

Оценка влияния антропогенного фактора на экологическую обстановку озера Кривое

Федоркина И. А.

Ордена Трудового Красного Знамени Московский технический университет связи и информатики
Москва, Россия
i.a.fedorkina@mtuci.ru

Проведено всестороннее изучение экологического состояния озера Кривое, расположенного в окрестностях Смоленска, на территории особо охраняемой зоны лесопарка Красный бор. Ранее оценка экологического состояния данного водоема в регионе не проводилась, что указывает на актуальность и значимость данной работы. Выявлен ряд экологических проблем, обусловленных антропогенным воздействием на экосистему озера. Практически все компоненты окружающей среды подверглись изменениям различной степени. В настоящее время основным источником загрязнения являются отдающие и местные жители. В пределах водоохранной зоны обнаружено большое количество мусора и остатков костров. Талые воды, проходя через источники загрязнения, захватывают вредные вещества, проникают в почву и, в конечном итоге, попадают в озеро. Практическая ценность оценки антропогенного влияния на экологическую обстановку озера Кривое заключается в возможности применения полученных данных при разработке решений экологических проблем и прогнозировании дальнейшей динамики экологической среды. Основываясь на результатах анализа экологической ситуации озера Кривое, расположенного в заповедной зоне лесопарка Красный бор, предлагаются меры для оздоровления окружающей среды.

Ключевые слова: Смоленская область, озеро Кривое, лесопарк Красный бор; особо охраняемая природная территория; экологическое состояние; антропогенное воздействие, защитные зоны.

ВВЕДЕНИЕ

Озеро Кривое относится к особо охраняемым природным территориям. В районе озера выявлены факты антропогенного воздействия на его экологическое благополучие. Проблема оценки влияния этого фактора на экологическую обстановку озера является актуальной и многоаспектной.

Во-первых, возрастающая антропогенная нагрузка, включающая выбросы бытового мусора, оказывает непосредственное влияние на гидрохимический режим озера (ГТРК «Смоленск. Новости. Места отдыха в «зеленой зоне» Красного Бора...», 2019). Это приводит к изменению концентрации биогенных веществ, а также к загрязнению тяжелыми металлами и органическими соединениями (Ерофеева и др., 2024).

Во-вторых, нарушение экологического баланса озера Кривое может иметь серьезные последствия для биоразнообразия и функционирования экосистемы. Изменения в видовом составе, снижение численности некоторых видов рыб, развитие токсичных водорослей – все это является следствием антропогенного воздействия (ИБВВ РАН, Антропогенное эвтрофирование... 2024).

В-третьих, проблема оценки влияния антропогенного фактора на экологическую обстановку озера Кривое тесно связана с задачами устойчивого развития региона. Необходимость разработки эффективных мер по снижению антропогенной нагрузки, восстановлению экосистемы озера и обеспечению экологической безопасности требует проведения комплексных исследований и разработки научно обоснованных рекомендаций.

Оценка влияния антропогенного фактора на экологическую обстановку озера Кривое (территория лесопарка Красный бор) ранее не проводилась.

Цель настоящего исследования – выявить и оценить основные источники антропогенного воздействия на озеро Кривое и проанализировать их влияния на состояние изучаемой водной экосистемы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Озеро Кривое расположено в пределах высокой поймы, прилегающей к правому берегу Днепра, у основания первой надпойменной террасы. Оно представляет собой старицу, соединённую с основным руслом Днепра узким каналообразным протоком (Министерство природных ресурсов..., 2025). Старичные озёра, по определению, возникают, когда река формирует новое русло, отсекая старое, образуя таким образом озеро с характерной дугообразной формой (Сержантова, 2024).

В геоморфологическом плане данная территория относится к Смоленско-Краснинской возвышенности, которая входит в состав Смоленско-Московской возвышенности, а именно к её водораздельной части, представляющей собой область холмистых и плоских моренных и водно-ледниковых равнин (Любимова, 2022).

Исследование экологического состояния озера проводилось с использованием комплекса современных методов:

а) картографический метод, который позволил изучать закономерности пространственного размещения и развития территориальных комплексов путём составления и использования географических карт. Данный метод применялся при определении физико-географического положения района расположения озера;

б) метод наблюдения, который использовался для сбора фактической информации о природных условиях и ресурсах, населении, промышленности и частном пригородном сельском хозяйстве, транспорте, а также при проведении мониторинга окружающей среды;

в) статистический метод, который позволил путём обработки данных наблюдения определить экологическую зависимость между компонентами природы, населения и хозяйства;

г) сравнительный метод, который позволил нашей группе выявить сходства и различия процессов, свойств и состояния географических объектов, а также прогноз их изменения. Данный метод использовался при рассмотрении проблем природопользования района;

д) исторический метод, позволил выявить разницу между прошлым экологическим состоянием объекта и с современным;

е) исследовательский метод, позволил выявить основные источники загрязнения антропогенного характера данного региона, а также определить степень загрязнения природных сред.

ж) метод биоиндикации, использовался при оценке окружающей среды по реакции живых организмов (Кушбокова, 2023).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Гидрологический режим озера типичен для водоёмов данного типа (Гидрологический режим водоемов..., 2025). Постоянный приток воды в озеро Кривое отсутствует. Питание озера осуществляется за счёт весеннего половодья Днепра, грунтовых вод и поверхностного стока. Канал, прорытый к руслу Днепра, обеспечивает приток воды весной. Отсутствие проточного водообмена в летний, осенний и зимний периоды негативно сказывается на самоочищении озера, ухудшая его экологическое состояние. Почвы в районе исследования – пойменные, слабокислые и нейтральные, сформированные на древних аллювиальных отложениях. В области протоки наблюдается переувлажнение и оглеение. Основной почвообразующей породой является легкосуглинистый супесь. Почва имеет слоистую структуру, образованную отложениями ила во время затоплений, и по своим характеристикам близка к дерновым почвам, формирующимися под луговой растительностью, для которых характерен мощный перегнойно-аккумулятивный горизонт. Этот район располагается в зоне смешанных лесов, где преобладают широколиственные и хвойные породы, и отнесён к зелёной зоне, окружающей городские территории. К сожалению, естественные леса практически исчезли в окрестностях озера, сохранились лишь отдельные деревья и небольшие группы вдоль береговой линии, большая часть которой лишена растительности. Лесистость

данной местности составляет примерно 27 %. Необходимо расширять лесные насаждения в северной части бассейна озера, особенно вдоль железнодорожных путей, чтобы снизить шумовое воздействие на прибрежную зону (Матвеева, 2021). Несмотря на близость крупного города, этот регион обладает относительно богатым видовым разнообразием, типичным для зоны смешанных лесов.

Среди водных беспозвоночных встречаются амёбы и инфузории, а также ресничные черви (планарии), круглые и кольчатые черви (малощетинковые и пиявки). В почве обитают круглые черви и дождевые черви, играющие важную роль в пищевых цепях, служа пищей для кротов, землероек, лягушек и хищных насекомых. В почве и лесной подстилке обитают личинки и взрослые насекомые, особенно жуки, например, такие как жужелицы, а также перепончатокрылые (муравьи), двукрылые (мухи) и чешуекрылые (бабочки). В озере и реке водятся карась, лещ, плотва, линь, густера, уклейка, пескарь, окунь и щука. Земноводные и пресмыкающиеся представлены немногочисленно. Здесь встречаются зелёная (прудовая) лягушка и обыкновенный тритон, а из пресмыкающихся – ужи. Несмотря на запрет, озеро популярно для купания, особенно среди детей, благодаря небольшой глубине и тёплой воде по сравнению с Днепром.

Таким образом, можно сделать первый вывод, что природные условия и ресурсы благоприятны для активного спортивно-оздоровительного использования смолянами и гостями города.

Результаты физического анализа воды. При исследовании качества воды было использовано два метода – физико-химический и биоиндикации. При отборе воды для анализа использовалась смешанная проба, при которой нужный для анализа объем воды получают смешением простых проб, отобранных через определенные промежутки времени, одновременно в разных местах исследуемого водоема (Методические указания..., 2021). Качественный анализ цветности воды показал, что в зависимости от времени года она меняет свой цвет – от средней мутности (в период половодья) до маломутной и отсутствие её окраса в летне-осенне-зимний период при дневном освещении (рис. 1).

Прозрачность воды в естественных водоемах определяется её цветом и степенью мутности, зависящей от количества органических и минеральных примесей (Анализ качества воды..., 2025). Средний показатель прозрачности для слабо мутной воды составляет 25–30 см. Запах воды характеризуется как слабый, то есть он ощущается только при целенаправленном внимании, и оценивается в 2 балла.

На основании вышеизложенного, можно заключить, что физические параметры воды в целом благоприятны для жизнедеятельности человека и позволяют использовать водоем в рекреационных целях.

Результаты химического анализа воды. отсутствие катионов свинца: раствор не показал признаков помутнения или опалесценции, что указывает на концентрацию менее 0,1 мг/л (при ПДК 0,03 мг/л).

Катионы железа: появление розоватого оттенка в растворе говорит о содержании железа ниже 2,0 мг/л (ПДК 0,3 мг/л).



Рис. 1. Прозрачность воды озера в летне-осенне-зимний период

Хлорид-ионы: наличие опалесценции соответствует концентрации выше 1 мг/л (ПДК 300 мг/л).

Сульфат-ионы: опалесценция свидетельствует о концентрации более 1 мг/л (ПДК 100 мг/л).

Нитрат-ионы: бледно-голубой цвет раствора указывает на концентрацию выше 0,001 мг/л (ПДК 40 мг/л).

Водородный показатель (рН): анализ показал слабокислую реакцию воды, что обусловлено влиянием почвенного стока и плоскостного смыва с пойменных территорий, имеющих слабокислую или нейтральную почву.

Из вышеуказанного, можно сделать третий вывод, что имеющиеся в ней в пределах ПДК катионы свинца, катионы железа, сульфат-ионы, хлорид-ионы, нитрат-ионы указывают на благополучное экологическое состояние озера Кривое по состоянию на 2024 год.

Показатели микробиологии воды. ключевым показателем микробиологической чистоты является общее микробное число, отражающее концентрацию бактерий и других микроорганизмов в каждом миллилитре воды. Согласно санитарным стандартам, их количество не должно быть более 100 в 1 мл. Оценка безопасности воды также опирается на наличие бактерий группы кишечной палочки (*E. coli*), присутствие которых указывает на фекальное загрязнение и потенциальную возможность попадания болезнетворных микроорганизмов (Науменко, 2024).

Результаты санитарно-эпидемиологического анализа выявили следующие параметры: коли-титр – 240, коли-индекс – 4, микробное число – 180. Исходя из этих данных, можно заключить, что микробиологические характеристики озера Кривое превышают допустимые санитарные нормы, что делает небезопасным его использование для купания.

Биоиндикация, как метод оценки состояния водной среды, основана на реакциях живых организмов. Живые организмы способны улавливать даже самые незначительные изменения в окружающей среде, что делает их незаменимыми индикаторами загрязнения (Кудайбергенова и др., 2024).

При исследовании озерной растительности чрезмерного роста сине-зеленых водорослей не обнаружено, что говорит об относительно благоприятной экологической ситуации, так как эти водоросли активно размножаются в загрязненной органическими веществами воде.

Лучший индикатор опасных загрязнений – прибрежное обрастание, располагающееся на поверхностных предметах у кромки воды. Основные виды выявленной прибрежной растительности – ирис аиривидный, или водяной (*IRIS PSEUDACORUS*), стрелолист обыкновенный (*SAGITTARIA SAGITTIFOLIA*), рогоз широколистственный (*TYRNA LATIFOLIA*), тростник обыкновенный (*PHRAGMITES COMMUNIS*), Камыш озерный (*SCIEPUM LACUSTRIS*). В нашем случае эти обрастания ярко-зеленого цвета или имеют буроватый оттенок, что говорит о чистоте воды (рис. 2).

В загрязненных водоемах часто наблюдаются белые хлопьевидные скопления. При избытке органики и повышенной минерализации обрастания становятся сине-зелеными из-за преобладания сине-зеленых водорослей (Ахмадуллова, 2025).

Недостаточная очистка бытовых стоков приводит к появлению белых или сероватых обрастаний, состоящих преимущественно из прикрепленных инфузорий (например, сувоек и кархезиумов) (Шевцова, 2025).

Стоки, богатые сернистыми соединениями, могут вызывать образование хлопьевидных налетов из нитчатых серобактерий типа теотрикса, но в данном случае они не обнаружены (Сазонова, 2020).

Для биотестирования эффективен анализ донных беспозвоночных. Оценка чистоты воды основывается на присутствии или отсутствии определенных таксонов (Измайлова и др., 2024).

Анализ таксонов-индикаторов показал следующее: в исследуемом водоеме найдены роющие личинки поденок, ручейники (но отсутствуют реакофиллы и нейреклипсы), личинки стрекоз плосконожки и красотки, мошки и плоские пиявки. На основании этого можно заключить, что водоем удовлетворительно чист, экологически полноценен и пригоден



Рис. 2. Прибрежная и водная растительность озера Кривое

для питьевого водоснабжения после очистки, рекреационного рыбоводства и технического орошения.

Проанализировав полученные результаты, можно прийти к выводу, что наличие вредных веществ, влияющих на состояние водной среды на территории озера Кривое незначительно. Поэтому не сказывается на видовом составе флоры и фауны. Это говорит об экологически безопасном состоянии исследуемого водного объекта.

Влияние антропогенного фактора на экологическую обстановку озера Кривое. Рассматривая данный регион с точки зрения хозяйственной деятельности человека, можем констатировать следующее:

а) стационарные и транзитные источники загрязнения практически не наносят существенного влияния на экологическую обстановку водоёма.

б) в данное время главным источником загрязнения озера Кривое мусором стали отдыхающие и проживающие вблизи озера граждане.

Изучая регион, столкнулись с проблемой мусора вдоль водоохранной зоны, а также размещение несанкционированных кострищ. После таяния снега вода, протекая через данные объекты, вбирая в себя вредные вещества, отдаёт их почве и далее воде озера (Соловьева, 2024). Это доказывает проведённый мониторинг прибрежной зоны озера Кривое. На основании мониторинга составлена схема, которая показывает о неудовлетворительном экологическом положении в отдельных местах района исследования (рис. 3).

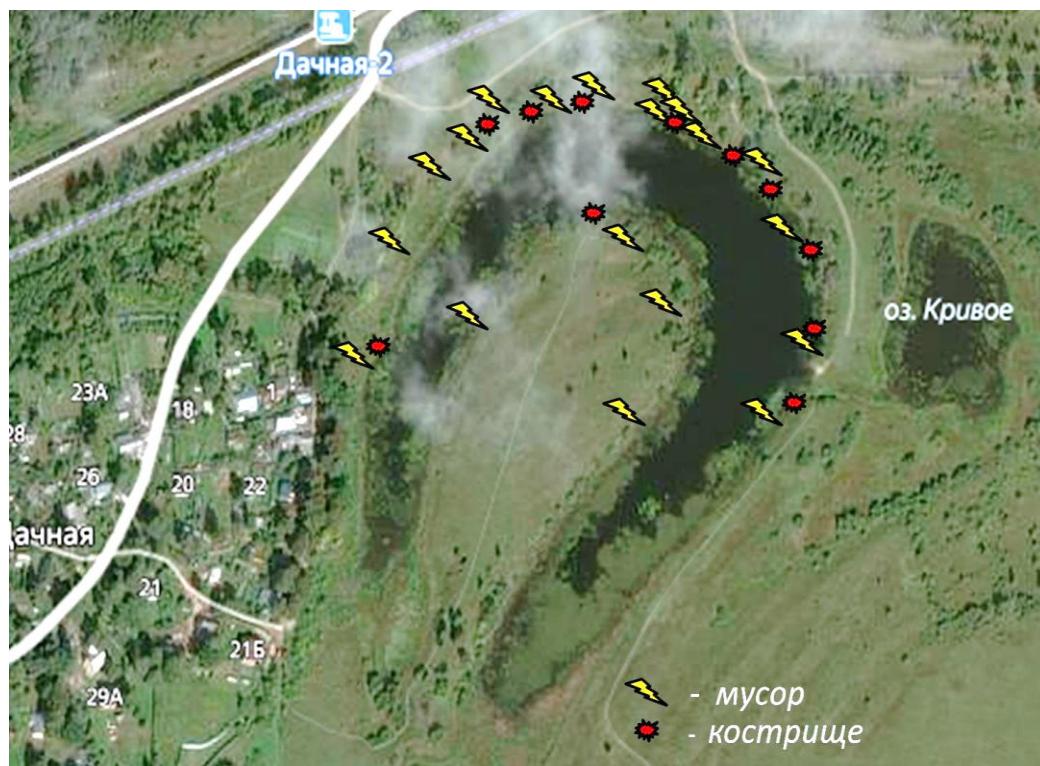


Рис. 3. Экологическая обстановка водоохраняемой зоны озера Кривое

Полученные результаты исследования экологического состояния озера позволили оценить текущее экологическое состояние водной среды озера Кривое и разработать научно обоснованные рекомендации по его охране и восстановлению.

Данные, полученные в ходе исследования, могут быть использованы для разработки экологических мероприятий по улучшению состояния озера Кривое и других водных объектов лесопарка Красный бор.

Результаты также могут быть полезны для органов государственной власти и местного самоуправления при принятии решений, касающихся охраны окружающей среды и устойчивого развития территории.

Рекомендации. Основываясь на результатах анализа экологической ситуации озера Кривое, расположенного в заповедной зоне лесопарка Красный бор, предлагаются следующие меры для оздоровления окружающей среды:

Формирование экологически ответственного поведения у граждан.

Ликвидация незаконных мусорных скоплений.

Расширение сети контейнеров для отходов и улучшение их внешнего вида.

Создание защитных полос из кустарников.

Применение экологически чистых туалетов.

Принимая во внимание необходимость улучшения экологической ситуации, рекомендуем следующие практические шаги:

Продолжение систематического контроля за экологическим состоянием района озера Кривое. Проведение углубленного анализа состояния почвенного покрова в окрестностях озера.

Активизация работы по повышению экологической осведомленности населения посредством проведения информационных кампаний и распространения тематических материалов.

Направление запроса в профильный Департамент и Дирекцию ООПТ Смоленской области с целью инициирования работ по облагораживанию территории вокруг Кривого озера.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Озеро Кривое расположено в зелёной зоне на административной границе города, то есть антропогенная нагрузка на данную территорию низкая, что в свою очередь должно определить хорошее состояние экологии данного региона. Природные условия и ресурсы благоприятны для активного спортивно-оздоровительного использования смолянами и гостями города. Физические свойства воды благоприятны для жизнедеятельности человека и имеет рекреационный ресурс.

Химический анализ воды показал, что имеющиеся в ней в пределах ПДК катионы свинца, катионы железа, сульфат – ионы, хлорид – ионы, нитрат – ионы указывают на благополучное экологическое состояние озера Кривое. Микробиологические показатели превышают санитарные нормы, что в свою очередь делает невозможным использование озера в целях водных процедур (купание).

Наличие вредных веществ, влияющих на состояние водной среды на территории озера Кривое незначительно. Поэтому не сказывается на видовом составе флоры и фауны. Это говорит об экологически безопасном состоянии исследуемого водного объекта. Воздействие жителей на окружающую среду становится всё более ощутимым. В разной степени изменению подверглись все природные компоненты окружающей среды.

У района есть экологические проблемы. Для их исправления необходимо активизировать работу по экологическому воспитанию и образованию населения и особенно молодёжи. Необходимо повысить роль общественности в решении экологических вопросов. Необходимо более широко освещать данные вопросы в местной печати по радио и телевидению.

Список литературы

Анализ качества воды. Мутность и прозрачность воды. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.isvod.center/post/mutnost-i-prozrachnost-vody> (просмотрено 22.02.2025).

Ахмадуллова А. Э. Влияние «цветения» сине-зеленых водорослей на экологическое состояние водоемов // Альманах научных открытий. Телеконференции. Научные труды. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://tele-conf.ru/aktualnyie-problemyi-ekologii/vliyanie-tsveteniya-sine-zelenyih-vodorosley-na-ekologicheskoe-sostoyaniye-vodoemov.html> (просмотрено 22.02.2025).

ГТРК «Смоленск. Новости. Места отдыха в «зеленой зоне» Красного Бора зачастую утопают в мусоре. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://gtrks-molensk.ru/news/mesta-otdyiha-v-zelenoj-zone-krasnogo-bora-zachast> (просмотрено 22.02.2025).

Екеева Э. В. Методы географических исследований: учебное пособие. – Горно-Алтайск: РИО ГАГУ, 2020. – 48 с.

Ерофеева Д. В. и др. Роль человека и влияние химического загрязнения на живой организм и растения // Наука и Образованиеобразование. – Симферополь: Ариал, 2024. – Т. 7, № 1. – С. 8.

Измайлова Н. Л., Ляшенко О. А., Антонов И. В. Биотестирование и биоиндикация состояния водных

объектов: учебно-методическое пособие к лабораторным работам по прохождению учебной (ознакомительной) практики. – СПб., 2024. – 52 с.

Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина Российской академии наук. Антропогенное эвтрофирование. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ibi.ru/index.php?p=edu/eco/ecoob> (просмотрено 22.02.2025).

Кудайбергенова У. К., Тлеумуратова Н. Ф. Методы биоиндикации для оценки качества водной среды // Экономика и социум. 2024. №2-1 (117). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/metody-bioindikatsii-dlya-otsenki-kachestva-vodnoy-sredy> (дата обращения: 03.03.2025).

Кушбокова Д. А. Биоиндикация как метод исследования экосистем // Достижения вузовской науки. 2023. № 4. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/bioindikatsiya-kak-metod-issledovaniya-ekosistem> (просмотрено 03.03.2025).

Любимова Е. А. К истории изучения геологических особенностей Смоленско-Московской возвышенности // Естественные и технические науки. – 2022. – № 4 (30). – С. 157–160.

Матвеева А. А. Применение биологических и механических барьеров для снижения шумового воздействия на объектах железнодорожного транспорта // Вестник ВолГУ. Экономика. – 2021. – № 2. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenie-biologicheskikh-i-mehanicheskikh-barierov-dlya-snizheniya-shumovogo-vozdeystviya-na-obek-tah-zheleznodorozhnoy-transporta> (просмотрено 03.03.2025).

Министерство природных ресурсов и экологии Смоленской области. Озеро Кривое. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://prirod.admin-smolensk.ru/news/ozero-krivoe/> (просмотрено 22.02.2025).

Науменко О. А. Методические подходы к оценке биологической и экологической безопасности природных водоемов // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры: Материалы Всероссийской научно-методической конференции, Оренбург, 01–03 февраля 2024 года. – 2024. – С. 4903–4906.

ООО «Геоизыскания». Гидрологический режим водоемов и его изменения. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://geoiziskaniya.com/article/gidrologicheskiy-rezhim-vodoemov-i-ego-izmeneniya> (просмотрено 22.02.2025).

ПНД Ф 12.15.1-08. Методические указания по отбору проб для анализа сточных вод» (утв. ФБУ «ФЦАО» 05.05.2015). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://gku-gkh.nso.ru/sites/gku-gkh.nso.ru/wodby_files/files/wiki/2021/06/pnd_f_12.15.1-08_metodi-cheskie_ukazaniya_po_otboru_prob_dlya_analiza_stonyh_vod.pdf (просмотрено 22.02.2025).

Сазонова Е. А. Качественная и количественная оценка территории исследования на основании результатов моделирования // Инновации и технологический прорыв в АПК: Сборник научных трудов международной научно-практической конференции, Брянск, 19 ноября 2020 года. Часть 1. – Брянск: Брянский государственный аграрный университет, 2020. – С. 93–98.

Сержантова И. А. Методы контроля загрязнения водоёмов и малых рек // Академическая наука – проблемы и достижения: Материалы XXXV международной научно-практической конференции, Bengaluru, India, 15–16 июля 2024 года. – Bengaluru: Pothi.com, 2024. – С. 1.

Соловьева Н. Е. Исследование талой воды (снега) как показатель загрязнения атмосферы урбанизированной среды Текст : непосредственный // Молодой учёный. – 2024. – № 14 (94). – С. 668–672. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://moluch.ru/archive/94/21041/> (просмотрено 03.03.2025).

Шевцова Ю. И. Методы оценки экологического состояния пресных водоемов. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://sdc.luga.ru/media/2941/bioindication-manual.pdf> (просмотрено 22.02.2025).

Fedorkina I. A. Assessment of the Impact of Anthropogenic Factors on the Ecology of Krivoye Lake // Экосистемы. 2025. Iss. 42. P. 79–86.

A comprehensive study was conducted to assess the ecological status of Krivoye Lake, located in the vicinity of Smolensk within the Krasny Bor Forest Park protected area. Previously, the ecological condition of this reservoir in the region has not been assessed, which indicates the relevance and significance of this work. A number of environmental problems caused by anthropogenic impact on the lake ecosystem were identified. Almost all environmental components have undergone changes of varying degrees. Currently, the main sources of pollution are vacationers and local residents. A large amount of garbage and remnants of campfires were found within the water protection zone. Meltwater, passing through the sources of pollution, carries harmful substances, penetrates the soil and ultimately flows into the lake. The practical value of assessing the anthropogenic impact on the ecological situation of Krivoye Lake lies in potential of using the obtained data to develop solutions to environmental problems and predict further environmental trends. Based on the analysis of the ecological situation of Krivoye Lake, the researcher proposes measures to improve the environment.

Key words: Smolensk Region, Krivoye Lake, Krasny Bor Forest Park; Protected Area; ecological condition; anthropogenic impact; protective zones.

Поступила в редакцию 20.03.25

Принята к печати 04.05.25