.20-1.10 0.40-1.70
4	Нефтепродукты		0.44 0.38	0.00-1.50 0.00-0.80
5	Азот аммонийный		0.19 0.26	0.09-0.36 0.11-0.86
6	Железо		0.29 0.46	0.13-0.60 0.27-0.90
7	Свинец		0.17 0.19	0.07-0.23 0.03-0.57
8	Цинк		0.02 0.03	0.00-0.07 0.00-0.15
9	Медь		0.01 0.01	0.00-0.02 0.00-0.04
10	Кадмий		0.10 0.10	0.00-0.20 0.00-0.20
11	Фосфаты, мг/л		0.06 0.13	0.00-0.36 0.00-0.82
12	Растворенный кислород, мг/л		8.73 5.59	1.30-17.24 0.44-10.82
13	Растворенный кислород, % насыщения		91 55	9-196 3-107
14	Сероводород, мг/л		не обнаружено 0.014	– 0.000-0.032

Примечания к таблицам 5 и 6: α-ГХЦГ, γ-ГХЦГ, ДДЭ, ДДТ не обнаружены.

Notes to Tables 5 and 6: α-HCH, γ-HCH, DDE and DDT were not found.

Низкое содержание основных биогенных элементов в озере связано, в том числе, с отсутствием интенсивного «цветения» водоема. Растворенные формы азота и фосфора

используются в процессах продуцирования высшей водной растительности, с последующим накоплением этих веществ в донных отложениях после отмирания и разложения водных растений в осенне-зимний период.

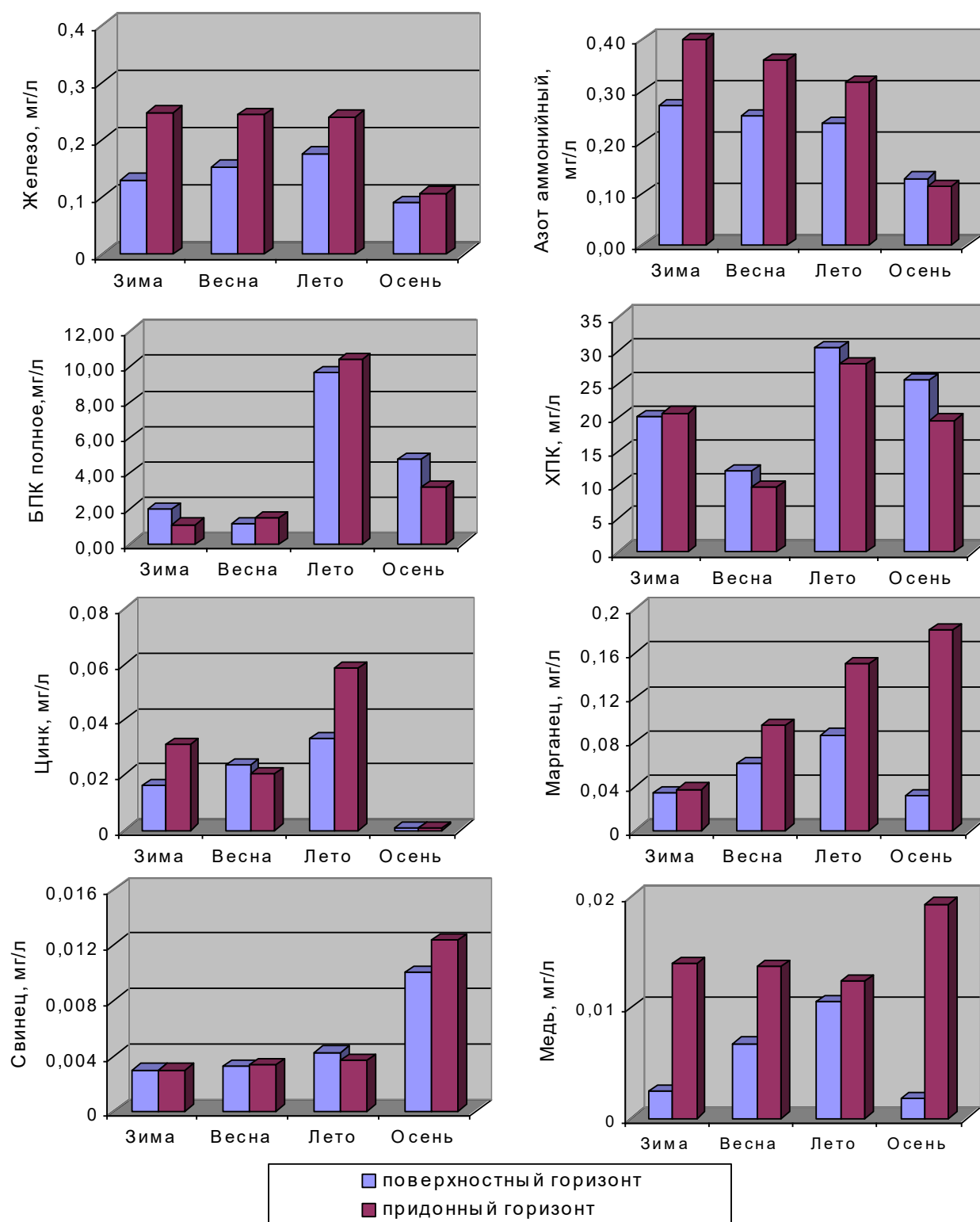


Рис. 7. Концентрации химических веществ в воде оз. Пляжное.

Fig. 7. Chemicals concentration in Lake Plyazhnoe.

Количество железа во все сроки наблюдений в поверхностных слоях находилось в пределах 0.13-0.60 ПДК, в придонных – 0.27-0.90 ПДК (табл. 5; рис. 7). Во временном интервале наибольшее количество железа наблюдалось летом в поверхностном горизонте (0.8-0.9 ПДК), минимальное – осенью во всей водной толще (0.29-0.36 ПДК).

Содержание микроэлементов (медь, цинк, свинец, кадмий) в воде значительно ниже ПДК (табл. 5), за исключением марганца, концентрации которого в летний период в придонном горизонте на всех станциях превышают ПДК в 1.4-1.7 раз, в поверхностном – соответствуют уровню ПДК (рис. 7) в прибрежной части водоема (ст. 4). Содержание меди и цинка, соответственно, ниже ПДК в 30-50 и 100 раз. Концентрации свинца составляют 0.07-0.23 ПДК в поверхностных слоях и 0.03-0.57 у дна, средние значения – 0.17 и 0.19 ПДК.

Из прочих исследуемых загрязняющих веществ (нефтепродукты, фенолы, СПАВ, хлорорганические соединения) концентрации выше ПДК регистрируются только для нефтепродуктов. В поверхностных слоях воды их содержание в летне-осенний сезоны составляет 1.1-1.4 ПДК с максимальным значением 1.5 ПДК на станции 4. В остальные сезоны на всей акватории озера величины концентраций нефтепродуктов не достигают ПДК. Средние их значения лежат в пределах от 0 до 1.5 для поверхностного слоя и 0-0.80 ПДК для придонного (табл. 5). Поступление нефтепродуктов связано, главным образом, с поверхностным смывом с площади бассейна, с окружающих озеро с южной и западной сторон автомобильных трасс и с точечным источником загрязнения, в воде которого концентрация нефтепродуктов достаточно высока: от 5.7 до 32.7 ПДК (рис. 8).

В небольших количествах (0.011-0.015 мг/л) присутствуют СПАВ; хлорорганические пестициды и фенолы не обнаружены.

К основным веществам, которые накапливаются в водных массах водоема и превышают в разной степени нормативы, относятся органические соединения (1.17-1.83 ПДК), марганец (1.10-1.70 ПДК) и нефтепродукты (до 1.5 ПДК).

В донных отложениях накоплены значительные количества микроэлементов, таких как железо, марганец, хром, цинк, в меньшей степени – медь, никель, свинец и кобальт. Среднее содержание железа в донных осадках (для сухого грунта) составило 15863 мг/кг с.г., максимальное – 23700 мг/кг с.г., марганца, соответственно, 320 и 527 мг/кг с.г., цинка – 72 и 148.9 мг/кг с.г., хрома – 58 и 115 мг/кг с.г., меди – 30 и 61.8 мг/кг с.г., никеля – 28 и 49.1 мг/кг с.г., свинца – 22 и 45.9 мг/кг с.г. и кобальта – 6 и 9,5 мг/кг с.г. Наиболее загрязнены металлами донные отложения на станции 2, как результат влияния стоков (рис. 3А; табл. 6).

По накоплению металлов состояние донных отложений оценивается как «чрезвычайная экологическая ситуация» (табл. 7). Вместе с тем следует отметить, что состояние донных отложений принято характеризовать прежде всего, содержанием тяжелых металлов и нефтепродуктов. При этом в основу всех методик положено сравнение фактического содержания элемента с его ПДК (либо кларком) в почве. В то же время для донных отложений отсутствует понятие «предельные допустимые концентрации». Это связано с санитарно-токсикологической сущностью данного показателя, что значительно затрудняет представление смысла термина «загрязнение» (Фокин, Фрумин, 2011). Следует помнить, что, металлы в природной среде, особенно в донных отложениях, пребывают в постоянной миграции. В естественных водоемах большая часть тяжелых металлов накапливается в донных отложениях. Сорбция тяжелых металлов донными отложениями определяется особенностями их состава и содержанием органических веществ, когда концентрация металлов в донных отложениях может на несколько порядков превышать их содержание в воде (Панин, 2011). Для поиска выхода из ситуации на сегодняшний день в работах зарубежных и отечественных авторов для оценки качества донных отложений используется триадный подход, который включает изучение состояния бентосного сообщества, показателей

биотестирования и геохимических характеристик в донных отложениях (Томилина и др., 2008; Березина, Петухов, 2023).

В соответствии с критериями ИЗВ (табл. 8), вода оз. Пляжное характеризуется высокими показателями, т.е. «очень чистая» и «чистая». «Очень чистая» вода I класса отмечена зимой для поверхностного слоя, «чистая» II класса – в весенне-летне-осенний периоды во всей толще и зимой в придонном слое. И только вода придонного горизонта станции 1 осенью относилась к III классу – «умеренно загрязненная» (табл. 9; рис. 9-10).

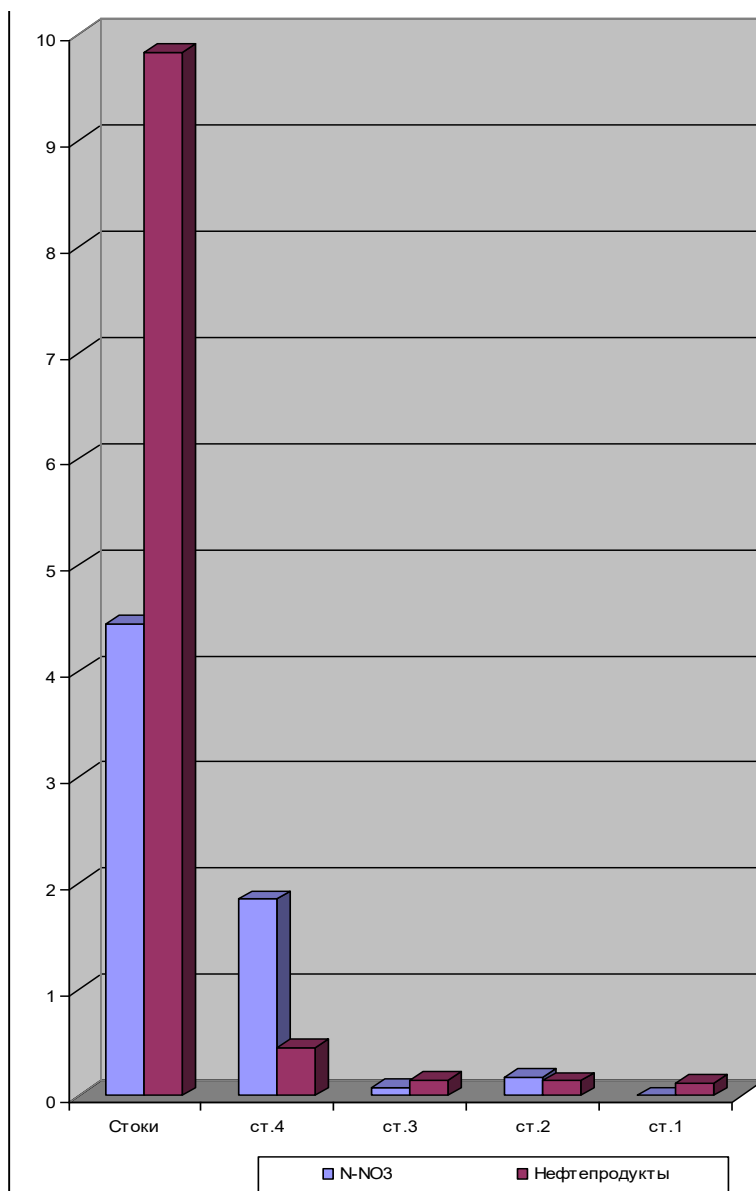


Рис. 8. Влияние сточных вод на содержание нефтепродуктов и нитратного азота в поверхностном слое воды оз. Пляжное. **Fig. 8.** The influence of waste water on the petroleum products and nitrate nitrogen in the surface layer of Lake Plyazhnoe.

Концентрации некоторых химических веществ в озере незначительно отличаются от их природных (фоновых) значений. Так, содержание таких компонентов, как марганец и органические соединения, превышают их фоновые величины не более чем в 1.2 раза. Накопление аммонийного и нитратного азота превышает фон в 1.8-3.9 и 1.9-4.0 (табл. 10).

В целом оз. Пляжное по всем контролируемым показателям в воде оценивается как водоем с относительно удовлетворительной экологической ситуацией.

Гидробиологическая характеристика озера включает данные качественного и количественного состава его фитопланктона, зоопланктона, бактериопланктона и зообентоса, а также результаты сапробиологического анализа, которые указывают на степень загрязнения водоема органическими веществами.

Фитопланктон. Всего за исследуемый период в фитопланктоне озера зарегистрировано 123 вида, форм и разновидностей водорослей. Среди них 66 видов составляют зеленые, 16 – цианопрокариоты, 13 – пирифитовые, 11 – диатомовые, 9 – эвгленовые, по 4 вида – желто-зеленые и золотистые водоросли (рис. 11).

В сезонной динамике фитопланктона минимальные количественные показатели наблюдаются *весной* (средняя численность – 0.2 млн. кл./л, биомасса – 0.009 г/м³). Доминируют по численности цианопрокариоты *Microcystis pulverea* (H.C. Wood) Forti, 1907, составляя 60% от общей численности водорослей. Наибольшая биомасса – у диатомовых (58%).

Таблица 6. Содержание некоторых загрязняющих веществ в донных отложениях оз. Пляжное.
Table 6. Content of some pollutants in the bottom sediments of Lake Plyazhnoe.

№ п/п	Наименование веществ	Концентрация, мг/кг с.г.			
		Средняя по водоему	№ станции		
			1	2	3
1	Железо	15863	8390	27300	11900
2	Марганец	320	200	527	232
3	Цинк	72	32.1	148.9	35.9
4	Хром общ.	58	321	115.4	27.7
5	Медь	30	10.2	61.8	14.7
6	Никель	28	16.6	49.1	17.8
7	Свинец	22	9.3	45.9	11.8
8	Кобальт	6	4.3	9.5	3.5
9	Кадмий	1	1.0	1.1	0.45

Летом преобладают зеленые и пирифитовые водоросли. Высокое видовое разнообразие представителей мелких зеленых водорослей обуславливает 52% от их общей численности, тогда как крупные размеры пирифитовых определяют биомассу, составляющую более 50% от общей биомассы водорослей. Высокие показатели биомассы составляют два вида пирифитовых: *Ceratium hirundinella* (O.F. Müller) Dujardin, 1841 (олигосапробный вид, индикатор чистых вод) и *Parvodinium pusillum* (Penard) Carty, 2008 (олиго-β-мезосапробный вид). Средние показатели биомассы водорослей летом составляют 1.05 г/м³, численности – 5.5 млн. кл./л (при максимальных величинах в августе: 12.2 тыс. кл./л и 5.1 г/м³). Биомасса водорослей к началу осени обусловлена диатомовыми *Fragilaria crotonensis* Kitton, 1869.

Осенью средние значения численности и биомассы снижаются до 2.5 млн. кл./л и 0.5 г/м³. В фитопланктоне преобладают зеленые водоросли.

Коэффициент сапробности в среднем за сезон составил 1.58, что соответствует олиго-бета-мезосапробному типу водоема, классу качества II воды (табл. 11).

Цианопрокариоты, несмотря на высокую их численность весной, имеют небольшие размеры клеток и не вызывают цветения воды.

Концентрация хлорофилла «а» в воде озера в среднем за сезон составила 7.2 ± 3.5 мг/м³ при максимальном значении 24.69 мг/м³, что относит водоем к мезотрофному типу (табл. 11).

Отмечен максимум концентрации хлорофилла «а» в донных отложениях в конце августа. Причиной этому служит снижение концентраций кислорода в придонном горизонте и, соответственно, низкая деструкция органического вещества в донных отложениях.

В донном горизонте в зимний период анаэробные процессы преобладают над аэробными, в результате чего наблюдаются заморные явления. Состояние придонной части озера соответствует также мезотрофному состоянию озера.

Судя по фитопланктону, качество воды в течение вегетационного периода соответствует классу качества II – «чистая», экологическое состояние озера – «относительно удовлетворительное».

Таблица 7. Критерии оценки экологического состояния оз. Пляжное по гидрохимическим показателям. **Table 7.** Criteria for assessing the ecological state of Lake Plyazhnoe based on its hydrochemical indicators.

№ п/п	Показатели	Параметры	Экологическое состояние
1	Запахи, привкусы, в баллах: – поверхностный горизонт, – придонный горизонт	1, 2	Относительно удовлетворительное
2	Плавающие примеси: – нефть и нефтепродукты	Отсутствие	–
3	Реакция среды, pH	8.3	Относительно удовлетворительное
4	Растворенный кислород, % насыщения: – поверхностный горизонт, – придонный горизонт	91, 55	Относительно удовлетворительное
5	Биогенные вещества: – нитриты (NO ₂), ПДК, – нитраты (NO ₃), ПДК, – соли аммония (NH ₄), ПДК	<1, <1, <1	Относительно удовлетворительное
	– фосфаты (PO ₄), мг/л: – поверхностный горизонт, – придонный горизонт	0.06, 0.13	Относительно удовлетворительное
6	КДА (коэффициент донной аккумуляции): – марганец, – железо, – медь, – кобальт, – никель, – цинк, – свинец, – кадмий	$5.0 \cdot 10^3$, $6.4 \cdot 10^4$, $1.4 \cdot 10^4$, $4.0 \cdot 10^4$, $9.3 \cdot 10^3$, $2.2 \cdot 10^4$, $3.6 \cdot 10^4$, $3.9 \cdot 10^3$	Чрезвычайная экологическая ситуация

Зоопланктон. Его видовой состав относительно беден. В течение вегетационного сезона отмечены в озере 10 видов коловраток, 6 – ветвистоусых, 5 – веслоногих ракообразных (рис. 12). Все виды являются типичными планктонными представителями водоемов Среднего Поволжья.

Максимальная численность зоопланктона отмечена в весенний период – 417.6 тыс. экз./м³ за счет активного размножения коловраток, а высокая летняя биомасса (2.09 г/м³) обусловлена доминированием крупных ветвистоусых ракообразных. Осенью при снижении температуры воды численность и биомасса зоопланктона уменьшаются до 48.8 тыс. экз./м³, 0.25 г/м³, соответственно (рис. 13). Видовое разнообразие зоопланктона также снижается к осени. Индексы видового разнообразия зоопланктона, рассчитанные по численности планктеров, изменяются от 3.18 весной до 1.33 осенью (табл. 12).

Таблица 8. Критерии загрязненности природных вод по ИЗВ по гидрохимическим параметрам.

Table 8. WPI pollution criteria of natural water based on hydrochemical parameters.

Величина ИЗВ	Класс качества	Характеристика качества воды
менее 0.3	I	очень чистая
более 0.3 до 1.0	II	чистая
более 1.0 до 2.5	III	умеренно загрязненная
более 2.5 до 4.0	IV	загрязненная
более 4.0 до 6.0	V	грязная
более 6.0 до 10.0	VI	очень грязная
более 10	VII	чрезвычайно грязная

Таблица 9. Характеристика качества воды оз. Пляжное по химическим показателям в целом по водоему. **Table 9.** Water quality characteristics of Lake Plyazhnoe based on its chemical indicators.

Показатели качества	Горизонт	Весна	Лето	Осень	Зима	Средняя
ИЗВ	поверхностный	0.43	0.71	0.42	0.28	0.46
	придонный	0.56	0.82	0.64	0.33	0.59
Класс качества воды	поверхностный	II	II	II	I	II
	придонный	II	II	II	II	II
Характеристика качества воды	поверхностный	чистая				
	придонный					
Приоритетные загрязняющие вещества (максимально наблюдаемые концентрации в ПДК)	поверхностный	Mn (1.1)	БПК _п (1.71), н/п (1.37), ХПК (1.09)	н/п (1.5), ХПК (1.3)	Растворенный кислород (< ПДК)	–
	придонный	–	БПК _п (1.85), ХПК (1.17), Mn (1.70)	–		–

Оценка качества воды озера, полученная на основе индикаторных значений по численности и биомассе видов-индикаторов сапробности, характеризует водоем как олигосапробный весной и осенью и β-мезосапробный летом, что указывает на его переходное состояние – от «чистого» до «умеренно загрязненного».

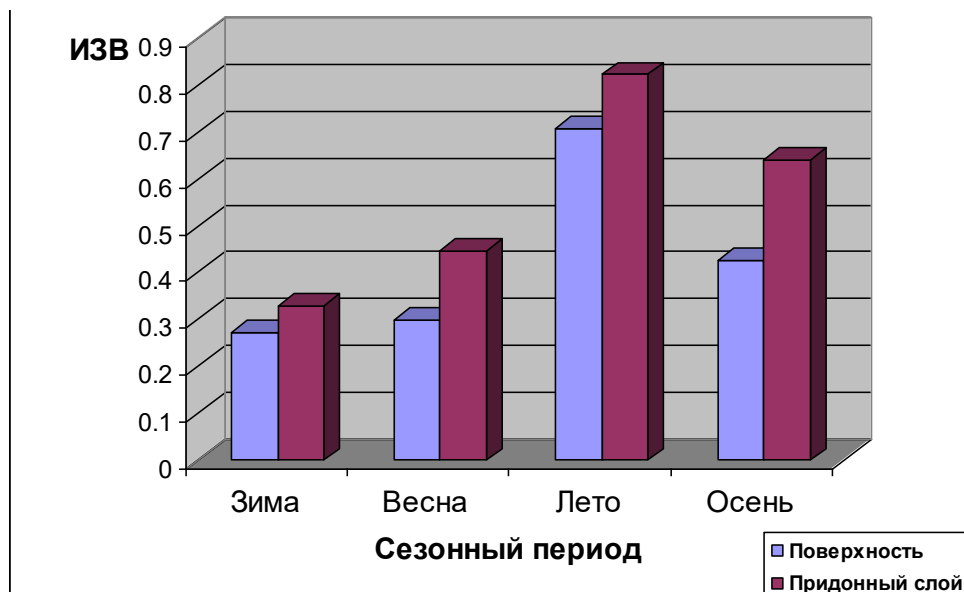


Рис. 9. Сезонная динамика индекса загрязнения воды (ИЗВ) оз. Пляжное.

Fig. 9. Seasonal dynamics of the water pollution (WPI) of Lake Plyazhnoe.

Согласно «Критериям оценки экологической обстановки ...» (1992), на основании интегральных характеристик жизнедеятельности зоопланктона, установлено, что оз. Пляжное относится к категории умеренно загрязненных водоемов, II-III класса качества воды, а экологическое состояние озера оценивается как «относительно удовлетворительное».

Зообентос. Ложе озера представлено серыми илами. Литораль озера неравномерна, узкой полосой тянется на юго-западной стороне и более широкая – на северной и северо-западной сторонах, занята слегка заиленным песком, местами с растительными остатками; на северной стороне – заросшая макрофитами.

По данным за 1991-2008 гг., в составе донной фауны зарегистрировано 123 таксона и вида (табл. 13). Из них личинки хирономид (мотыль) представлены 55 видами, личинки стрекоз и ручейников – 10-11, личинки поденок и жуков – 5. Моллюски представлены 12, из которых наибольшая частота встречаемости – у *Bithynia tentaculata* (Linnaeus, 1758). Отмечены 7 видов пиявок, из которых наибольшая частота встречаемости 23% у *Erpobdella octoculata* (Linnaeus, 1758), и 4 вида олигохет (табл. 13). Единично представлены нематоды, клещи, а также личинки некоторых двукрылых. Наибольшая встречаемость (50%) у эврибионтных личинок *Chironomus plumosus* (Linnaeus, 1758) и поденок *Caenis horaria* (Linnaeus, 1758). При оценке распределения видов на различных глубинах озера установлено, что наибольшее число видов донных гидробионтов (29 видов) отмечено в прибрежье литоральной зоны (рис. 14).

Относительно высокие весенне-летние значения биомассы зоопланктона благоприятны для размножения молоди рыб-планктофагов.

В целом для водоема доминирующими по числу видов и численности являются личинки хирономид. Высокую биомассу в бентосе (7.16 г/м²) обеспечивают личинки стрекоз (табл. 14; рис. 15).

В литоральной зоне (ст. 3), на мелководных участках (глубина – до 1.0 м) зарегистрирована максимальная численность бентоса осенью – 23040 экз./м², обусловленная развитием личинок хирономид *Cladotanytarsus mancus* и поденок, тогда как высокая биомасса весной (57.9 г/м²) обеспечивается развитием личинок стрекоз.

В районе точечного источника загрязнения (ст. 4) в бентосе регистрировались высокая

численность (17.700 экз./м²) и биомасса (33.75 г/м²) – в основном за счет развития полисапробных олигохет и личинок стрекоз (табл. 15; рис. 16). При этом индекс видового разнообразия составлял 0.21 бит/экз., что классифицирует участок озера как «очень грязный».

В сублиторали (ст. 2) на заиленных грунтах бентос представлен 18-25 видами. Среди зарослей макрофитов и в растительных остатках наблюдаются высокие численность бентоса за счет личинок хирономид (2600 экз./м²) и биомасса (6.7 г/м²), обусловленная развитием личинок стрекоз *Cardulia aenea* и моллюсков *Viviparus viviparus*. Преобладающая часть донного населения литорали и сублиторали относится к α - β -мезосапробным видам. В прибрежном мелководье литорали и в сублиторали вода «чистая», II класс качества.

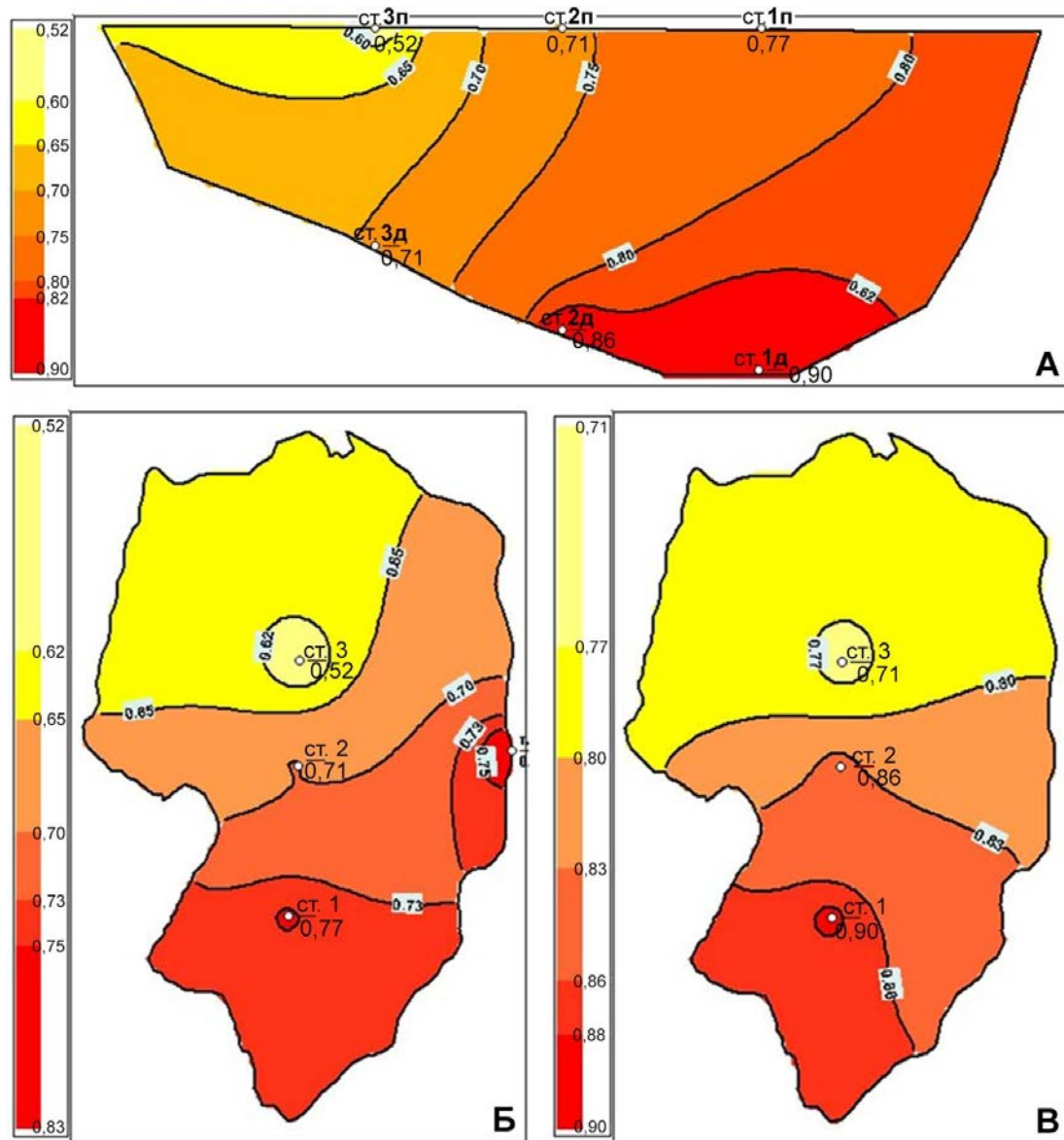


Рис. 10. Динамика химического загрязнения воды оз. Пляжное по горизонтам в летний период, оцениваемая по индексу загрязнения воды для водоемов культурно-бытового назначения. *Распределение ИЗВ:* А – по профилю озера, Б – в поверхностном горизонте, В – в придонном слое. **Fig. 10.** Dynamics of chemical pollution of Lake Plyazhnoe by water horizons in summer, assessed by WPI for water bodies of cultural and domestic purposes. *Distribution of WPI:* А – along the lake profile, Б – in the surface horizon, В – in the bottom layer.

Таблица 10. Превышение природного содержания веществ в оз. Пляжное в 1991-2008 гг.
Table 10. Exceeding values of the natural substances content in Lake Plyazhnoe in 1991-2008.

№ п/п	Наименование веществ	Горизонт	№ станции	Средняя концентрация, мг/л	Превышение природного содержания
1	Марганец	придонный	1	0.19	1.2
2	ХПК (мг О ₂ /л)	поверхностный	2	23.3	1.2
			3	22.2	1.1
			4	24.0	1.2
		придонный	3	21.3	1.1
3	Азот аммонийный	поверхностный	1	0.20	2.0
			2	0.24	2.4
			3	0.18	1.8
			4	0.19	1.9
		придонный	1	0.39	3.9
			2	0.20	2.0
			3	0.20	2.0
4	Азот нитратный	поверхностный	1	0.29	2.9
			2	0.25	2.5
			3	0.19	1.9
			4	0.40	4.0
		придонный	1	0.29	2.9
			2	0.26	2.6
			3	0.21	2.1

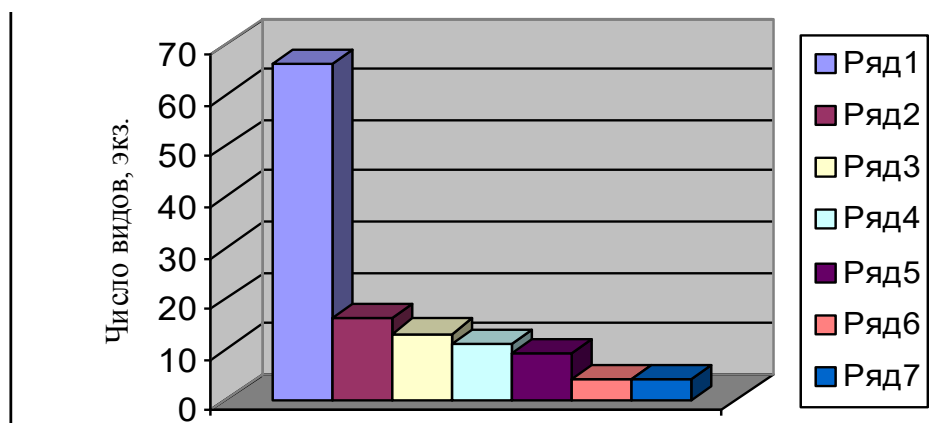


Рис. 11. Видовой состав фитопланктона оз. Пляжное. Условные обозначения: ряд 1 – зеленые (66 видов), 2 – цианопрокариоты (16), 3 – пиррофитовые (13), 4 – диатомовые (11), 5 – эвгленовые (9), 6 – желто-зеленые (4), 7 – золотистые (4). **Fig. 11.** Phytoplankton species composition of Lake Plyazhnoe. Legend: row 1 – green (66 species), 2 – cyanoprokaryotes (16), 3 – pyrophytes (13), 4 – diatoms (11), 5 – euglenophytes (9), 6 – yellow-green (4), 7 – golden (4).

Глубоководная часть озера, бенталь (глубины свыше 3 м, ст. 1) испытывает высокую антропогенную нагрузку, что приводит к резкому снижению числа видов (3-4 вида) и численности бентоса (рис. 14, 16).

Таблица 11. Основные структурные характеристики фитопланктона оз. Пляжное.**Table 11.** Main structural characteristics of phytoplankton of Lake Plyazhnoe.

№	Показатели	Сезоны			Среднее за вегетационный период
		весна	лето	осень	
1	Численность, млн. кл/л (средняя / максимальная)	0.2 / 0.38	5.5 / 12.2	2.5 / 4.3	2.7 / 12.2
2	Биомасса, г/м ³ (средняя / максимальная)	0.009 / 0.012	1.05 / 5.1	0.5 / 0.95	0.52 / 5.1
3	Доминирующие виды*	<i>Microcystis pulvere</i> (H.C. Wood) Forti, 1907, <i>Pseudanabaena limnetica</i> (Lemmermann) Komárek, 1974	<i>Fragilaria crotonensis</i> Kitton, 1869, <i>Ceratium hirundinella</i> (O.F. Müller) Dujardin, 1841, <i>Merismopedia tenuissima</i> Lemmermann, 1898	<i>M. pulvere</i> (H.C. Wood) Forti, 1907, <i>Lemmermannia tetrapedia</i> (Kirchner) Lemmermann, 1904	<i>C. hirundinella</i> (O.F. Müller) Dujardin, 1841, <i>F. crotonensis</i> Kitton, 1869, <i>M. pulvere</i> (H.C. Wood) Forti, 1907
4	Хлорофилл «а», мг/м ³ (средняя / максимальная)	3.18±0.1 / 4.35, n = 7	9.59±3.4 / 24.69, n = 10	8.6±0.002 / 8.8, n = 3	7.2±3.5 / 24.69, n = 20
5	Степень «цветения» воды	Не выражена		Слабая	Отсутствие – слабая
6	Индекс видового разнообразия Шеннона (численность / биомасса)	1.32 / 2.67	2.46 / 2.95	2.02 / 2.80	1.93 / 2.68
7	Индекс сапробности (численность / биомасса)	1.48 / 1.62	1.67 / 1.72	1.54 / 1.60	1.58 / 1.72
8	Зона сапробности	о-β-мезо-сапробная	о-β-мезо-сапробная	β-о-мезо-сапробная	о-β-мезо-сапробная
9	Класс качества воды	II – чистая			
10	Экологическое состояние водоема	Относительно удовлетворительное			

Примечание к таблице 11: *виды приведены по работе M. Guiry, D. Guiry (2026).**Notes to Table 11:** *species are given according to M. Guiry and D. Guiry (2026).

В сезонной динамике высокая численность донных организмов – 2000 экз./м² весной и значительная биомасса – 15.24 г/м² летом обеспечиваются за счет развития лимнофильных видов олигохет и личинок хирономид (*Chironomus plumosus*), характерных для мест обитания с высоким содержанием биогенных и органических веществ. Индекс видового

разнообразия Шеннона в бентали составляет 1.2 бит/экз., тогда как на мелководных участках озера индекс Шеннона высокий: 2.32-2.96 бит/экз.

В зимний период численность бентоса в бентали изменялась от 2030 до 2900 экз./м², а биомасса – от 28.5 до 46.7 г/м². Высокая биомасса обусловлена личинками мотыля, мокрецов и олигохетами. Класс качества воды в глубоководной бентали соответствует IV – вода «загрязненная».

Экологическое состояние озера на основании интегрального обобщенного показателя по состоянию бентоса соответствует «относительно удовлетворительному» (табл. 14).

Бактериопланктон. Состав бактериопланктона и его численность соизмеримы с таковыми для мезоэвтрофных озер. Выявлены индикаторные бактерии.

По показателям общей численности сапрофитных бактерий вода озера летом характеризовалась наличием таких родов, как *Micrococcus* sp., *Xantomonus* sp. и *Flavobacter* sp. Озеро способно к активному самоочищению от нетипичных (привнесенных) бактерий за счет антагонистов – бактерий-хищников.

В придонном слое выявляются клетки спорообразующих сапрофитных бактерий рода *Bacillus* (s. l.): *B. cerus* Frankland and Frankland, 1887 и *Priestia megaterium* (de Bary, 1884) Gupta et al., 2020.

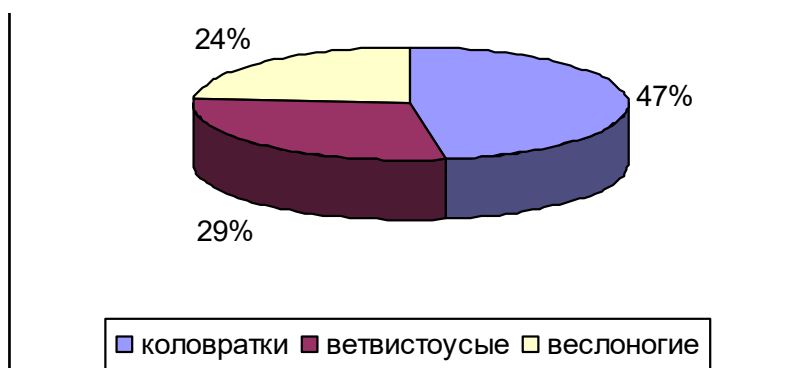


Рис. 12. Состав зоопланктона в оз. Пляжное. **Fig. 12.** Zooplankton composition of Lake Plyazhnoye.

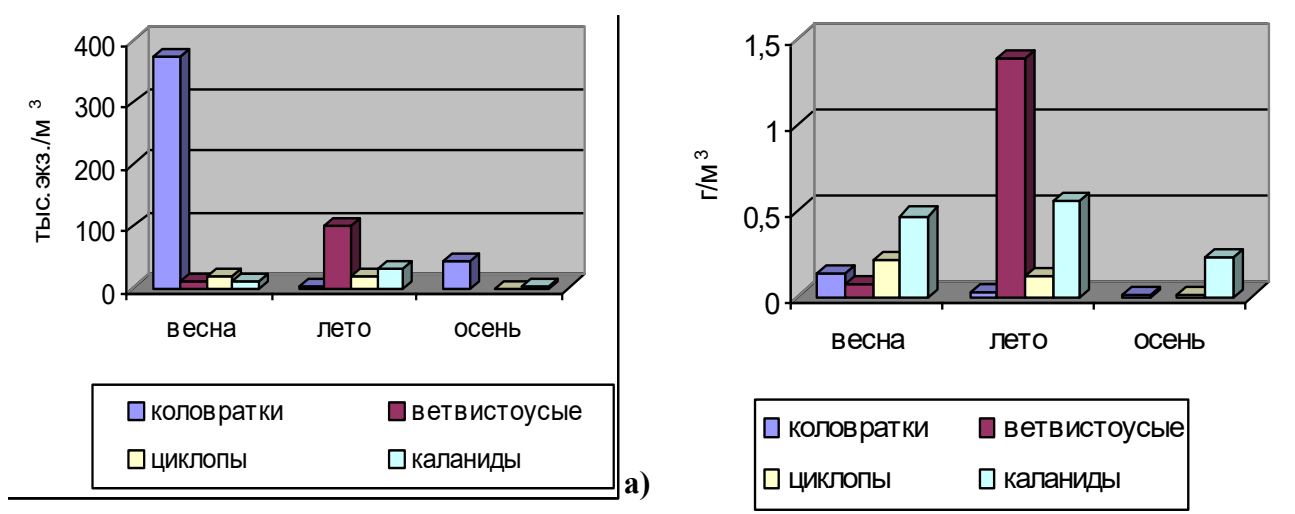


Рис. 13. Изменение численности (а) и биомассы (б) зоопланктона в течение вегетационного периода в оз. Пляжное. **Fig. 13.** Changes in zooplankton abundance (a) and biomass (б) during its growing season in Lake Plyazhnoye.

Таблица 12. Основные структурные характеристики зоопланктона в оз. Пляжное.**Table 12.** Main structural characteristics of zooplankton in Lake Plyazhnoe.

№	Показатели	Сезоны			Среднее за вегетационный период
		весна	лето	осень	
1	Численность, экз./м ³	417642	151230	48849	205907
2	Биомасса, г/м ³	0.88	2.09	0.25	1.07
3	Доминирующие виды*	<i>Keratella quadrata</i> (Müller, 1786), <i>Conochilus</i> sp., <i>Thermocyclops oithonoides</i> (G.O. Sars, 1863), <i>Eudiaptomus gracilis gracilis</i> (G.O. Sars, 1863)	<i>Daphnia cucullata</i> G.O. Sars, 1862, <i>Diaphanosoma brachiurum</i> (Liévin, 1848), <i>E. gracilis gracilis</i> (G.O. Sars, 1863)	<i>K. cochlearis</i> (Gosse, 1851), <i>K. quadrata</i> (Müller, 1786), <i>Testudinella</i> sp., <i>E. gracilis gracilis</i> (G.O. Sars, 1863)	<i>Da. cucullata</i> G.O. Sars, 1862, <i>Di. brachiurum</i> (Liévin, 1848), <i>E. gracilis gracilis</i> (G.O. Sars, 1863)
4	Соотношение основных групп, % (численность / биомасса): – коловратки, – ветвистоусые, – циклопы, – каланиды	89.5 / 14.7, 2.9 / 8.4, 4.8 / 23.6, 2.8 / 53.3	1.5 / 1.6, 65.2 / 65.93, 13.7 / 5.8, 19.6 / 26.6	92.2 / 5.2, –, 0.6 / 1.5, 7.2 / 93.3	68.2 / 5.5, 17.9 / 45.0, 6.7 / 10.3, 7.2 / 39.2
5	Индексы видового разнообразия Шеннона (численность / биомасса)	3.18 / 1.81	2.96 / 3.02	1.33 / 1.88	2.49 / 2.23
6	Индексы сапробности (численность / биомасса)	1.64 / 1.22	1.70 / 1.55	1.21 / 1.44	1.51 / 1.40
7	Зона сапробности	Олигосапробная	β-мезо-сапробная	Олиго-сапробная	о-β-мезосапробная
8	Класс качества воды	II – чистая	III – умеренно-загрязненная	II – чистая	II-III – чистая – умеренно-загрязненная
9	Экологическое состояние водоема	Относительно удовлетворительное			

Примечание к таблице 12: *виды приведены по «WoRMS Editorial Board» (2026).**Notes to Table 12:** *species are listed according to “WoRMS Editorial Board” (2026).

Кишечная палочка выделяется в основном в нормативно допустимых количествах. Санитарное состояние водоема, оцениваемое по коли-индексу, в основном соответствует нормативным требованиям (табл. 16). При единичных отборах проб воды на исследование в июне по содержанию лактозоположительной кишечной палочки зарегистрировано превышение действовавших гигиенических нормативов (СанПиН 4630-88, 1994) в 5 раз (табл. 17), при наличии положительной сезонной тенденции.

Таблица 13. Таксономический состав и частота встречаемости (в %) видов макрозообентоса в оз. Пляжное в 1991-2008 гг. **Table 13.** Taxonomic composition and frequency of occurrence (in %) of macrozoobenthos species in Lake Plyazhnoe in 1991-2008.

Виды и таксоны	Частота встречаемости	Виды и таксоны	Частота встречаемости
1	2	1	2
Hydrozoa (1)			
Hydrida fam. et gen. sp.	2		
Nematoda (1)			
Nematoda fam. et gen. sp.	23		
Mollusca (12)			
Gastropoda			
<i>Ampullaceana intermedia</i> (Lamarck, 1822)	5	<i>Lymnaea</i> (s. l.) sp.	7
<i>Bithynia tentaculata</i> (Linnaeus, 1758)	11	<i>Planorbis</i> sp.	2
<i>Lymnaea stagnalis</i> (Linnaeus, 1758)	2	<i>Valvata</i> sp.	2
<i>Radix auricularia</i> (Linnaeus, 1758)	2	<i>Viviparus viviparus</i> Linnaeus, 1758	9
Bivalvia			
<i>Euglesa</i> sp.	2	<i>Sphaerium rivicola</i> (Lamarck, 1818)	5
<i>Pisidium</i> sp.	5	<i>Sphaerium</i> sp.	2
Oligochaeta (4)			
<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i> Claparede, 1862	2	<i>Stylaria lacustris</i> (Linnaeus, 1758)	2
<i>Limnodrilus</i> sp.	2	<i>Tubifex tubifex</i> (Müller, 1774)	2
Hirudinea (7)			
<i>Erpobdella nigricollis</i> (Brandes, 1900)	4	<i>Glossiphonia concolor</i> (Apathy, 1888)	2
<i>Erpobdella octoculata</i> (Linnaeus, 1758)	23	<i>Helobdella stagnalis</i> (Linnaeus, 1758)	14
<i>Erpobdella</i> sp.	4	<i>Piscicola geometra</i> (Linnaeus, 1761)	2
<i>Glossiphonia complanata</i> (Linnaeus, 1758)	4		
Arachnoidea (2)			
Agelenidae			
<i>Argyroneta aquatica</i> (Clerck, 1757)	2		
Hydrachnidia			
Hydrachna gen. sp.	14		
Insecta:			
Odonata (11)			
<i>Coenagrion hastulatum</i> (Charpentier, 1825)	2	<i>Erythromma najas</i> (Hansemann, 1823)	5
<i>Cordulia aenea</i> (Linnaeus, 1758)	7	<i>Epithea bimaculata</i> (Charpentier, 1825)	2

Продолжение таблицы 13.

1	2	1	2
<i>Enallagma boreale circulatum</i> (Selys, 1883)	2	<i>Ischnura elegans</i> (Van der Linden, 1823)	20
<i>Enallagma cyathigerum</i> (Charpentier, 1840)	5	<i>Sympecma fusca</i> (Van der Linden, 1820)	5
<i>Enallagma</i> sp.	2	<i>Sympetrum</i> sp.	2
<i>Erythromma najas humerale</i> (Selys, 1887)	2		
Ephemeroptera (7)			
<i>Baetis</i> sp.	2	<i>Centroptilum luteolum</i> Müller, 1776	5
<i>Caenis horaria</i> (Linnaeus, 1758)	50	<i>Cloeon</i> gr. <i>dipterum</i>	4
<i>Caenis macrura</i> Stephens, 1835	2	<i>Cloeon simile</i> Eaton, 1870	11
<i>Caenis robusta</i> Eaton, 1885	2		
Lepidoptera (1)			
Lepidoptera fam. et gen. sp.	4		
Heteroptera (2)			
<i>Ilyocoris cimicoides</i> (Linnaeus, 1758)	2	<i>Sigara</i> sp.	2
Coleoptera (5)			
<i>Dytiscus</i> sp.	4	<i>Ilybius</i> sp.	2
<i>Haliphus obliquus</i> (Fabricius, 1787)	2	<i>Spercheus emarginatus</i> (Schaller, 1783)	2
<i>Haliphus ruficollis</i> (De Geer, 1774)	5		
Collembola (1)			
<i>Podura aquatica</i> Linnaeus, 1758	2		
Trichoptera (10)			
<i>Agraylea multipunctata</i> Curtis, 1834	2	<i>Hydroptila</i> sp.	7
<i>Agrypnia pagetana</i> Curtis, 1835	2	<i>Leptoceris tineiformis</i> Curtis, 1834	5
<i>Athripsodes aterrimus</i> (Stephens, 1836)	4	<i>Mystacides niger</i> (Linnaeus, 1758)	4
<i>Cyrnus flavidus</i> MacLachlan, 1864	21	<i>Oecetis furva</i> (Rambur, 1842)	5
<i>Ecnomus tenellus</i> (Rambur, 1842)	2	<i>Phryganea bipunctata</i> Retzius, 1783	7
Diptera			
Psychodidae (1)			
<i>Pericoma</i> sp.	4		
Chaoboridae (1)			
<i>Chaoborus</i> sp.	18		
Culicidae (1)			
<i>Anopheles</i> sp.	2		
Ceratopogonidae (1)			
<i>Culicoides</i> sp.	39		
Chironomidae (55)			
<i>Ablabesmyia monilis</i> (Linnaeus, 1758)	4	<i>Parachironomus arcuatus</i> (Goetghebuer, 1919)	2
<i>Ablabesmyia</i> sp.	4	<i>Parachironomus varus</i> (Goetghebuer, 1919)	9

Продолжение таблицы 13.

1	2	1	2
<i>Chironomus balatonicus</i> (Devai, Wuelker et Scholl, 1983)	2	<i>Parachironomus vitiosus</i> (Goetghebuer, 1921)	2
<i>Chironomus plumosus</i> (Linnaeus, 1758)	50	<i>Paratanytarsus confusus</i> Palmen, 1960	20
<i>Cladopelma</i> gr. <i>lateralis</i>	20	<i>Paratanytarsus inopertus</i> (Walker, 1856)	5
<i>Cladotanytarsus mancus</i> (Walker, 1856)	34	<i>Paratanytarsus intricatus</i> (Goetghebuer, 1921)	5
<i>Corynoneura celeripes</i> Winnertz, 1852	2	<i>Paratanytarsus</i> gr. <i>lauterborni</i>	14
<i>Corynoneura lobata</i> Edwards, 1924	2	<i>Paratanytarsus tenuis</i> (Meigen, 1830)	4
<i>Corynoneura</i> sp.	2	<i>Paratanytarsus</i> sp.	9
<i>Cricotopus bicinctus</i> (Meigen, 1818)	4	<i>Polypedilum bicrenatum</i> Kieffer, 1921	9
<i>Cricotopus</i> gr. <i>cylindraceus</i>	2	<i>Polypedilum convictum</i> (Walker, 1856)	4
<i>Cricotopus</i> gr. <i>sylvestris</i>	30	<i>Polypedilum nubeculosum</i> (Meigen, 1804)	27
<i>Cryptochironomus</i> gr. <i>defectus</i>	14	<i>Polypedilum sordens</i> (Wulp, 1875)	30
<i>Cryptochironomus obreptans</i> (Walker, 1856)	23	<i>Procladius choreus</i> (Meigen, 1804)	7
<i>Dicrotendipes nervosus</i> (Staeger, 1939)	11	<i>Procladius ferrugineus</i> (Kieffer, 1918)	2
<i>Dicrotendipes notatus</i> (Meigen, 1818)	25	<i>Procladius</i> sp.	2
<i>Dicrotendipes pulsus</i> (Walker, 1856)	2	<i>Psectrocladius</i> gr. <i>psilopterus</i>	2
<i>Endochironomus albipennis</i> (Meigen, 1830)	29	<i>Psectrocladius sordidellus</i> (Zetterstedt, 1838)	29
Chironomidae (55)			
<i>Endochironomus impar</i> (Walker, 1856)	4	<i>Stictochironomus crassiforceps</i> (Kieffer, 1922)	20
<i>Endochironomus tendens</i> (Fabricius, 1775)	2	<i>Stictochironomus histrio</i> (Fabricius, 1794)	2
<i>Endochironomus</i> sp.	2	<i>Stictochironomus rosenschoeldi</i> (Zetterstedt, 1838)	2
<i>Fleuria lacustris</i> Kieffer, 1924	16	<i>Tanytus punctipennis</i> (Meigen, 1818)	2
<i>Glyptotendipes glaucus</i> (Meigen, 1818)	29	<i>Tanytus vilipennis</i> (Kieffer, 1918)	21
<i>Glyptotendipes gripekoveni</i> (Kieffer, 1913)	11	<i>Tanytarsus</i> gr. <i>medius</i>	2
<i>Glyptotendipes pallens</i> (Meigen, 1804)	2	<i>Tanytarsus pallidicornis</i> (Walker, 1856)	2
<i>Glyptotendipes paripes</i> (Edwards, 1929)	2	<i>Tanytarsus pseudolestagei</i> Shilova, 1976	20
<i>Microchironomus tener</i> (Kieffer, 1918)	5	<i>Tanytarsus</i> sp.	34
<i>Nanocladius rectinervis</i> (Kieffer, 1911)	2	–	
Всего – 123 таксона и вида			

По показателям общего количества бактериопланктона и численности сапрофитных бактерий озеро характеризуется относительно удовлетворительным состоянием. Патогенные организмы в течение сезона наблюдений не были обнаружены.

Ихтиофауна и рыбохозяйственная оценка. Фауна рыб оз. Пляжное представлена 3 видами, что весьма характерно для малых озер подобного типа. В опытных уловах за весенне-осенний период в период исследований присутствовали взрослые особи и молодь

карася обыкновенного, или золотого *Carassius carassius* (Linnaeus, 1758) и молодь речного окуня *Perca fluviatilis* Linnaeus., 1758 при доминировании карася (табл. 18). Опросы и анализ уловов рыбаков-любителей показали, что в озере в небольшом количестве периодически встречается типичный обитатель малых водоемов – верховка *Leucaspis delineatus* (Heckel, 1843).

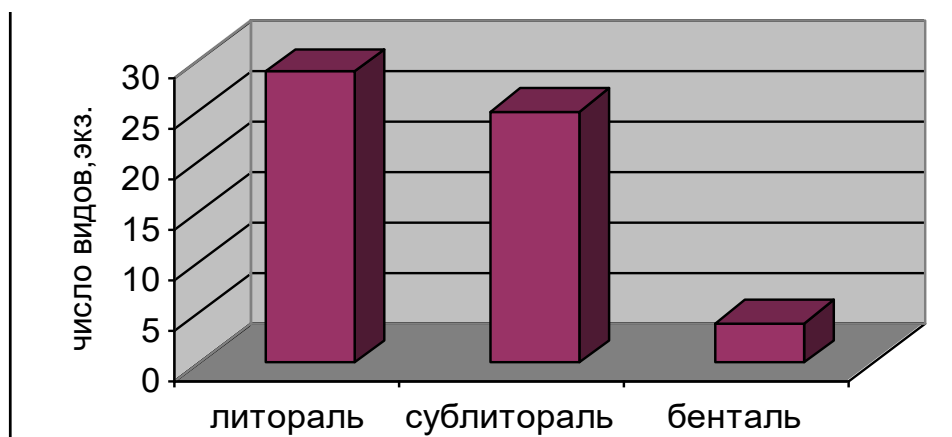


Рис. 14. Изменение числа видов макрозообентоса на различных участках оз. Пляжное.

Fig. 14. Changes in the number of macrozoobenthos species in different areas of Lake Plyazhnoe.

Таблица 14. Основные структурные характеристики и оценка экологического состояния оз. Пляжное по зообентосу. **Table 14.** Main structural characteristics and assessment of the ecological state of Lake Plyazhnoe based on its zoobenthos.

№	Показатели	Сезоны			В среднем за вегетационный период
		весна	лето	осень	
1	Численность, экз./м ² : – средняя, – максимальная	3573, 6120	1297, 1890	8220, 23040	4363, –
2	Биомасса, г/м ² : – средняя, – максимальная	29.9, 57.9	6.3, 15.2	12.3, 29.5	15.9, –
3	Доминирующие виды, группы	Олигохеты, поденки (<i>Caenis horaria</i>), личинки хирономид (<i>Tanytarsus</i> sp., <i>Chironomus plumosus</i>)	Поденки (<i>C. horaria</i>), личинки хирономид (<i>Endochironomus albipennis</i> , <i>Ch. plumosus</i>), стрекозы	Личинки хирономид (<i>Cladotanytarsus mancus</i> , <i>Polypedilum nubeculosum</i>), поденки (<i>C. horaria</i>), олигохеты	Личинки хирономид (<i>Cl. mancus</i> , <i>P. nubeculosum</i>), поденки (<i>C. horaria</i>), олигохеты, стрекозы
4	Индекс видового разнообразия Шеннона (мин.-макс.)	1.68-3.46	1.2-3.68	1.52-3.68	1.2-3.68

Продолжение таблицы 14.

№	Показатели	Сезоны			В среднем за вегетационный период
		весна	лето	осень	
5	Биотический индекс Вудивисса (литораль/сублитораль/ бенталь)	8 / 8 / 4	8 / 7 / 4	(7-8) / 7 / 4	(7-8) / (7-8) / 4
6	Индекс сапробности по численности видов (литораль/сублитораль/ бенталь)	(1.8-1.6) / (1.7-1.6) / (3.2-3.0)	(1.9-1.6) / (1.5-1.2) / (3.2-3.1)	(1.9-1.7) / (1.6-1.3) / (3.1-2.9)	(1.9-1.6) / (1.7-1.2) / (3.2-2.9)
7	Зона сапробности (литораль / сублитораль / бенталь)	β -мезо-сапробная / β -мезо-сапробная / α -мезо-сапробная	β -мезо-сапробная / α -мезо-сапробная		
8	Олигохетный индекс, % (литораль / сублитораль / бенталь)	43 / 4.6 / 45	0.8 / 4 / 2	5.2 / 8 / 40	14.4 / 1.6 / 15.1
9	Класс качества воды (литораль / сублитораль / бенталь)	II – чистая / II – чистая / IV – загрязненная			
10	Экологическое состояние водоема (литораль / сублитораль / бенталь)	Относительно удовлетворительное / относительно удовлетворительное / относительно удовлетворительное			

Выраженных патологических изменений, хронических заболеваний, связанных с загрязнением водоема, у рыб не обнаружено. Интенсивность и экстенсивность развития паразитофауны обычны для такого типа водоемов, находящихся в относительно удовлетворительном состоянии. Из паразитофауны единично встречаются представители рода *Dactylogyrus*, *Nematoda* и *Myxosporidia* у карася, *Acanthocaphala*, *Trematoda* и *Cestoda* у окуня.

Средняя биомасса рыб составляет 4.04 ± 0.91 кг/га.

В зимний период наблюдаются заморные явления, что приводит к частичной гибели окуня. По рыбохозяйственной классификации озеро относится к равнинным карасевым.

Первичная и вторичная продукция водоема довольно высоки и при минимальных мелиоративных работах его рыбопродуктивность может быть поддержана на уровне не менее 100 кг/га.

Исходя из нормативов (табл. 19) озерного рыбоводства (Справочник ..., 1983), для увеличения рыбопродуктивности (в случае использования озера для целей спортивного и любительского рыболовства) можно рекомендовать выпуск сеголетков карпа и растительноядного белого амура (в соотношении 1:1, расчетное количество около 2000 шт.), а также выпуск щуки в количестве порядка 150 шт. сеголетков на площадь озера.

В качестве мелиоративных мероприятий для устранения вероятности острых зимних заморов, хотя бы на 10% площади озера рекомендуется проведение в зимний период вмораживания связок камыша или рогоза над глубоководной частью после его выкашивания

и поддержание площади зарастания макрофитами на уровне 15-20% от общей площади водоема.

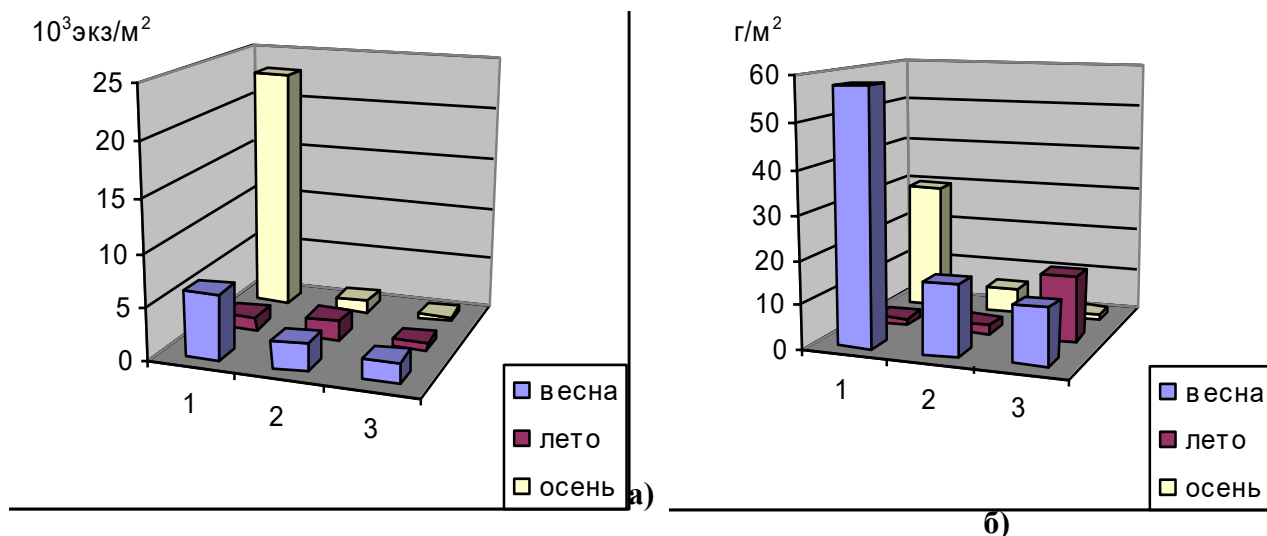


Рис. 15. Изменение численности (а) и биомассы (б) бентоса в течение вегетационного периода в оз. Пляжное. Условные обозначения: 1 – литераль, 2 – сублитераль, 3 – бенталь.
Fig. 15. Changes in benthos abundance (a) and biomass (b) during its growing season in Lake Plyazhnoe. Legend: 1 – littoral, 2 – sublittoral, 3 – benthal.

Таблица 15. Основные структурные характеристики зообентоса в районе точечного источника загрязнения оз. Пляжное. **Table 15.** Main structural characteristics of zoobenthos at the source of pollution of Lake Plyazhnoe.

Показатели	Ст. 4 (стоки)
Численность, экз./м²:	
– средняя,	10800,
– максимальная	17700
Биомасса, г/м²:	
– средняя,	18.3,
– максимальная	33.8
Доминирующие виды, группы	Олигохеты
Индекс видового разнообразия Шеннона	0.21-0.48
Биотический индекс Вудивисса	2-3
Индекс сапробности по численности видов	3.8-3.6
Зона сапробности	Полисапробная
Класс качества воды	V – грязная
Олигохетный индекс, %	85 / 97
Экологическое состояние	Чрезвычайная экологическая ситуация

Антропогенная нагрузка. Район Васильевских озер – в состав которых входит и оз. Пляжное – как фрагмент санитарно-защитного пояса северного промузла, экологически наиболее уязвим. На его территории сосредоточена значительная часть промышленных ЭКОСИСТЕМЫ: ЭКОЛОГИЯ И ДИНАМИКА, 2026, том 10, № 2

отходов города. Техногенное воздействие на озера происходит через загрязнение воздушного бассейна и почв прилегающей к ним территории.

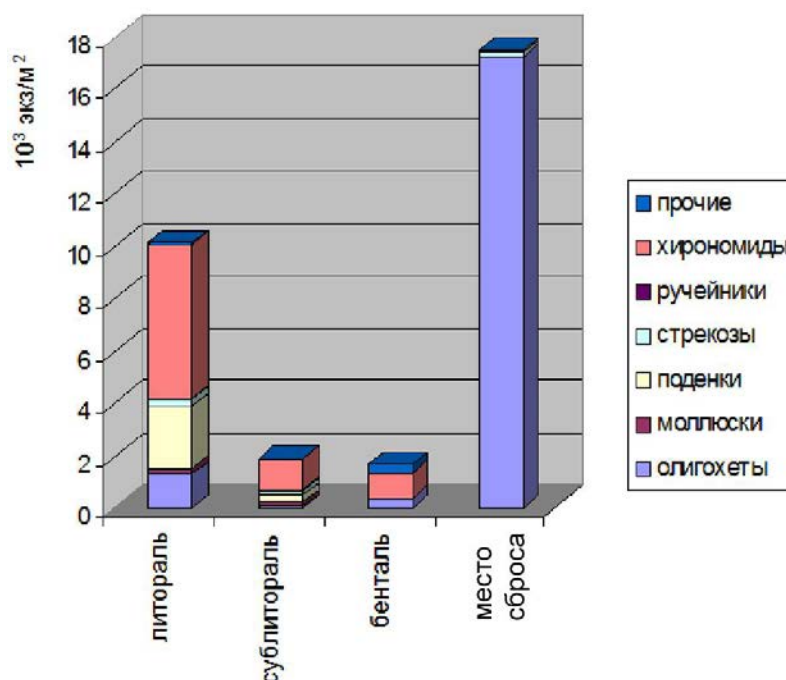


Рис. 16. Изменение численности основных групп бентоса в различных зонах оз. Пляжное.

Fig. 16. Changes in the abundance of the main benthos groups in different zones of Lake Plyazhnoe.

Таблица 16. Численность и биомасса бактериопланктона в оз. Пляжное.

Table 16. Abundance and biomass of bacterioplankton in Lake Plyazhnoe.

№	Показатели	Весна	Лето	Осень	В среднем за сезон
1	Численность, тыс. кл./мл: – поверхность, – придонный слой	560, 500	582, 420	820, 640	646, –
2	Биомасса, мг/л: – поверхность, – придонный слой	0.28, 0.23	0.24, 0.20	0.37, 0.26	–, 0.26
3	Количество сапрофитных бактерий, тыс. кл./мл: – поверхность, – придонный слой	400, 560	600, 680	700, 400	557, –

Данное озеро, в отличие от других водоемов Васильевской системы, находится в более благоприятных условиях. Оно расположено в стороне от основной цепочки озер и не имеет на своей водосборной площади отвалов промышленных отходов и огородно-дачных массивов. Негативное влияние на оз. Пляжное оказывают сточные воды расположенного на восточном берегу точечного источника загрязнения (рис. 3А). Со сточными водами

в озеро поступают химические вещества в количествах, значительно превышающих ПДК для рыбохозяйственных водоемов: содержание нефтепродуктов в стоке достигает 196 ПДК, нитритного азота – 8 ПДК, нитратного азота – 1 ПДК. Общая минерализация сточных вод выше озерных на 100-125 мг/л, в основном за счет повышенных значений сульфатов и кальция.

Определенная доля загрязнителей поступает в озеро от купающихся и рыболовов. Известно (Шамардина, 1975; Авилова и др., 1984), что за купальный сезон каждый купающийся вносит в водоем в среднем 75 мг общего фосфора и 695 мг общего азота. Кроме биогенных элементов человек в течение 10 минут купания вносит в воду более 3 млрд. сапрофитных бактерий и от 100 тыс. до 20 млн. кишечных палочек. От любительского рыболовства в течение суток от одного человека поступает 25 г взвешенных веществ, 3 г аммонийного азота, 4 г хлоридов, 1 г минерального фосфора.

Таблица 17. Бактериологические показатели качества воды оз. Пляжное.

Table 17. Bacteriological indicators of water quality in Lake Plyazhnoe.

№	Показатели	Результаты наблюдений	
		Поверхностный слой	Придонный слой
1	ЛКП-5000, кл./дм ³	7000-24000	
2	Индекс колифага, БОЕ	Не обнаружено	
3	Патогенные микроорганизмы	Не обнаружены	

Таблица 18. Основные структурные характеристики ихтиофауны оз. Пляжное.

Table 18. Main structural characteristics of the ichthyofauna of Lake Plyazhnoe.

№	Показатели	В среднем за весенне-летний период
1	Численность, экз./м ²	202±36
2	Биомасса, кг/га	4.04±0.91
3	Размерный состав, см: – колебание, – среднее	0.74-14.2, 2.06±1.35
4	Видовой состав	<i>Carassius carassius</i> (Linnaeus, 1758), <i>Perca fluviatilis</i> (Linnaeus, 1758)
5	Соотношение видов, % (численность / биомасса): – карась, – окунь	54/96, 46/4
6	Заболеваемость рыб, связанная с хроническим токсикозом	Признаки отсутствуют
7	Экологическое состояние водоема	Удовлетворительное

Отмеченные показатели антропогенного воздействия на озеро в той или иной степени оказывают влияние на качество воды и состояние его экосистемы.

Дополнительную антропогенную нагрузку в районе оз. Пляжное создает электромагнитное поле воздушных высоковольтных линий электропередачи, в первую ЭКОСИСТЕМЫ: ЭКОЛОГИЯ И ДИНАМИКА, 2026, том 10, № 2

очередь, ЛЭП-500, идущая параллельно юго-восточному участку берега. Результаты проведенных испытаний свидетельствуют о том, что в районе озера нормативные показатели напряженности электрического поля (1 кВ/м) достигаются на расстоянии не менее 20 м от линии крайнего провода ЛЭП, т.е. уже над водной поверхностью.

Таблица 19. Плотность посадки сеголетков ценных видов рыб в озера с естественным составом ихтиофауны (экз./га). **Table 19.** Stocking density of yearlings of valuable fish species in lakes with natural ichthyofauna composition (ind./ha).

Биомасса		Бентофаги	Хищники
Зоопланктон, г/м ²	Зообентос, г/м ²		
2-3	5	100-150	10
≥ 3-5	≥ 10	150-200	15

Экологическое состояние. По совокупности абиотических условий, формированию структурных и продукционных показателей биоты озера, а также по показателям качества воды оз. Пляжное относится к типичным городским водоемам Среднего Поволжья, испытывающим умеренный антропогенный пресс. Вода озера характеризуется высокой прозрачностью, благоприятным для обитания гидробионтов газовым режимом, отличается невысокими показателями цветности и концентрациями органического вещества, средней минерализацией и умеренной жесткостью.

Биогенные элементы, определяющие уровень продуктивности, присутствуют в незначительных количествах. По уровню развития фитопланктона (хлорофилл «а») озеро относится к мезотрофному типу. Антропогенная нагрузка выражается в загрязнении нитратным и аммонийным азотом, нефтепродуктами и органическими соединениями (по показателям ХПК и БПК₅), поступающими со сточными водами.

По данным сапробиологического анализа *пелагиаль* озера по индикаторным видам фито- и зоопланктона относится к β -мезосапробной зоне, имеет II-III класс качества воды, вода «чистая – умеренно загрязненная» (табл. 20). Химическое загрязнение пелагиали озера, оцениваемое по ИЗВ, соответствует данным сапробиологического и гидробиологического анализов. Поверхностный и придонный горизонты в среднем за период наблюдения имеют соответственно II класс качества, т.е. вода «чистая» (табл. 20).

Литораль озера по гидробиологическим показателям, соответствует II классу качества воды, «чистая», по показателям сапробности относится к α - β -мезосапробной зоне. *Бенталь* характеризуется более высокой степенью загрязнения органическим веществом, относится к α - β -полисапробной зонам; биотический индекс Вудивисса соответствует показателю 4, что соответствует классу качества воды «загрязненная».

Интегральная оценка экологического состояния оз. Пляжное по показателям его химического загрязнения в соответствии с рекомендациями, изложенными в «Критериях оценки экологической обстановки ...» (1992) свидетельствует, что по всем контролирующим показателям, водные массы характеризуются «относительно удовлетворительной» экологической ситуацией. Накопление химических загрязнителей (железо, хром, марганец, медь, свинец, цинк) в донных отложениях, согласно нормативным документам, создает «чрезвычайную экологическую ситуацию» (табл. 7).

Интегральная оценка состояния озера, проведенная с учетом гидробиологических характеристик, свидетельствует, что по всем контролируемым показателям экологическое состояние озера квалифицируется как «относительно удовлетворительное» (табл. 21). «Чрезвычайная экологическая ситуация» характерна лишь для донных отложений (табл. 7),

чему способствуют поступающие в озеро стоки. Первичные материалы оценки экологического состояния озера составили базу данных, на основе которой был выполнен многофакторный анализ матриц наблюдений с использованием статистических методов и пакетов программ (Зинченко и др., 2007). В соответствии с экологическим статусом озеро было отнесено к малозагрязненным озерам с хорошо развитым сообществом макрозообентоса.

Таблица 20. Оценка экологического состояния оз. Пляжное по данным сапробиологического и гидрохимического анализов. **Table 20.** Ecological state assessment of Lake Plyazhnoe based on saprobiological and hydrochemical analyses.

Индикатор экологического состояния водоема	Критерий экологического состояния водоема	Экологические зоны водоема		
		Пелагиаль	Бенталь	Литораль
Фитопланктон	Индекс сапробности	1.58	—	—
	Зона сапробности	α - β -мезо-сапробная	—	—
	Класс качества воды	II – чистая	—	—
Зоопланктон	Индекс сапробности	1.4	—	—
	Зона сапробности	β -мезосапробная	—	—
	Класс качества воды	III – умеренно загрязненная	—	—
Зообентос	Индекс сапробности	—	3.2-2.9	1.9-1.6
	Зона сапробности	—	α -мезо-сапробная	β -мезо-сапробная
	Биотический индекс Вудивисса	—	4.0	7.0-8.0
	Класс качества воды	—	IV – загрязненная	II – чистая
Химическое загрязнение	Индекс загрязнения воды (ИЗВ): – поверхностный горизонт, – придонный горизонт	0.52, 0.56	—	0.51, —
	Класс качества воды: – поверхностный горизонт – придонный горизонт	II, II	—	II, —

Таким образом, по результатам комплексного обследования оз. Пляжное является мезотрофным водоемом и характеризуется «относительно удовлетворительным» экологическим состоянием.

Качество воды озера по гидрохимическим и гидробиологическим показателям классифицируется от «чистой» до «относительно удовлетворительной». Придонные горизонты в зимний сезон депонируют поллютанты, основными из которых являются фосфаты, азотные

соединения; отмечены зимние заморы. Наличие повышенных концентраций химических веществ, наблюдаемое в донных отложениях озера, без проведения соответствующих мероприятий может вызвать вторичную эмиссию загрязнителей в придонный горизонт воды, что может привести к усилению процессов эвтрофирования водоема.

Таблица 21. Критерии оценки экологического состояния оз. Пляжное по гидробиологическим показателям. **Table 21.** Criteria for assessing the ecological state of Lake Plyazhnoe based on its hydrobiological indicators.

№ п/п	Показатели	Параметры	Экологическое состояние
1	Фитопланктон	Естественное развитие	Относительно удовлетворительное
2	Среднесезонная биомасса фитопланктона, г/м ³	0.51	
3	Индекс сапробности фитопланктона	1.58	
4	Зоопланктон	Естественное развитие	
5	Зообентос	Естественное развитие донных организмов на региональном уровне, отсутствие резкого сокращения численности, биомассы и разнообразия донных животных в бентали	
6	Биотический индекс Вудивисса (бенталь)	4	
7	Индекс Пареле %	30	
8	Ихтиофауна	Сохранение естественного состояния	
9	Заболеваемость рыб	Отсутствие явных признаков	

Выводы

Полученные нами комплексные данные природно-географических условий, фаунистических, гидролого-гидрохимических, санитарно-эпидемиологических исследований, а также практические рекомендации рационального использования водоемов, являются основой для проведения мониторинговых исследований в условиях резкого возрастания разнотипных антропогенных воздействий на экосистему урбанизированной территории. В то же время следует отметить, что до настоящего времени отсутствуют механизмы реализации мониторинговых исследований с количественными оценками антропогенного воздействия на состояние водных объектов, которые могут служить одним из факторов обоснования выбора управленческого решения в системе рационального управления водными ресурсами урбанизированных территорий. Важное место в этом ряду занимает нормативно-техническое и правовое сопровождение мониторинга водных объектов. Однако до настоящего времени необходимые документы, имеющие правовой и законодательный статус, в полном объеме не разработаны, что существенно затрудняет проведение водоохраных мероприятий.

Нам представляется, что назрела необходимость в разработке комплексной («глобальной») программы паспортизации малых водоемов и водотоков, в рамках которой возможно снижение антропогенной нагрузки, увеличение рыбной продукции и, как следствие, создание городских рекреационных зон отдыха.

Благодарности. Авторы благодарят сотрудников Института экологии Волжского бассейна РАН – В.Н. Номоконову, О.Е. Варламову, Л.А. Выхристюк, Г.А. Насырова, А.В. Иватина, Л.В. Головатюк, Е.А. Бычека и Н.А. Юрицыну, в различные годы принимавших участие в сборе и обработка материала.

Финансирование. Работа выполнена сотрудниками лаборатории гидробиологии в рамках госзадания Минобрнауки России для Самарского федерального исследовательского центра РАН по теме № FMRW-2025-0046 «Влияние изменений природно-климатических условий на состояние биоразнообразия и функционирование природных и антропогенно-измененных экосистем» и лаборатории исследования экосистем по теме № FMRW-2025-0047 «Комплексная оценка состояния биологических ресурсов и мониторинг природных экосистем Волжского бассейна».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

REFERENCES

1. Авилова В.А., Кукушкин В.А., Ролле Н.Н. 1984. Учет влияния рекреации на водные системы / Комплексные проблемы охраны окружающей среды регионов. Л.: АН СССР. С. 162-164.
2. Березина Н.А., Петухов В.А. 2023. Оценка качества донных отложений Финского залива по составу мейобентоса в сочетании с биотестированием и химическим анализом // Океанология. Т. 63. № 3. С. 405-417.
3. Богословский Б.Б. 1960. Озероведение. М.: МГУ. 335 с.
4. Болиховская Н.С., Молодьков А.Н. 2018. Климато-хроностратиграфическая схема неоплейстоцена Восточно-Европейской равнины: периодизация, корреляция и возраст климатических событий // Неоген и квартер России: стратиграфия, события и палеогеография. М.: ГЕОС. С. 99-110.
5. Временные методические указания по комплексной оценке качества поверхностных и морских вод. 1986. Утверждены Госкомитетом СССР от 22.09.1986 № 250-1163. М.: Госкомгидромет СССР. 5 с.
6. Выхристюк М.М. 1989. Гидрометеорологические условия и оптические свойства водных
1. Avilova VA, Kukushkin VA, Rolle NN. Accounting for the impact of recreation on aquatic systems [*Uchet vliyaniya rekreatsii na vodnyye sistemy*] *Complex problems of regional environmental protection [Kompleksnyye problemy okhrany okruzhayushchey sredy regionov]*. Leningrad: AN SSSR, 1984:162-164.
2. Berezina NA, Petukhov VA. Assessment of the quality of bottom sediments of the Gulf of Finland based on the composition of meiobenthos in combination with biotesting and chemical analysis [*Otsenka kachestva donnykh otlozheniy Finskogo zaliva po sostavu meyobentosa v sochetanii s biotestirovaniyem i khimicheskim analizom*]. *Oceanology [Okeanologiya]*. 2023;63 (3):405-417.
3. Bogoslovsky BB. Lakeology [*Ozerovedeniye*]. Moscow: MGU, 1960:335.
4. Bolikhovskaya NS, Molodkov AN. Climato-chronostratigraphic scheme of the Neopleistocene of the East European Plain: periodization, correlation, and age of climatic events [*Klimato-khronostratigraficheskaya skhema neopleystotsena Vostochno-Yevropeyskoy ravniny: periodizatsiya, korrelyatsiya i vozrast klimaticheskikh sobytiy*] *Neogene and Quaternary of Russia: stratigraphy, events, and paleogeography [Neogen i kvarter Rossii: stratigrafiya, sobytiya i paleogeografiya]*. Moscow: GEOS, 2018:99-110.
5. Temporary methodological guidelines for the comprehensive assessment of the quality of surface and marine waters [*Vremennyye metodicheskiye ukazaniya po kompleksnoy otsenke kachestva poverkhnostnykh i morskikh vod*] Approved by the USSR State Committee on September 22, 1986, No. 250-1163 [Utvverzheny

- масс // Экология фитопланктона Куйбышевского водохранилища. Л.: Наука. С. 16-30.
7. Гелашивили Д.Б., Розенберг Г.С., Зинченко Т.Д., Охалкин А.Г., Выхристюк Л.А. 2001. Паспортизация городских водоемов // Вестник МАНЭБ. № 8 (44). С. 9-11.
8. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:1 000 000. 2021. 3-е поколение. Серия Центрально-Европейская. Лист N-39 – Казань-Самара. Объяснительная записка. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ. 467 с.
9. Зинченко Т.Д., Выхристюк Л.А., Шитиков В.К., Гелашивили Д.Б., Розенберг Г.С. 2003. Экологическая паспортизация городских озер: методологический подход // Материалы II Международной конференции «Озерные экосистемы: биологические процессы, антропогенная трансформация качества воды». Минск: Нарочь. С. 132-135.
10. Зинченко Т.Д., Шитиков В.К., Выхристюк Л.А. 2007. Биоиндикация малых озер на основе комплекса информативных показателей // Исследования по ихтиологии и смежным дисциплинам на внутренних водоемах в начале XXI века (к 80-летию профессора Л.А. Кудерского). СПб.-М.: Тов-во научных изданий КМК. С. 483-490.
11. Кикнадзе И.И., Шилова А.И., Керкис И.Е., Шобанов Н.А., Зеленцов Н.И., Гребенюк Л.П., Истомина А.Г., Прасолов В.А. 1991. Кариотипы и морфология личинок трибы Chironomini. Атлас. Новосибирск: Наука. 115 с.
12. Климат Тольятти. 1987. Справочник / Ред. Ц.А. Швер,
- Goskomitetom SSSR ot 22.09.1986 № 250-1163]. Moscow: Goskomgidromet SSSR, 1986:5.
6. Vykhristyuk MM. Hydrometeorological conditions and optical properties of water masses [Gidrometeorologicheskkiye usloviya i opticheskiye svoystva vodnykh mass] Ecology of phytoplankton of the Kuibyshev Reservoir [Ekologiya fitoplanktona Kuybyshevskogo vodokhranilishcha]. Leningrad: Nauka, 1989:16-30.
7. Gelashvili DB, Rosenberg GS, Zinchenko TD, Okhapkin AG, Vykhristyuk LA. Certification of urban water bodies [Pasportizatsiya gorodskikh vodoyemov]. Bulletin of the Manastine Geological Survey of the Russian Federation [Vestnik MANEB]. 2001;8 (44):9-11.
8. State geological map of the Russian Federation, scale 1:1,000,000, 3rd ed. [Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoy Federatsii] Central European Series [Seriya Tsentral'no-Yevropeyskaya] Sheet N-39 – Kazan'-Samara [List N-39 – Kazan'-Samara] Explanatory note [Ob'yasnitel'naya zapiska]. Saint-Petersburg: Izd-vo VSEGEI, 2021:467.
9. Zinchenko TD, Vykhristyuk LA, Shitikov VK, Gelashvili DB, Rosenberg GS. Ecological certification of urban lakes: a methodological approach [Ekologicheskaya pasportizatsiya gorodskikh ozer: metodologicheskii podkhod] Proc. of the II International Conference "Lake Ecosystems: Biological Processes, Anthropogenic Transformation of Water Quality" [Materialy II Mezhdunarodnoy konferentsii "Ozernyye ekosistemy: biologicheskkiye protsessy, antropogennaya transformatsiya kachestvo vody"]. Minsk: Naroch', 2003:132-135.
10. Zinchenko TD, Shitikov VK, Vykhristyuk LA. Bioindication of small lakes based on a set of informative indicators [Bioindikatsiya malykh ozer na osnove kompleksa informativnykh pokazateley] Research in ichthyology and related disciplines on inland waters at the beginning of the 21st century (on the 80th anniversary of Professor L.A. Kudersky) [Issledovaniya po ikhtiologii i smezhnym distsiplinam na vnutrennikh vodoyemakh v nachale XXI veka (k 80-letiyu professora L.A. Kuderskogo)]. Saint-Petersburg, Moscow: Tov-vo nauchnykh izdaniy KMK, 2007:483-490.
11. Kiknadze II, Shilova AI, Kerkis IE, Shobanov NA,

- Т.Н. Боровкова.
Л.: Гидрометеиздат. 208 с.
13. Критерии оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия. 1992. Утверждены Минприроды РФ 30.11.1992 [Электронный ресурс <https://docs.cntd.ru/document/901797511> (дата обращения 14.03.2026)].
 14. Кутикова Л.А. 1970. Коловратки фауны СССР (Rotatoria). Подкласс Eurotatoria (отряды Ploimida, Monimotrochida, Paedotrochida) Л.: Наука. 744 с.
 15. Лазарев И.С., Кочетова Ж.Ю., Бударина В.А., Косинова И.И., Маслова Н.В. 2022. Проблемы нормирования качества поверхностных вод: методики, пример // Геополитика и экогеодинамика регионов. Т. 8 (18). № 2. С. 107-121.
 16. Макаrenchенко Е.А., Макаrenchенко М.А. Chironomidae. 1999. Комары-звонцы // Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Т. 4: Высшие насекомые. Двукрылые. СПб.: ЗИН РАН. С. 210-296.
 17. Мануйлова Е.Ф. 1964. Ветвистоусые рачки фауны СССР. М.-Л.: Наука. 328 с.
 18. Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. 1975. М.: Наука. 240 с.
 19. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах: Зоопланктон и его продукция. 1982. Л.: ГосНИОРХ. 33 с.
 20. Определитель пресноводных беспозвоночных европейской части СССР. 1977. Zelentsov NI, Grebenyuk LP, Istomina AG, Prasolov VA. Karyotypes and morphology of larvae of the tribe Chironomini: an atlas [*Kariotipy i morfologiya lichinok triby Chironomini: Atlas*]. Novosibirsk: Nauka, 1991:115.
 12. Climate of Tolyatti [*Klimat Tol'yatti*] A handbook [*Spravochnik*] / eds. Ts.A. Shver, T.N. Borovkova. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1987:208.
 13. Criteria for assessing the environmental situation of territories to identify zones of environmental emergency and environmental disaster [*Kriterii otsenki ekologicheskoy obstanovki territoriy dlya vyyavleniya zon chrezvychaynoy ekologicheskoy situatsii i zon ekologicheskogo bedstviya*] Approved by the Ministry of Natural Resources of the Russian Federation on 30.11.1992. 1992, Available at <https://docs.cntd.ru/document/901797511> (Date of Access 14/03/2026).
 14. Kutikova LA. Rotifers of the USSR fauna (Rotatoria) [*Kolovratki fauny SSSR (Rotatoria)*] Subclass Eurotatoria (orders Ploimida, Monimotrochida, Paedotrochida) [*Podklass Eurotatoria (otryady Ploimida, Monimotrochida, Paedotrochida)*]. Leningrad: Nauka, 1970:744.
 15. Lazarev IS, Kochetova ZhYu, Budarina VA, Kosinova II, Maslova NV. Problems of surface water quality standardization: methodologies and examples [*Problemy normirovaniya kachestva poverkhnostnykh vod: metodiki, primer*]. *Geopolitics and Ecogeodynamics of Regions* [*Geopolitika i ekogeodinamika regionov*]. 2022;8 (2):107-121.
 16. Makarchenko EA, Makarchenko MA. Chironomidae [*Chironomidae*] Non-biting midges [*Komary-zvontsy*] Key to freshwater invertebrates of Russia and adjacent territories [*Opredelitel' presnovodnykh bespozvonochnykh Rossii i sopredel'nykh territoriy*] Vol. 4: Higher insects. Diptera [*T. 4: Vysshiye nasekomye. Dvukrylyye*]. Saint-Petersburg: ZIN RAN, 1999:210-296.
 17. Manuilova EF. Cladocera of the fauna of the USSR [*Vetvistousyye rachki fauny SSSR*]. Moscow-Leningrad: Nauka, 1964:328.
 18. Methodology for studying biogeocenoses of inland waters [*Metodika izucheniya biogeotsenozov vnutrennikh vodoyemov*]. Moscow: Nauka, 1975:240.
 19. Methodical recommendations for collecting and processing materials in hydrobiological studies of

- Л.: Гидрометеиздат. 510 с.
21. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. 1997. Т. 3: Паукообразные. Низшие насекомые. СПб.: ЗИН РАН. 439 с.
 22. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. 1999. Т. 4: Высшие насекомые. Двукрылые. СПб.: ЗИН РАН. 998 с.
 23. Палий В.Ф. 1961. О количественных показателях при обработке фаунистических материалов // Зоологический журнал Т. 60. № 1. С. 3-12.
 24. Панин М.С. 2011. Загрязнение окружающей среды: учебное пособие / Ред. И.О. Байтулин. Алматы: Раритет. 688 с.
 25. Панкратова В.Я. 1970. Личинки и куколки комаров подсемейства Orthocladiinae фауны СССР (Diptera, Chironomidae = Tendipedidae). Л.: Наука. 344 с.
 26. Панкратова В.Я. 1977. Личинки и куколки комаров подсемейств Podonominae и Tanypodinae фауны СССР (Diptera, Chironomidae = Tendipedidae). Л.: Наука. 154 с.
 27. Панкратова В.Я. 1983. Личинки и куколки комаров подсемейства Chironominae фауны СССР (Diptera, Chironomidae = Tendipedidae). Л.: Наука. 296 с.
 28. Пространственная структура загрязнения почв соединениями алюминия на территории городского округа Тольятти в 2010 году. 2010 [Электронный ресурс [https://emgis.ru/atlas/admin/ashx/Росhva/ResultObsl/2010/\(12\).JPG](https://emgis.ru/atlas/admin/ashx/Рос%20hva/ResultObsl/2010/(12).JPG) (дата обращения 14.03.2026)].
 29. РД 52.24.643-2002. 2002. Методические указания. Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим
 - freshwater bodies: zooplankton and its products [*Metodicheskiye rekomendatsii po sboru i obrabotke materialov pri gidrobiologicheskikh issledovaniyakh na presnovodnykh vodoyemakh: Zooplankton i yego produktsiya*]. Leningrad: GosNIORKH, 1982:33.
 20. A guide to freshwater invertebrates of the European part of the USSR [*Opredelitel' presnovodnykh bespozvonochnykh yevropeyskoy chasti SSSR*]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1977:510.
 21. A guide to freshwater invertebrates of Russia and adjacent territories [*Opredelitel' presnovodnykh bespozvonochnykh Rossii i sopredel'nykh territoriy*] Vol. 3: Arachnids. Lower insects [T. 3: Paukoobraznyye. Nizshiye nasekomye]. Saint-Petersburg: ZIN RAN, 1997:439.
 22. A guide to freshwater invertebrates of Russia and adjacent territories [*Opredelitel' presnovodnykh bespozvonochnykh Rossii i sopredel'nykh territoriy*] Vol. 4: Higher insects. Diptera [T. 4: Vysshiye nasekomye. Dvukrylyye]. Saint-Petersburg: ZIN RAN, 1999:998.
 23. Paliy VF. On quantitative indicators in processing faunal materials [O kolichestvennykh pokazatelyakh pri obrabotke faunisticheskikh materialov]. *Zoological Journal*. 1961;60 (1):3-12.
 24. Panin MS. Environmental pollution: a study guide [*Zagryazneniye okruzhayushchey sredy: uchebnoye posobiye*] / ed. I.O. Baytulin. Almaty: Raritet, 2011:688.
 25. Pankratova VYa. Larvae and pupae of mosquitoes of the subfamily Orthocladiinae of the fauna of the USSR (Diptera, Chironomidae = Tendipedidae) [*Lichinki i kukolki komarov podsemeystva Orthocladiinae fauny SSSR (Diptera, Chironomidae = Tendipedidae)*]. Leningrad: Nauka, 1970:344.
 26. Pankratova VYa. Larvae and pupae of mosquitoes of the subfamilies Podonominae and Tanypodinae of the fauna of the USSR (Diptera, Chironomidae = Tendipedidae) [*Lichinki i kukolki komarov podsemeystv Podonominae i Tanypodinae fauny SSSR (Diptera, Chironomidae = Tendipedidae)*]. Leningrad: Nauka. 1977:154.
 27. Pankratova VYa. Larvae and pupae of mosquitoes of the subfamily Chironominae of the fauna of the USSR (Diptera, Chironomidae = Tendipedidae) [*Lichinki i kukolki komarov podsemeystva*

- показателям [Электронный ресурс <https://meganorm.ru/Data2/1/4293831/4293831806.htm> (дата обращения 14.03.2026)].
30. Реконструкция биологических очистных сооружений цеха 15 ПАО «ТОАЗ». 2021 // Проектная документация. Т. 12, разд. 12: Иная документация, предусмотренная федеральными законами. Кн. 12.4: Оценка воздействия на окружающую среду. М.: АО «Май Проект». 233 л.
 31. Розенберг Г.С., Гелашвили Д.Б., Зинченко Т.Д., Перешивайлов Л.А. 2001. Об экологической паспортизации городских водоемов // Известия Самарского научного центра РАН. Т. 3. № 2. С. 254-264.
 32. Ромашкова Ю.А. 2015. Малые озера урбанизированных территорий г. Тольятти: таксономический состав, структура донных сообществ // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. Т. 24. № 4. С. 32-47.
 33. Рылов В.М. 1948. Фауна СССР. Ракообразные. Cyclopoida пресных вод. Т. 3. Вып. 3. М.-Л.: АН СССР. 320 с.
 34. Самарская область. Физическая карта. 2026 [Электронный ресурс <https://www.sharada.ru/katalog/maps/regions/privolzhskij-fed-okrug/samarskaja-oblast-fizicheskaja-karta> (дата обращения 14.03.2026)].
 35. СанПиН 4630-88. 1994. Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнений [Электронный ресурс <https://meganorm.ru/Data2/1/4294853/4294853854.htm> (дата обращения 14.03.2026)].
 36. Справочник по озерному и садковому рыбоводству. 1983 / *Chironominae fauny SSSR (Diptera, Chironomidae = Tendipedidae)*. Leningrad: Nauka, 1983:296.
 28. Spatial structure of soil pollution with aluminum compounds in the urban district of Tolyatti in 2010 [*Prostranstvennaya struktura zagryazneniya pochvy soyedineniyami alyuminiya na territorii gorodskogo okruga Tol'yatti v 2010 godu*]. 2010, Available at [https://emgis.ru/atlas/admin/ashx/Pochva/ResultOBSL/2010/\(12\).JPG](https://emgis.ru/atlas/admin/ashx/Pochva/ResultOBSL/2010/(12).JPG) (Date of Access 14/03/2026).
 29. A guidance document 52.24.643-2002 [RD 52.24.643-2002] *Guidelines. Method for comprehensive assessment of the degree of surface water pollution based on hydrochemical indicators* [Metodicheskiye ukazaniya. Metod kompleksnoy otsenki stepeni zagryaznennosti poverkhnostnykh vod po gidrokhimicheskim pokazatelyam]. 2002, Available at <https://meganorm.ru/Data2/1/4293831/4293831806.htm> (Date of Access 14/03/2026).
 30. Reconstruction of biological treatment facilities of the workshop No. 15 of PAO "TOAZ" [Rekonstruktsiya biologicheskikh ochistnykh sooruzheniy tsekha 15 PAO "TOAZ"] Design documentation [Proyektnaya dokumentatsiya] Vol. 12, Section 12: Other documentation specified by federal laws [T. 12, razd. 12: Inaya dokumentatsiya, predusmotrennaya federal'nyimi zakonami] Book 12.4: Environmental impact assessment [Kn. 12.4: Otsenka vozdeystviya na okruzhayushchuyu sredu]. Moscow: AO "May Projekt", 2021:233.
 31. Rosenberg GS, Gelashvili DB, Zinchenko TD, Pereshivaylov LA. On the environmental certification of urban water bodies [Ob ekologicheskoy pasportizatsii gorodskikh vodoyemov]. *Bulletin of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences* [Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN]. 2001;3 (2):254-264.
 32. Romashkova YuA. Small lakes of urbanized areas of Tolyatti: taxonomic composition and structure of benthic communities [Malye ozera urbanizirovannykh territoriy g. Tol'yatti: taksonomicheskiy sostav, struktura donnykh soobshchestv]. *Samara Luka: Problems of Regional and Global Ecology* [Samarskaya Luka: problemy regional'noy i global'noy ekologii].

- Ред. Г.П. Руденко. М.: Легкая и пищевая промышленность. 311 с.
37. Томилина И.И., Иванова И.Ю., Жгарева Н.Н., Шивелев С.Н., Рабкин К.И. 2008. Оценка качества донных отложений малых рек Оренбургской области с использованием элементов триадного подхода // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. № 1 (17). С. 214-217.
 38. Ульяновская область. Физическая карта. 2026 [Электронный ресурс <https://www.sharada.ru/katalog/maps/regions/privolzhskij-fed-okrug/uljanovskaja-oblast-fizicheskaja-karta> (дата обращения 14.03.2026)].
 39. Фокин Д.П., Фрумин Г.Т. 2011. Содержание и распределение металлов в донных отложениях восточной части Финского залива // Общество. Среда. Развитие (Terra Humana). № 1. С. 210-214.
 40. Шамардина И.П. 1975. Борьба с антропогенным эвтрофированием водоемов / Итоги науки и техники. М.: ВИНТИ. Т. 2. С. 100-136.
 41. Экологический атлас г. Тольятти. 1996. СПб.: Мониторинг. 9 л.
 42. Экологический паспорт городского водоема. Васильевские озера. Озеро Пляжное. 2000 / Ред. Г.С. Розенберг, Т.Д. Зинченко. Тольятти. 77 с.
 43. Cranston P.S. 1982. A Key to the Larvae of the British Orthocladinae (Chironomidae) // Freshwater Biological Association Scientific Publication. No. 45. 152 p.
 44. Guiry M.D., Guiry G.M. 2026. AlgaeBase. World-wide Electronic Publication, University of Galway [Электронный ресурс <https://www.algaebase.org> (дата обращения 24.04.2026)].
 45. Shannon C.E., Weaver W. 1949. 2015;24 (4):32-47.
 33. Rylov VM. Fauna of the USSR [*Fauna SSSR*] Crustaceans [*Rakoobraznyye*] Cyclopoida of fresh waters [*Cyclopoida presnykh vod*]. Moscow-Leningrad: AN SSSR, 1948;3 (3):320.
 34. Samara Region [*Samarskaya oblast'*] A physical map [*Fizicheskaya karta*]. 2026, Available at <https://www.sharada.ru/katalog/maps/regions/privolzhskij-fed-okrug/samarskaja-oblast-fizicheskaja-karta> (дата обращения 14.03.2026)].
 35. Sanitary rules and regulations 4630-88 [*SanPiN 4630-88*] Sanitary rules and standards for the protection of surface waters from pollution [*Sanitarnyye pravila i normy okhrany poverkhnostnykh vod ot zagryazneniy*]. 1994, Available at <https://meganorm.ru/Data2/1/4294853/4294853854.htm> (Date of Access 14/03/2026).
 36. Handbook of lake and cage fish farming [*Spravochnik po ozeromu i sadkovomu rybovodstvu*] / ed. G.P. Rudenko. Moscow: Legkaya i pishchevaya promyshlennost', 1983:311.
 37. Tomilina II, Ivanova IYu, Zhigareva NN, Shivelev SN, Rabkin KI. Assessment of the quality of bottom sediments of small rivers in the Orenburg Region using elements of the triad approach [Otsenka kachestva donnykh otlozheniy malykh rek Orenburgskoy oblasti s ispol'zovaniyem elementov triadnogo podkhoda]. *Bulletin of the Orenburg State Agrarian University* [*Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*]. 2008;1 (17):214-217.
 38. Ulyanovsk Region [*Ul'yanovskaya oblast'*] A physical map [*Fizicheskaya karta*]. 2026, Available at <https://www.sharada.ru/katalog/maps/regions/privolzhskij-fed-okrug/uljanovskaja-oblast-fizicheskaja-karta> (Date of Access 14/03/2026).
 39. Fokin DP, Froumin GT. Content and distribution of metals in bottom sediments of the Eastern Gulf of Finland [Soderzhaniye i raspredeleniye metallov v donnykh otlozheniyakh vostochnoy chasti Finskogo zaliva]. *Society. Environment. Development (Terra Humana)* [*Obshchestvo. Sreda. Razvitiye (Terra Humana)*]. 2011;1:210-214.
 40. Shamardina IP. Combating anthropogenic eutrophication of reservoirs [*Bor'ba s antropogennym evtrofirovaniyem vodoyemov*]

- The Mathematical Theory of Communication. Urbana: University of Illinois Press. 117 p.
46. Wiederholm T. 1983. Chironomidae of Holarctic Region: Keys and Diagnoses. Pt. 1: Larvae // *Entomologica Scandinavica*. Suppl. 19. P. 19-457.
 47. Woodiwiss F.S. 1964. The Biological System of Stream Classification Used by the Trent Board // *Chemistry and Industry*. Vol. 11. P. 443-447.
 48. WoRMS Editorial Board. 2026. World Register of Marine Species [Электронный ресурс <https://www.marinespecies.org> (дата обращения 24.04.2026)].
 - Results of science and technology [Itogi nauki i tekhniki]*. Moscow: VINITI, 1975;2:100-136.
 41. Ecological atlas of Tolyatti [*Ekologicheskiy atlas g. Tol'yatti*]. Saint-Petersburg: Monitoring, 1996:9.
 42. Ecological passport of a city reservoir [*Ekologicheskiy pasport gorodskogo vodoyema*] *Vasilievsky Lakes. Lake Plyazhnoe [Vasil'yevskiye ozera. Ozero Plyazhnoye]* / eds. G.S. Rosenberg, T.D. Zinchenko. Tolyatti, 2000:77.
 43. Cranston PS. A Key to the Larvae of the British Orthocladiinae (Chironomidae). *Freshwater Biological Association Scientific Publication*. 1982;45:152.
 44. Guiry MD, Guiry GM. AlgaeBase. World-wide Electronic Publication, University of Galway. 2026, Available at <https://www.algaebase.org> (Date of Access 24/04/2026).
 45. Shannon CE, Weaver W. The Mathematical Theory of Communication. Urbana: University of Illinois Press, 1949:117.
 46. Wiederholm T. Chironomidae of Holarctic Region: Keys and Diagnoses. Pt. 1: Larvae. *Entomologica Scandinavica*. 1983;19:19-457.
 47. Woodiwiss FS. The Biological System of Stream Classification Used by the Trent Board. *Chemistry and Industry*. 1964;11:443-447.
 48. WoRMS Editorial Board. 2026. World Register of Marine Species. 2026, Available at <https://www.marinespecies.org> (Date of Access 24/04/2026).

**ASSESSMENT OF THE ECOLOGICAL STATE OF URBAN WATER BODIES
(TOGLIATTI, SAMARA REGION)**

© 2026. T.D. Zinchenko*, N.G. Tarasova**, A.V. Misyuk*, V.P. Morov*

**Institute of the Volga Basin Ecology of the Samara Federal Research Center
of the Russian Academy of Sciences*

10, Komzina Str., Tolyatti, 445003, Samara Region, Russia

E-mail: zinchenko.tdz@yandex.ru, moroff@mail.ru

***I.D. Papanin Institute of Biology of Inland Waters of the Russian Academy of Sciences,
109, Borok Settlement, Nekouzsky District, Yaroslavl Region, 152742, Russia. E-mail: tnatag@mail.ru*

Received May 05, 2026. Revised June 15, 2026. Accepted June 25, 2026.

In this article we present the results of our comprehensive assessment the ecological state of Lake Plyazhnoe (Tolyatti, Samara Region) that was based on a certification of the condition of the lake and its recreational resources. In our study, we included data from our natural-geographical researches, data on the Quaternary geology and hydrogeology of the water protection zone and catchment area of the lake, hydrographic-hydrological, hydrochemical, hydrobiological, landscape-ecological, and sanitary-bacteriological indicators, integrated ecological characteristics, as well as recommendations for the lake's restoration and preservation. Using both the results of hydrochemical and hydrobiological studies and an assessment of changes in the abundance and biomass of the main taxonomic groups of Lake Plyazhnoe that were conducted through various methodological approaches, we studied the dynamics of abiotic and biotic indicators. From the acquired set of abiotic environmental factors, we selected the most significant ones that determine the ecological state of the lake. Additionally, we determined its ecological status. Our study aims to promptly forecast critical ecological situations and to warn of environmental hazards when assessing the condition of water bodies.

Keywords: ecological state, Lake Plyazhnoe, lake basin, abiotic and biotic indicators, taxonomic diversity, Samara Region.

Funding. This work was carried out by the researchers of the Hydrobiology Laboratory, as part of the state assignment of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation for the Samara Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, topic No. FMRW-2025-0046 "The Impact that Changes in Natural and Climatic Conditions Have on the State of Biodiversity and the Functioning of Natural and Anthropogenically Modified Ecosystems", and of the Ecosystem Research Laboratory, topic No. FMRW-2025-0047 "Comprehensive Assessment of Biological Resources State and Monitoring of Natural Ecosystems of the Volga Basin".

DOI: 10.24412/2542-2006-2026-2-94-137

EDN: UKMUQF