

УДК 574.52

## ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОДЫ В РЕКРЕАЦИОННОЙ ЗОНЕ РЕКИ ПСЁЛ

Медведева И.Е., Алехина М.С., Иванникова М.В., Протасова М.В.

ФГБОУ ВО «Курский государственный университет», Курск,  
e-mail: [sirina.medvedeva8@gmail.com](mailto:sirina.medvedeva8@gmail.com), [mariaalekhina14@yandex.ru](mailto:mariaalekhina14@yandex.ru),  
[mashavladiivann@gmail.com](mailto:mashavladiivann@gmail.com), [mar.protasova2012@yandex.ru](mailto:mar.protasova2012@yandex.ru)

**Аннотация.** В статье приведены данные об исследовании качества вод в рекреационной зоне р. Псёл. Река выполняет рекреационную функцию – на ее берегах располагаются активно используемые в теплый период года пляжи. Мониторинг состояния вод р. Псёл позволяет оценить экологическую безопасность водного объекта для местного населения, а также оценить степень воздействия, вызванного деятельностью человека. В ходе работы использовались методы биоиндикации и гидрохимического анализа. Качество вод оценивали биоиндикационным методом с помощью растений подсемейства рясковые Lemnaceae согласно методике. При выполнении гидрохимического анализа определили показатели химических веществ и pH воды р. Псёл. При выполнении исследования проводилось витальное окрашивание, которое показало, что рекреационная деятельность негативно сказывается на состоянии биоиндикатора. По результатам витального окрашивания листочков ряски малой двух проб отметили, в какой цвет они окрасились. Благодаря окрашиванию удалось установить, что воды в изучаемых объектах не оказывают сильного токсического воздействия, однако загрязнение влияет на состояние растений ряски. Было установлено, что класс качества вод для фонового участка и участка реки, испытывающего рекреационную нагрузку, одинаковый – 3 (загрязненная).

**Ключевые слова:** ряска малая, биоиндикация, химический анализ, водные объекты, гидрохимические показатели, река Псёл

## ASSESSMENT OF WATER QUALITY IN THE RECREATIONAL AREA OF THE PSEL RIVER

Medvedeva I.E., Alekhina M.S., Ivannikova M.V., Protasova M.V.

Kursk State University, Kursk, e-mail: [sirina.medvedeva8@gmail.com](mailto:sirina.medvedeva8@gmail.com),  
[mariaalekhina14@yandex.ru](mailto:mariaalekhina14@yandex.ru), [mashavladiivann@gmail.com](mailto:mashavladiivann@gmail.com), [mar.protasova2012@yandex.ru](mailto:mar.protasova2012@yandex.ru)

**Annotation.** The article presents data on the study of water quality in the recreational area of the river. Psel. The river performs a recreational function – beaches that are actively used in the warm season are located on its banks. Monitoring of the state of the waters of the river The Psel makes it possible to assess the environmental safety of a water body for the local population, as well as to assess the degree of impact caused by human activity. Methods of bioindication and hydrochemical analysis were used in the course of the work. The water quality was assessed by the bioindication method using plants of the duckweed Lemnaceae subfamily according to the method. During the hydrochemical analysis, the indicators of chemicals and the pH of the Psel River water were determined. During the study, vital staining was performed, which showed that recreational activities negatively affect the condition of the bioindicator. According to the results of vital staining of duckweed leaves from two samples, it was noted in what color they were stained. Due to staining, it was possible to establish that the waters in the studied objects do not have a strong toxic effect, but pollution affects the condition of duckweed plants. It was found that the water quality class for the background area and the section of the river experiencing recreational stress is the same – 3 (polluted).

**Keywords:** small duckweed, bioindication, chemical analysis, water bodies, hydrochemical indicators, Psel River

Актуальной задачей для современного водопользования регионов РФ является сохранение естественных водных объектов и качества их вод, ключевым моментом является гарантирование экологической безопасности для защиты населения. Как факторы природного происхождения (климат, особенности почвы, биоты), так и антропогенные факторы (активная хозяйственно-бытовая, промышленная или рекреационная деятельность в пределах водоохранной зоны) влияют на качество поверхностных вод [1].

Реки играют важную роль в окружающей среде, они оказывают влияние на ближайшие окрестности и считаются необхо-

димыми ресурсами, кроме того, река – это популярный участок для проведения досуга. Немаловажным является мониторинг и экологический контроль, которые означают анализ воды и водных ресурсов. Одним из ключевых моментов является комбинация различных методов, например химических и физико-химических, которые заключаются в оценке и определении качества воды и водных объектов.

Территория Курской области отличается довольно густой речной сетью, причем западная и центральная ее части относятся к бассейну Днепра, а восточная – к бассейну Дона. Общая численность рек составляет 902, суммарная протяженность которых

7600 км. Такие реки, как Тускарь, Псёл, Свапа и Сейм, составляют более 100 км. Они характеризуются небольшими речными уклонами и небольшими размерами.

Река Псёл считается одной из самых крупных рек, является второй по масштабам после Сейма, находящихся в Курской области. Река является единственной в области первого порядка, левым притоком Днепра и берет свое начало на юго-западном склоне Среднерусской возвышенности. Исток находится примерно на высоте 220 м над уровнем моря. Приблизительно в 10 км ниже устья р. Суджа и Псёл переходят на территорию Украины.

Река Псёл имеет многочисленное количество левых и правых притоков. К крупным правым притокам относятся следующие речки: Запселец, Суджа, Воробжа, к левым притокам можно отнести речки Солотина, Ивня, Пена, Бобравка, Илек. В местах близкого подхода р. Псёл к Обоянской водораздельной гряде (в Обоянском и Беловском районах) в реку впадает значительное количество небольших правобережных притоков, «разрезающих» водораздельную гряду – Трубеж, Усланку, Туровку, Каменку, Рыбинку, Долгий, Корочку, Беличку, Конопельку, Смердицу.

На безопасное рекреационное водопользование существенно влияет качество воды в поверхностных водоемах и техногенная нагрузка (рек, водохранилищ, озер, прудов), а также качество воды в них.

Обладая большим хозяйственным значением для местного населения, река испытывает интенсивное воздействие человеческой деятельности.

Стоит обратить внимание на функционирование урбанизированных территорий, а также принять все меры, которые будут способствовать контролю качества воды. Водные объекты могут реализовывать самые разнообразные функции, к которым относятся эстетические и рекреационные. Также они кондиционируют среду, являются резерватами биоразнообразия флоры и фауны экосистем городских ландшафтов. В последние десятилетия можно заметить существенный всплеск масштабов рекреационного спроса на акваториальные комплексы водохранилищ.

Они отвечают за повышение эстетики, предоставление рекреационных возможностей, просвещение общественности и охрану природных чудес городских условий, а также обеспечение ценной среды обитания для флоры и фауны. Рекреационные пользователи были живо заинтересованы в комплексах водохранилищ, которые видели значительный рост спроса в последние годы.

Река Псёл выполняет рекреационную функцию – на ее берегах располагаются активно используемые в теплый период года пляжи. Мониторинг состояния вод р. Псёл позволяет оценить экологическую безопасность водного объекта для местного населения, а также оценить степень воздействия, вызванного деятельностью человека.

Качество воды поверхностных водных ресурсов является результатом комплексного воздействия природных и антропогенных условий и последующего взаимодействия как во времени, так и в пространстве. Необходимость комплексного экологического мониторинга и геоэкологических оценок дает возможность проводить наблюдение не только изменений качества воды в малых реках, но и обнаруживать влияние в большей мере на более крупные водные объекты. Важным в конечном итоге является создание модели антропогенного воздействия в целом.

Цель – исследование качества воды р. Псёл в рекреационной зоне методами химического анализа и биоиндикации.

#### Материалы и методы исследования

Объектом для биотестирования и биоиндикации послужила ряска, ведь именно для нее характерна способность к быстрому размножению и простота строения. Данное растение не предъявляет серьезных требований к условиям произрастания. По следующим морфологическим признакам определяют чистоту исследуемого объекта: скорость роста, разветвленность корней, увеличение биомассы, изменение окраски листочков. У данных представителей можно определить концентрацию определенных загрязнителей, таких как тяжелые металлы или пестициды.

Качество вод оценивали биоиндикационным методом с помощью растений подсемейства рясковые Lemnaceae согласно методике [2].

При рассмотрении дикорастущих растений семейства рясковые, таких как ряска малая (*Lemna minor* L.), вольфия бескорневая (*Wolffia arrhiza* L.), ряска горбатая (*Lemna gibba* L.), пришли к выводу, что эти представители отличаются своими уникальными свойствами, именно при рассмотрении по вкусовым характеристикам. *Ряска малая* (*Lemna minor* L.) – растение, которое распространяется повсеместно, то есть является космополитом, в отличие от других видов ряски. Она в изобилии плавает на поверхности стоячих или медленно текущих вод. Часто встречается на илистых берегах усыхающих прудов и заводей.

Необходимо подчеркнуть способ размножения рясковых, оно вегетативное и заключается в отделении молодых листочков от старых. Листочек – это пластинка ряски, где лист и стебель сплетены воедино. В самом начале расположен карманный отсек, с одной стороны которого возникает новый стебель, соединяющийся со старым. В дальнейшем происходит образование еще одного стебля, который уже отделяется и начинает расти самостоятельно.

Для проведения исследования отбирали ряску в начале июля в двух точках: в качестве места, испытывающего рекреационную нагрузку, был выбран неорганизованный пляж, в качестве фонового участка была выбрана зона р. Псеёл, находящаяся выше по течению, в отдалении от жилых домов и промышленных предприятий.

Для определения преобладающего в исследуемых зонах вида ряски, отобранные пробы разделили по видам, используя определитель. Далее сосчитали количество объектов преобладающего вида и продолжили анализ на основании общего количества поврежденных щитков к общему числу.

К специфическим чертам ряски относится простота строения. Можно отметить, что при изучении основных функций, которые характерны для практически всех видов ряски, одной из важнейших является транспорт питательных веществ, при помощи которого случается сплетение изучаемых объектов в общий зеленоватый ковер, который помогает им оставаться на поверхности.

Лист и стебель у рясок сплетены воедино, листочек в размерах колеблется от 0,3 до 0,5 см. Исключением является вольфия, которая в рассматриваемом семействе самый маленький представитель, ее длина составляет 0,1–0,2 см. Поверхность листочка, как и все растение, очень нежная, что позволяет его использовать как зеленой овощ в питании человека. Если рассматривать органы защиты от испарения, то у наземных растений – это кожица листьев, у водных, в том числе у рясок, – кожица, которая изменила свое строение, она крайне нежна и содержит даже хлорофилл.

Не рекомендуется употреблять в пищу ряску, собранную в водоемах, которые предназначены для отдыха, купания людей, поения скота. В рассматриваемом варианте высока вероятность инфицирования кишечными инфекциями. Одним из примеров может служить сальмонеллез, переносчиком которого являются утки.

Ряска очищает воду путем сорбции биогенных веществ. Благодаря высокой продуктивности ряска поглощает значительное содержание биогенных элементов, которое

колеблется до 98%, но именно это помогает с очищением  $H_2O$ . Исследуемое растение устойчиво к высоким концентрациям нитратов, аммиака, фосфатов.

Химический анализ вод проводился в соответствии с ПНДФ-14.1:2:4.167-2000, ПНДФ-14.1:2:4.157-99, ГОСТ Р 31954-2012, ПНДФ 14.1:2:3.121-97, ПНДФ 14.1:2:4.139-98.

В качестве тест-организма часто используется ряска, потому что она отличается вариабельностью внешних характеристик, которые могут быть заметны по следующим отличительным реакциям: некрозы, хлорозы, увядание, степень пожелтения. По перечисленным морфологическим признакам можно судить о токсичности проб воды, и для того, чтобы определить их, вовсе не требуется дорогостоящее оборудование.

Также в изучаемых зонах был проведен токсикологический анализ. Для этого был использован метод витального окрашивания, основанный на реакции клеток на краситель сафранин [3]. Мертвые клетки легкопроницаемы, в отличие от живых клеток, так как не способны поддерживать осмотическое давление, в результате чего приобретают яркую легкоразличимую красную окраску. В зависимости от количества мертвых клеток в листочке окраска, наблюдаемая в бинокулярный микроскоп, может варьироваться от ярко-красной до светло-желтой или зеленой, полностью здоровые клетки не окрашиваются. Для анализа листочка ряски помещали в раствор сафранина (20 мг вещества к 100 мл спирта) в течение 2–3 мин на предметное стекло. Сафранин образует пикрат, нерастворимый в воде, но растворимый в хлороформе. Затем при помощи бинокулярного микроскопа оценивалась окраска листочков ряски.

#### Результаты исследования и их обсуждение

Доминирующим видом в отобранных пробах являлась ряска малая (*Lemna minor* L.). Результаты исследования биоиндикации представлены в табл. 1. Наибольшее число растений наблюдалось в пробах, отобранных в р. Псеёл на неорганизованном пляже –  $106,8 \pm 4,49$ , что больше значения фонового участка в 2,67 раза. Это можно объяснить повышением содержания органического вещества в результате антропогенной деятельности. Высокое содержание органических и минеральных веществ в воде создает комфортные условия для активного размножения ряски [4]. При этом среднее число щитков на одном растении больше для проб, отобранных на фоновом участке р. Псеёл  $2,9 \pm 0,15$ .

Таблица 1

Количественные показатели оценки  
специфической индивидуальной реакции ряски малой

Участок исследования	Число растений	Число общих щитков	Среднее число щитков на особи	Число щитков с повреждением	Процент щитков с повреждением от пробы, %	Класс качества воды
Фоновый участок, не подвергающийся антропогенному воздействию	40,0±3,0	108,0±5,4	2,9±0,15	11,2±0,56	11,1±0,89	3
Участок, испытывающий рекреационную нагрузку, неорганизованный пляж	106,8±4,49	226,0±5,0	2,2±0,04	36,2±1,09	15,9±0,2	3

Таблица 2

Гидрохимические показатели вод р. Псёл

№	Наименование показателя, единицы измерения	НД на методы испытаний	Результаты испытаний	Погрешность результатов испытаний	ПДК для водных объектов ГН 2.2.5.1315-03
1.	Аммоний, мг/дм <sup>3</sup>	ПНД Ф 14.1:2:4.167-2000	< 0,5*	–	1,5
2.	Калий, мг/дм <sup>3</sup>		5,55	±0,78	–
3.	Натрий, мг/дм <sup>3</sup>		26,31	±2,63	200
4.	Литий, мг/дм <sup>3</sup>		< 0,015*	–	0,03
5.	Магний, мг/дм <sup>3</sup>		9,40	±1,32	50
6.	Стронций, мг/дм <sup>3</sup>		< 0,5*	–	7
7.	Барий, мг/дм <sup>3</sup>		< 0,1*	–	0,7
8.	Кальций, мг/дм <sup>3</sup>		89,33	±8,93	–
9.	Хлорид-ион, мг/дм <sup>3</sup>	ПНД Ф 14.1:2:4.157-99	10,76	±1,08	350
10.	Нитрит-ион, мг/дм <sup>3</sup>		< 0,2*	–	3,3
11.	Сульфат-ион, мг/дм <sup>3</sup>		28,90	2,89	500
12.	Фторид-ион, мг/дм <sup>3</sup>		0,28	±0,05	–
13.	Фосфат-ион, мг/дм <sup>3</sup>		4,47	±0,45	–
14.	Нитрат-ион, мг/дм <sup>3</sup>	0,94	±0,19	–	
15.	Жесткость общая, °Ж	ГОСТ Р 31954-2012	6,70	±1,01	7,0
16.	рН (водородный показатель), ед.рН	ПНД Ф 14.1:2:3.121-97	7,70	±0,2	6,5–8,5
17.	Железо, мг/дм <sup>3</sup>	ПНД Ф 14.1:2:4.139-98	0,083	±0,025	3

Оценка числа поврежденных щитков ряски показала, что больший процент повреждения характерен для растений, отобранных на участке, испытывающем антропогенную нагрузку, 36,2±1,09%, что выше фонового значения в 3,2 раза. Класс загрязнения поверхностных вод для обоих участков – 3 (загрязненная).

Одинаковый класс качества воды по результатам биоиндикации объясняется наличием антропогенной нагрузки на протяжении всего русла р. Псёл, так как вдоль него находится множество населенных пунктов выше и ниже по течению относительно точек отбора. Однако более высокий процент поврежденных щитков говорит об увеличе-

нии негативного воздействия на фитоценоз прибрежной зоны р. Псёл в результате рекреационной деятельности человека.

По результатам витального окрашивания листцов ряски малой двух проб отметили, что в обоих случаях полученные препараты окрасились оранжевым, гибель же листцов предполагает окрашивание в ярко-красный цвет. В этом случае можно установить, что воды в изучаемых объектах не оказывают сильного токсического воздействия, однако загрязнение влияет на состояние растений ряски.

Результаты гидрохимического исследования воды р. Псёл представлены в табл. 2. По результатам видно, что содержание основных химических веществ остается в пределах нормы или значительно ниже значений ПДК для вод культурно-бытового значения.

Также в результате исследования общей жесткости вод реки Псёл был получен показатель 6,7, что соотносится с более ранними исследованиями [5]. Значение водородного показателя составляет 7,7 для данного объекта, что соответствует нейтральной среде и остается в пределах нормы [6]. В целом гидрохимические показатели данного водного объекта соответствуют ранее полученным результатам для вод рек бассейна Днепра [7].

### Заключение

Таким образом, в результате исследования выявили, что класс качества воды фонового участка р. Псёл и участка, подвергающегося рекреационной нагрузке, одинаковый – 3 класс (загрязненная), что объясняется наличием населенных пунктов и антропогенной деятельности на протяжении всего русла реки вверх по течению. Гидрохимическое исследование показало, что содержание химических веществ и pH воды р. Псёл находятся в пределах допу-

стимых значений. В результате витального окрашивания установили, что на состояние растений ряски малой не оказывается высокое токсикологическое воздействие, однако рекреационная деятельность негативно сказывается на состоянии биоиндикатора, что подтверждается более высоким процентом поврежденных щитков ряски.

Управление сточными водами в результате строительства новейших и результативных очистных сооружений, экологического проектирования по берегам водотоков и водохранилищ является важнейшими этапами в целях защиты окружающей среды, а также сохранения хорошего качества воды.

### Список литературы

1. Красников Д.В., Кондрашова И.Н. Экологическая оценка качества природных вод национального парка «Орловское Полесье» с использованием растений подсемейства рясковые Lemnaceae // Ученые записки Орловского государственного университета. Серия: Естественные, технические и медицинские науки. 2014. № 6. С. 68–70.
2. Ашихмина Т.Я. Экологический мониторинг: учебно-методическое пособие. М.: Академический проект, 2008. 45 с.
3. Цаценко Л.В., Пасхалиди В.Г. Рясковые как модельный объект в биотестировании водной и почвенной среды // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. 2018. Вып. 4 (176). С. 146–151.
4. Андреева А.С., Кузьмина Д.А., Леухин Д.Н. Биоиндикация загрязнения водоемов г. Волжска, оз. Малый Яльчик по состоянию популяций растений семейства рясковые // Редакционная коллегия. 2016. С. 142.
5. Назаренко С.Н. Гидрохимические исследования состояния рек как среды обитания рыб // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2015. № 6. С. 49–51.
6. Доклад о состоянии и охране окружающей среды на территории Курской области в 2018 году // Администрация Курской области [Электронный ресурс]. URL: <http://adm.rkursk.ru> (дата обращения: 11.03.2024).
7. Михеев Ю.Ю., Моисеева Е.В. Эколого-аналитический анализ качества воды рекреационных зон Воронежского водохранилища // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2019. Т. 7, № 3 (46). С. 187–193.