



УДК 911.8-911.9

## ИЗМЕНЕНИЕ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД ПОД ДЕЙСТВИЕМ РЕКРЕАЦИОННЫХ И ПРОМЫШЛЕННЫХ НАГРУЗОК (НА ПРИМЕРЕ ТЕРРИТОРИЙ ПЕРМСКОГО КРАЯ)

**М.С. Оборин<sup>1</sup>, О.В. Ларченко<sup>2,3</sup>,  
Т.П. Девяткова<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Пермский государственный педагогический университет, Россия, 614000, г. Пермь, ул. Пушкина, 42

E-mail: [recreachin@rambler.ru](mailto:recreachin@rambler.ru)

<sup>2</sup> Пермский государственный национальный исследовательский университет, Россия, 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15

E-mail: [hydrology@psu.ru](mailto:hydrology@psu.ru)

<sup>3</sup> Естественнонаучный институт ПГНИУ, Россия, 614990, г. Пермь, ГСП, ул. Генкеля, 4

В статье рассмотрены вопросы изменения качества поверхностных вод по действием рекреационного и промышленного воздействия. Приведены исчерпывающие фактические и экспериментальные данные. Предложены мероприятия по предотвращению негативного воздействия.

Ключевые слова: качество вод, рекреационное воздействие, рекреация.

### Введение

Основным источником получения необходимых людям материальных и нематериальных благ служат естественные (природные) ресурсы. К ним относятся элементы природы, которые на данном уровне развития производственных сил используются или могут быть использованы для удовлетворения потребностей человеческого общества. В отношении ресурсов природа рассматривается с учетом как интересов производства (земельные, водные ресурсы и др.), так и условий жизнедеятельности людей (рекреационные, лечебные ресурсы и др.).

В работе рассматривается изменение качества поверхностных вод на территории Усть-Качкинской курортно-рекреационной зоны. Для изучения этого вопроса использовались гидрохимические методы анализа качества вод и сравнения их со стандартами (нормативами). В дальнейшем проводилась оценка изменения качества поверхностной воды под влиянием деятельности человека и особенностей этого влияния на окружающую природную среду.

Направления развития природных объектов определяется уровнем внешних нагрузок и системообразующих условий, выстроенных в иерархической последовательности. Если мощность внутрисистемных связей выше мощности внешнего воздействия, система находится в устойчивом состоянии. Поэтому необходим анализ позитивных связей и условий системообразования. Используя природные ресурсы и условия территории, человек оказывает на окружающую природу различные по силе и характеру воздействия.

Человеческая деятельность изменяет состав, состояние, структуру и функции природных систем. Начальное воздействие на тот или иной компонент природы по цепи вертикальных связей передается на другие компоненты, а по каналам горизонтальных связей – на другие геосистемы. Причинами изменений экологической ситуации любой территории могут быть факторы различного происхождения – природного, антропогенного и природно-антропогенного, но главной и наиболее распространенной причиной нарушений в природных системах любого уровня является деятельность человека. Под влиянием антропогенных факторов природные системы изменяются, разрушаются и перестают частично или полностью выполнять важные экологические, экономические и социальные функции в жизни человека.

Для изучения антропогенного воздействия на природную среду необходимо проведение исследований в двух направлениях:

- изучение качественных изменений в функционировании и развитии основных компонентов природных и природно-антропогенных систем (трансформация водного режима и качества вод, степень деградации почвенно-растительного покрова и т. п.);
- на основе качественных изменений проведение количественной оценки антропогенной (рекреационной) нагрузки в целом для всей системы.



### Объект исследования

Усть-Качкинская курортно-рекреационная зона (УКРЗ) в той или иной степени испытывает вмешательство человека, которое привело к изменению основных компонентов этой системы. Для анализа современной экологической ситуации, под которой мы понимаем взаимообусловленное сочетание природных и антропогенных факторов, влияющих с положительной или отрицательной стороны на функционирование системы различного происхождения, необходимо иметь репрезентативную информацию об основных ее элементах. Особенностью УКРЗ является наличие больших водных пространств, включая Воткинское водохранилище.

Изменение гидрохимического состава вод. Интегральным показателем, общепринятым на территории РФ и характеризующим экологическое состояние вод является индекс загрязненности воды (ИЗВ). Этим показателем очень удобно пользоваться при характеристике крупных водных объектов, имеющих региональное значение. В нашем случае мы его можем только использовать для характеристики небольшого участка Воткинского водохранилища, находящегося на территории УКРЗ.

На участке Воткинского водохранилища ниже г. Краснокамска до г. Чайковского качество воды также сохраняется на уровне 2004–2005 гг., ИЗВ не превышает 2.5 в большинстве створов, что соответствует 3-му классу – вода умеренно загрязненная. Среднегодовые концентрации, превышающие ПДК, составили по меди – 3 ПДК, марганцу – 7 ПДК, железу общему – 3 ПДК. Среднегодовой уровень загрязнения фенолами и нефтепродуктами не превысил уровня ПДК.

Качество воды относится к числу важнейших показателей, определяющих экологическое состояние любого водного объекта, характер и степень влияния на него антропогенных факторов. В соответствии с положениями «Единых критериев качества вод» [1] под понятием «класс качества вод» понимается состояние вод, определяемое комплексом нормативных величин показателей. Они связаны с функционированием водных экосистем и требованиями водопользователей.

Гидрохимические особенности исследуемых водоемов и водотоков формируются под влиянием факторов различного происхождения – природного и антропогенного. По совокупности всех факторов система водотоков объекта исследования определяется функционированием 2 подсистем:

- 1) взаимосвязанная подсистема водохранилище–заливы;
- 2) подсистема бассейна р. Осиновки и нижнее течение р. Качки.

Для характеристики качества вод на территории УКРЗ использовалась информация полевых гидрохимических исследований в летний период с 1997 по 2002 гг., проведенных совместно лабораторией комплексных исследований водохранилищ при ЕНИ ПГНИУ и кафедрой гидрологии суши ПГНИУ [2, 3, 4].

Взаимосвязанная подсистема водохранилище–заливы. На формирование качества воды в водохранилище влияет множество абиотических, биотических и антропогенных факторов, которые определяют трансформацию основных химических компонентов, интенсивность и направленность химических процессов.

Для участка Воткинского водохранилища в районе курорта «Усть-Качка» качество воды обусловлено влиянием промышленных и бытовых стоков городов Пермь и Краснокамск. В летний период минерализация воды не превышает 500 мг/л, а преобладающей гидрохимической фацией является гидрокарбонатно-сульфатно-кальциевая. В районах крупных населенных пунктов отмечались аномалии с повышенным содержанием хлоридов. По данным Пермского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, качество воды в районе г. Перми не отвечает нормам рыбохозяйственных водоемов и водных объектов хозяйственно-бытового водопользования по содержанию фенолов, нефтепродуктов и др.

В связи с изменением экологической ситуации результаты анализов не выявили повышения общей минерализации более 265 мг/л, а содержание хлоридов соответствовало естественному фону: 10–15 мг/л в июле и 29 мг/л в августе 1998 года. Летом 1999 года тенденция к понижению общей минерализации и хлоридов продолжилась.

Химический состав воды в заливах несколько отличается от водохранилища в связи с поступлением в их верховья естественных природных вод с заболоченных массивов камской поймы, очень богатых биогенными веществами.

Анализ химического состава вод заливов и водохранилища показывает, что в заливах вода чище. Общая минерализация воды в водохранилище в районе пляжа курорта составила 214 мг/л, а в устьевой части заливов – 190 мг/л. Концентрация сульфатов составила на водохранилище в районе пляжа – 63.4 мг/л и в заливах – 36 мг/л.



Содержание железа значительное: на водохранилище – 0.54–0.98 мг/л, в заливах – 0.5–1.6 мг/л. Повышенное количество железа в водах может быть обусловлено литологическими и геологическими особенностями территории, создающими естественный фон.

Концентрация биогенных веществ (аммоний, нитриты, нитраты) выше ПДК, кроме нитратов. На водохранилище количество ионов аммония колеблется в пределах 0.68–1.26 мг/л, а в заливах – 1.12–1.68 мг/л, а максимальная величина отмечается в районе пляжа курорта. Около пляжа также наблюдается и повышенное содержание нитритов – 0.14 мг/л (в 2 раза больше ПДК), но на водохранилище выше с. Усть-Качка оно составляет 0.07 мг/л, в заливах 0.02–0.04 мг/л. Общее содержание нитратов не превышает ПДК. В заливах они не обнаружены.

Величина перманганатной окисляемости изменялась в пределах от 8.0 до 18.1 мг  $O_2$ /л, достигая наибольших величин в заливах.

Воды водохранилища и заливов относятся к мягким, общая жесткость изменяется в пределах от 1.40 до 3.40 мг-экв.

Все воды в летний период достаточно насыщены кислородом.

Таким образом, по европейским стандартам [1] качества поверхностных вод (по показателям групп А и Б) все воды подсистемы «водохранилище–заливы» можно отнести по различным показателям к 1–6 классам качества. По сумме ионов, жесткости, сульфатам и хлоридам – к 1 классу качества; по общему железу – 2–3 класс; по аммонии – 3–4 класс; по нитратам – 3–5 класс, а в районе пляжа к 6 классу качества. Последнее, на наш взгляд, объясняется большой рекреационной нагрузкой в летний период на пляж и прилегающую акваторию водоема, а также естественными процессами эвтрофирования вод заливов.

В соответствии с СанПиНом 2.1.5980-00 «Водоотведение населенных мест, санитарная охрана водных объектов. Гигиенические требования к охране поверхностных вод. Санитарные правила и нормы» [5] и ГОСТом 17.1.5.02-80 «Гигиенические требования к зонам рекреации водных объектов» по основным гидрохимическим характеристикам качество поверхностных вод данной подсистемы Усть-Качкинской курортно-рекреационной зоны УКРЗ отвечает требованиям, предъявляемым для вод рекреационного водопользования полностью для вод заливов и частично для р. Кама в районе пляжа.

Соответственно, вода в р. Каме и в заливах является непригодной для использования в питьевых целях, но может использоваться без предварительной подготовки для целей рекреации, в том числе проведение лечебных и оздоровительных процедур (талассотерапия в речных условиях). Только в районе курортного пляжа вода является периодически непригодной даже для рекреации, что связано с продолжительным жарким периодом, практически отсутствием водообмена и органическим загрязнением различной природы.

Подсистема бассейна р. Осиновки и нижнее течение р. Качки. По результатам гидрохимического опробования можно оценить качество воды в верхней части русла р. Осиновки (за дамбой) и в устьевой части водоема перед сбросом в р. Качку. Сравнение результатов анализов позволяет сделать следующие выводы.

Вода р. Осиновки сильно минерализована. При этом общая минерализация возрастает от 900 выше дамбы до 1373 мг/л в устье. Что превышает ПДК. В этом же направлении возрастает содержание хлоридов, кальция и гидрокарбонатов, что свидетельствует о минеральном загрязнении, особенно в среднем и нижнем течении реки. Об источнике загрязнения судить сложно, так как не проводятся постоянные мониторинговые гидрохимические работы, но не исключен подток минеральных вод.

Содержание нитритов, нитратов и аммония не превышает ПДК, однако их наличие говорит об органическом загрязнении реки в основном естественного происхождения. Выше дамбы нитриты не были обнаружены, а содержание нитратов составляет 1.50 мг/л. В таком случае, можно полагать, что в этой части активен процесс минерализации органического вещества. Высокая окисляемость (перманганатная) – 32.82–51.4 мг $O_2$ /л подтверждает наличие естественного органического загрязнения за счет отмирания водной растительности.

Выделить в общем органическом загрязнении естественное или антропогенное практически невозможно, но можно точно утверждать, что существуют оба этих фактора:

- естественное загрязнение возникает за счет подтопления территории и последующего ее заболачивания;
- антропогенное загрязнение, обусловленное поступлением продуктов человеческой деятельности.

По суммарной величине растворенных веществ по европейским стандартам качества [1] вода р. Осиновки может быть отнесена к 4–6 классам качества; по всем остальным показателям (хлориды, сульфаты, общее железо) – 3–4 классам; по перманганатной окисляемости – к 4–6 классам.



Таким образом, вода р. Осиновки является грязной, непригодной для использования в питьевых и рекреационных целях, ограничено пригодной для полива земель и не обеспечивает сохранение ихтиофауны. Кроме того, загрязненные воды р. Осиновки по мере наполнения устьевого водоема сбрасываются в р. Качку, ухудшая и ее качество практически по всем основным показателям – общей минерализации, жесткости, сульфатам, хлоридам, биогенным веществам (2–4 классы качества).

Микробиологическое состояние. Анализ микробиологического состояния основных водных объектов УКРЗ проводится по данным собственных полевых обследований и анализов, полевых данных кафедры гидрологии и охраны водных ресурсов ПГНИУ [4, 6, 7, 8] и по материалам Ларченко О.В. [3]. Дополнить представление о качестве вод и экологическом благополучии в целом позволило микробиологическое исследование, так как микроорганизмы являются наиболее чувствительными и тонкими биоиндикаторами.

По стандартным методам, принятым в водной микробиологии, определены типичные и в то же время наиболее характерные для микробиологического анализа воды группы микроорганизмов. Это общая численность бактерий (ОЧБ), количество сапрофитов и их доля в бактериопланктоне в виде обратного соотношения, число олигокарбофилов и индекс трофности в виде соотношения между ними и сапрофитами. Обработанные результаты микробиологических исследований представлены в таблице 1.

При сравнении результатов микробиологического анализа воды 1998 и 1999 годов установлено [3, 8], что формирование микробиологического режима водных объектов изучаемой территории имеет как общие, так и отличительные черты развития микробных сообществ. В пространственном распределении численности бактериопланктона в 1999 году произошли явные изменения количественных характеристик всех микробиологических показателей в устьевой части заливов Воткинского водохранилища и в устье р. Осиновки.

Общая численность бактерий (ОЧБ). В устье заливов произошло снижение почти на 1 миллион бактериальных клеток (ОЧБ), в 20 раз – сапрофитных и почти в 3 раза олигокарбофильных микроорганизмов. В то же время, в устье р. Осиновки соответствующие показатели, наоборот, стали выше, а именно: ОЧБ – на 2 миллиона клеток, сапрофиты – в 4 раза и только олигокарбофилы остались на уровне 1998 года. В целом, для всех анализируемых пяти участков ОЧБ аналогична выявленной ситуации в 1998 года – основная масса бактериопланктона находится в пределах от 1 до 2 миллионов клеток, составляя в среднем около 1.5 млн. кл./мл.

Сапрофиты. Помимо максимума в устье р. Осиновки и минимума в устье заливов, распределение сапрофитов в 1999 году на остальных пунктах отбора проб (в заливе Ia, районе пляжа Воткинского водохранилища, р. Осиновке перед дамбой) было таким же, как в 1998 году, за исключением залива II, где их численность возросла в 3 раза.

Олигокарбофилы. Интенсивность развития олигокарбофильных бактерий как основной части автохтонной микрофлоры (микрофлоры, присущей самому водоему) в повторных анализах варьировала от очень низкой в заливах Ia и в р. Осиновке, низкой в заливе II и в устье заливов, до практически не изменившейся в районе пляжа курорта и в устье р. Осиновки.

На всех пунктах отбора проб были зарегистрированы неудовлетворительные значения косвенных показателей качества воды, рассчитанные по соотношениям между численностью анализируемых физиологических групп микроорганизмов. Индекс трофности (частное от деления олигокарбофилов на число сапрофитов) был ниже 4, а процент сапрофитов от общей численности бактерий (S/B) выше 0.3. Величина приведенных косвенных показателей свидетельствует о присутствии в воде достаточного большого количества органических веществ, как естественного происхождения, так и поступающих в результате хозяйственной деятельности человека.

Величина приведенных косвенных показателей свидетельствует о присутствии в воде достаточно большого количества органических веществ, как естественного происхождения, так и поступающих в результате хозяйственной деятельности человека.

Вода характеризовалась как чистая только в устье пойменных заливов Воткинского водохранилища (S/B – 0.19, а индекс трофности – 9.98). На всех остальных пунктах отбора проб (станциях) качество воды неудовлетворительное или опосредованное.

Результаты анализов 2000–2005 годов [4] колеблются, в целом, согласно уже установленным закономерностям, что позволяет оценить качество воды по микробиологическим показателям как удовлетворительно чистая вода в заливах, умеренно загрязненная в водохранилище около курорта и загрязненная в р. Осиновке.

В целом, по микробиологическим показателям и нормам [3, 8] качество воды водоемов и водотоков объекта исследования можно классифицировать как удовлетворительное (<10.0 тыс. кл./мл сапрофитов). В р. Осиновке качество воды колеблется от посредственной до загрязненной (<50.0–250.0 тыс. кл./мл сапрофитов), что вполне согласуется с отнесением качества



воды по гидрохимическим показателям к классам загрязненной и очень загрязненной воды (табл. 1).

Таблица 1

**Результаты микробиологических анализов воды водоемов и водотоков, расположенных на территории Усть-Качкинской курортно-рекреационной зоны [3, 4, 8]**

Местоположение точек отбора проб	Общее число бактерий, В, млн. кл/мл	Сапрофиты, S, тыс. кл/мл	Олигокарбофилы, тыс. кл/мл	Отношение	
				S/B	Индекс трофности
1. Залив Ia	1.51	4.2	6.85	0.28	1.63
2. Залив II	1.23	6.65	26.50	0.54	3.98
3. Воткинское вдхр., устье заливов	1.01	2.00	19.95	0.19	9.98
4. Воткинское вдхр., пляж курорта	1.14	9.85	16.65	0.86	1.69
5. р. Осиновка перед дамбой	1.99	44.0	48.50	2.21	1.10
6. Устье р. Осиновки	3.01	106.5	210.50	3.51	1.98

### Заключение

Система туристско-рекреационного природопользования и анализ антропогенной трансформации естественных природных комплексов объекта исследования под действием туристской и рекреационной деятельностью рассмотрены в разных материалах [9, 10]. Рассмотренные результаты микробиологических анализов показали, что микробный фон водоемов и водотоков, находящихся на территории Усть-Качкинской курортной зоны, достаточно неоднороден, а пространственное распределение бактериопланктона неравномерно.

Основными факторами, обуславливающими эту неравномерность, являются как природные (морфометрические, гидрологические, гидробиологические), характерные для каждого индивидуального участка, так и антропогенные, связанные с хозяйственным и рекреационным использованием исследуемых участков водных экосистем. Источниками загрязнения являются бытовые стоки населенных пунктов и дачных кооперативов, расположенных по берегам водных объектов, а также стоки с пашен сельхозугодий и дачных участков. Помимо этого существует еще и естественное органическое загрязнение, вызванное отмиранием водной растительности.

Кроме этого, водные объекты испытывают большие рекреационные нагрузки, связанные с купанием и отдыхом людей. В таком случае, нарушения, происходящие в природной среде под влиянием водохранилища и антропогенной деятельности в руслах рек, можно рассматривать как взаимосвязанные между собой изменения в самом водоеме (водного режима и качества вод), а также изменения в природных условиях прибрежной зоны.

### Список литературы:

1. Водохранилища и их воздействие на окружающую среду. – М.: Наука, 1986. – С.123, С.206-211.
2. Девяткова Т.П., Морозова Г.В., Левковский В.П. Гидроэкологические особенности малых рек в курортной зоне п. Усть-Качка // Гидрология Урала на рубеже веков. – Пермь: ПГУ, 1999. – С. 42–44.
3. Ларченко О.В. Системообразующая роль водного фактора в развитии и функционировании природно-антропогенных комплексов (на примере Усть-Качкинской рекреационной зоны): Дисс...к.г.н. – Пермь, 2004. – 205 с.
4. Эколого-гидрологические исследования водных объектов на территории Усть-Качкинского сельсовета (отчеты студентов). Фонды кафедры гидрологии суши и охраны водных ресурсов ПГУ и ЕНИ при ПГУ с 1996-2005 гг.
5. СанПиН 2.1.5980-00. Водоотведение населенных мест, санитарная охрана водных объектов. Гигиенические требования к охране поверхностных вод. Санитарные правила и нормы. – М.: 2001. – 17 с.
6. Оборин М.С., Девяткова Т.П., Воронов Г.А. О необходимости применения системного подхода при создании экологического паспорта объекта (на примере Усть-Качкинской курортно-рекреационной зоны) // Вестник Пермского государственного университета. – Пермь, 2005. – С. 56–69.
7. Оборин М.С. Экологический паспорт особо охраняемого природного объекта (на примере Усть-Качкинской курортно-рекреационной зоны) // Экология и промышленность России. – М.: 2007. – С. 38–41.
8. Оборин М.С. Усть-Качкинская курортно-рекреационная зона как эколого-социально-экономическая система: Дисс...к.г.н. – Пермь, 2007. – 227 с.
9. Оборин М.С. Особенности анализа рекреационной и антропогенной нагрузки вследствие санаторно-курортной и туристской деятельности // Географический Вестник. Пермь: ПГУ. – 2010. – № 2. – С. 19–24.



10. Оборин М.С. Туристско-рекреационное природопользование: основные направления изучения и анализа // Географический Вестник. Пермь: ПГУ. – 2011. – № 2. – С. 68–73.

## **CHANGE OF QUALITY OF THE SURFACE WATER UNDER THE INFLUENCE OF RECREATIONAL AND INDUSTRIAL LOADS (ON AN EXAMPLE OF TERRITORIES OF PERM KRAI)**

**M.S. Oborin <sup>1</sup>, O.V. Larchenko <sup>2,3</sup>,  
T.P. Devyatkova <sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Perm State Pedagogical University, 42  
Pushkin St., Perm, 614000, Russia

<sup>2</sup> Perm State National Research University,  
Perm, 15 Bukirev St., Perm,  
614990, Russia

<sup>3</sup> Natural Sciences Institute PSNRU  
614990, Perm, 15 Bukirev St., Perm,  
614990, Russia

The questions of changing of quality of surface waters under the action of recreational and industrial influence are considered. The exhaustive factual and experimental data are adduced. The actions for the prevention of negative influence are offered.

Keywords: quality of surface waters, recreational influence, recreation.