

ГЕОГРАФИЯ И ЭКОЛОГИЯ

УДК 504.4.054

Н.И. Алексеевский¹, М.Б. Заславская¹, А.В. Гончаров²

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ИЗУЧЕНИЮ И ПАРАМЕТРИЗАЦИИ КАЧЕСТВА ВОДЫ

Рассмотрены проблемы формирования и изменения качества поверхностных вод с точки зрения неблагоприятного влияния их химического состава на возможность и эффективность водопользования, здоровье населения и экологическое благополучие водных биоценозов. Показано, что при изучении экологического благополучия водных объектов и определении безопасных и эффективных условий водопользования необходимо использовать разные подходы к оценке качества воды (геохимические, биологические, санитарно-гигиенические, водохозяйственные). Каждый из них обеспечивает оценку влияния соответствующих факторов на степень токсичности поверхностных вод и их пригодности для водопользования. Кратко охарактеризованы современные доктрины изучения качества воды и роль гидрологических факторов в ухудшении (или улучшении) гидрохимического состояния водных объектов. Определена роль речного стока и его составляющих (сток воды, наносов, химических веществ, живого вещества, теплоты), а также энергии водных потоков в трансформации химического состава поверхностных вод. Проанализированы современные методы параметризации качества воды с учетом изменчивости гидрологических характеристик для определения условий изменения безопасности населения, водопользования и водных биоценозов.

Ключевые слова: качество воды, параметризация, гидрологические факторы, водное хозяйство, речной сток, формирование и изменение качества воды.

Введение. Проблема формирования и изменения качества воды относится к междисциплинарным и исключительно сложным. Вопросам параметризации качества воды уделяется большое внимание во многих странах мира. В США аналогичными работами занимается Агентство по охране окружающей среды (EPA), в обязанности которого входит публикация разработанных стандартов и критериев качества вод [Code..., 2005]. При этом в последние годы здесь усиливается тенденция учета региональных особенностей состава и качества вод, возрастает роль биологических методов [Plafkin et al., 1989; Metzeling et al., 2006].

С принятием Рамочной водной директивы ЕС [European..., 2000] в европейских странах произошло существенное изменение системы нормирования – переход от оценки качества воды по отдельным видам водопользования к экологическому нормированию на основе показателей ненарушенного (фоновое) состояния воды [Buffagni et al., 2001]. В то же время во многих европейских странах есть свои стандарты качества природных вод, некоторые из которых рассмотрены ниже.

Избыточное содержание химических веществ в воде или их дефицит, наличие в воде болезнетворных бактерий – фактор негативного изменения здоровья населения. Изменение физических, химичес-

ких, биологических и гидрологических характеристик определяет экологические условия развития водных биоценозов.

Под качеством воды понимается характеристика ее состава и свойств, определяющая пригодность воды для хозяйственных целей [Охрана..., 1984]. Постепенно это определение трансформировалось, поскольку здоровье населения и экологические условия биотопов водных объектов – не менее значимая функция качества воды. Однако даже учет дуализма термина «качество воды» не позволяет считать качество воды количественной характеристикой. Эта проблема связана как с многофакторностью изменения потребительских и экологических свойств речных вод, так и с исключением из рассмотрения или ограниченным учетом гидрологических факторов в формировании и изменении качества воды. Только в случае наличия гидрологического базиса можно увязывать состав и свойства природных вод с особенностями ландшафтных условий водосборных территорий и их изменением под влиянием хозяйственной деятельности [Алексеевский, 1993, 2004]. Это позволяет обоснованнее определять доминирующие процессы формирования качества воды и оценивать их роль в пороговом изменении воздействия гидрохимического состояния водных объектов на безопасность населения и вод-

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра гидрологии суши, доцент, канд. геогр. н.; e-mail: m.zasl@mail.ru

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра гидрологии суши, вед. науч. с., канд. биол. н.; e-mail: tama15333@mail.ru

ных экосистем, возможность и эффективность водопользования. Рассмотрим некоторые методические возможности использования такого подхода к изучению и параметризации качества воды.

Материалы и методы исследований. Существуют различные направления при изучении процессов формирования и трансформации качества воды: геохимическое, биологическое, санитарно-гигиеническое, водохозяйственное и гидрологическое.

В основе геохимической концепции [Никаноров, 2005] лежит идея о соответствии между содержанием химических элементов в воде и их кларками в земной коре с учетом различий миграционной способности этих элементов. В зависимости от типа и других особенностей горных пород, а также ландшафтной среды изменяются направленность и интенсивность физико-химических процессов и соответствующих изменений химического состава природных вод. Эта концепция допускает независимость влияния рассмотренных факторов на качество воды от гидрологических изменений, поскольку изучаемые процессы (реакции) продолжают непрерывно и занимают более длительные интервалы времени по сравнению с изменчивостью гидрологических событий.

Биологическая доктрина формирования качества воды учитывает зависимость видового разнообразия и биопродуктивности водных биоценозов от абиотических и, в частности, от гидрохимических факторов, т.е. чем лучше качество воды, тем больше видовое разнообразие и сбалансированность продукционно-деструкционных процессов. Гидрологические факторы рассматриваются в качестве фона, на котором изменяются направленность и интенсивность биологических процессов. Лишь в редких случаях учитывается изменение количества воды в руслах рек, обеспеченность характерных расходов и уровней воды.

В большей степени гидрологические факторы учитываются при санитарно-гигиеническом подходе к оценке качества воды. В этом случае рассматривается зависимость качества воды не только от содержания в воде тех или иных химических компонентов, но и от ее мутности, температуры, органолептических характеристик. Большее или меньшее отклонение этих характеристик от государственных стандартов, соответствующих отсутствию условий для возникновения болезней населения, связанных с некачественной водой, рассматривается в качестве основного подхода к параметризации качества воды.

Водохозяйственная концепция формирования и изменения качества воды базируется в основном на представлениях о техногенном механизме ее изменения. Бассейны водных объектов рассматриваются в качестве совокупностей сосредоточенных и диффузных источников загрязняющих веществ. Сосредоточенные источники этих веществ относительно просто контролируются и учитываются при решении разнообразных водохозяйственных и гидроэкологических задач, результат решения которых

связан с оценкой качества воды ниже расположения водовыпусков сточных вод. Что касается диффузных источников химических и иных примесей, то учет их влияния на потребительские качества речных вод – камень преткновения для нескольких поколений специалистов в области качества воды. Главная причина этой проблемы заключается в неосознанном игнорировании гидрологических закономерностей формирования составляющих речного стока, методов гидрологических расчетов для неизученных или малоизученных рек.

Базовой основой для изучения процессов формирования и изменения качества воды может стать концепция речного стока (геостока). Со времен С.Д. Муравейского [Муравейский, 1960] под речным стоком понимается совокупность стока воды, наносов, химических веществ и теплоты. Важное значение имеет включение в состав геостока биологического компонента, а также гидравлической энергии водных потоков, способной влиять на трансформацию основных видов веществ, транспортируемых совместно с водой [Алексеевский, 2004]. Если учесть, что каждый из этих видов стока зависит от среднего содержания в воде химических веществ, мутности воды, содержания в воде живого вещества, температуры за некоторый интервал времени, то оказывается, что процесс стока учитывает все факторы, изменение которых влияет на качество воды. Самое главное – при таком подходе перечисленные факторы рассматриваются в тесной связи с изменяющимся количеством воды, находящейся на участке реки в данный момент времени, в конкретный сезон года или в среднем за год, десятилетие и т.п. Этот момент исключительно важен, поскольку он в явном виде учитывает влияние процессов разбавления на качество воды.

При прочих равных условиях увеличение водоносности рек приводит к снижению содержания в воде химических веществ, в частности в масштабах многолетней изменчивости гидрологических характеристик. На фоне подобного изменения одних характеристик качества воды другие характеристики могут изменяться под влиянием природных процессов и хозяйственной деятельности по иному закону, позволяющему оценивать генетическую значимость разных факторов формирования состава и свойств речных вод. Сезонная изменчивость стока воды также находится в явном временном соответствии с изменением характеристик качества воды в локальных створах рек и на их протяженных участках.

Изменение химического состава речных вод в разные фазы водного режима отражает связь между содержанием растворенных веществ и расходами воды (рис. 1) [Заславская, Ефимова, 2007; Фадеев и др., 1971]. Химический состав речных вод в отдельные фазы гидрологического режима определяется преобладанием вод одного из трех генетических типов – склонового, почвенного или грунтового, с разным содержанием в них консервативных и неконсервативных веществ. В межень, когда в

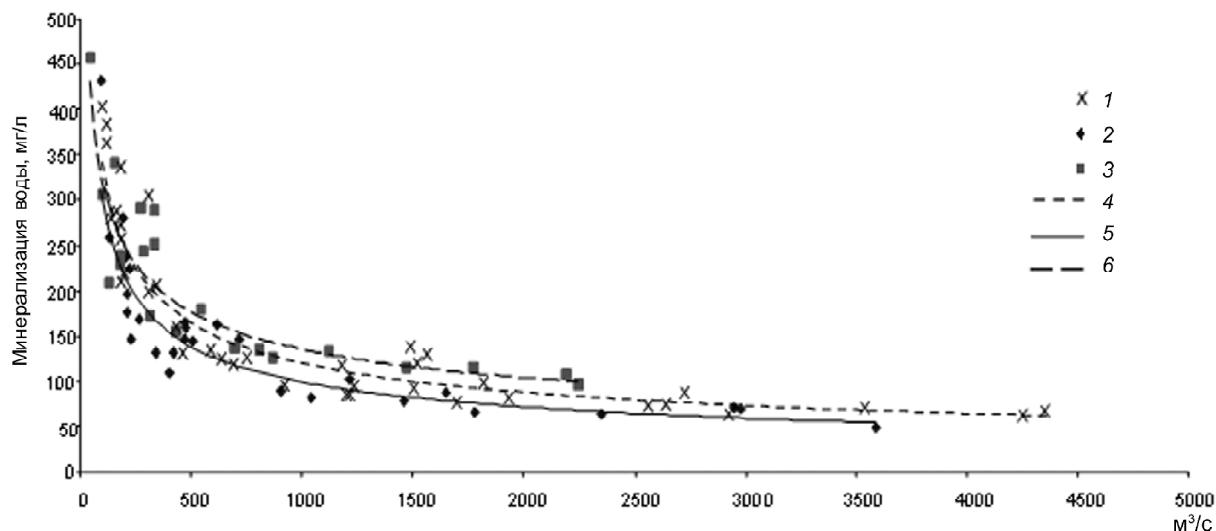


Рис. 1. Связь минерализации и расхода воды для р. Онега (с. Порог) за 1961–1976 (1, 4), 1955–1958 (2, 5) и 1936–1954 гг. (3, 6)

Fig. 1. The relationship of salt content and water discharge in the Onega River (the Porog settlement) for 1961–1976 (1, 4), 1955–1958 (2, 5) and 1936–1954 (3, 6)

русле реки преобладают грунтовые воды, при малых расходах наблюдаются максимальные величины минерализации и содержания главных ионов, что, как правило, характерно и для других консервативных характеристик химического состава речных вод. Затем по мере поступления талых вод в виде склонового стока, что сопровождается увеличением расходов воды, содержание этих показателей резко уменьшается. По мере поступления почвенных и почвенно-грунтовых вод минерализация воды опять возрастает, достигая максимума при преобладании грунтового стока. Подобная схема процесса наблюдается и при формировании стока биогенных и органических веществ, относящихся к неконсервативным гидрохимическим характеристикам, с той разницей, что соотношение их содержания в различные фазы стока противоположно тому, которое наблюдается для неконсервативных. Анализ изменчивости параметров этой связи – реальный путь к изучению генетических причин изменения химического состава речных вод.

При наличии такой информации появляются предпосылки для определения химического стока, изменчивости среднего содержания компонентов химического состава воды, дающего интегральное представление о роли хозяйственной деятельности в изменении потребительских свойств водных ресурсов территории. Это единственный объективный путь для определения «норм» сезонной интенсивности диффузных источников химических веществ. На их основе можно уточнить понятие «загрязнение», говорить о масштабе этого процесса по сравнению с природными сезонными флуктуациями содержания в воде тех или иных химических веществ, выполнять балансовые исследования для оценки пространственной изменчивости содержания в воде субстанций, определяющих качество воды.

Особо надо отметить важность учета содержания в воде взвешенных частиц при оценке воз-

никновения опасных изменений экологического состояния водных объектов – чем больше изменение мутности воды по сравнению с ее региональными значениями, тем хуже экологические условия, больше ограничений для воспроизводства характерных видов ихтиофауны. От мутности зависит общее содержание в воде химических компонентов, которые поступают на участки рек и находятся в их пределах в сорбированной (на тонких минеральных взвешках) форме. Мутность воды – фактор качества и стоимости подготовки природной воды для использования в целях водоснабжения населения и промышленности. В связи с этим качество речных вод в разных регионах страны зависит от среднего содержания в воде взвешенных частиц, его сезонного изменения, а также от гидрологических и гидравлических характеристик, влияющих на процессы размыва русловых отложений и осаждения взвешенных частиц.

Роль биологического стока в изменении качества воды проявляется в негативной тенденции к увеличению содержания в воде живого вещества (биомассы). Даже изменение биомассы фитопланктона может оказаться лимитирующим фактором качества воды. Чаще всего увеличение содержания в воде болезнетворных бактерий – наиболее значимый фактор ухудшения санитарно-гигиенической обстановки на участках рек. Для учета этого фактора негативного изменения качества воды требуется корректное использование данных гидробиологического мониторинга, обобщение данных о содержании в воде болезнетворных бактерий в зависимости от расходов воды в конкретные фазы водного режима.

Влияние теплового стока на качество воды проявляется через непосредственное (природное или техногенное изменение температуры воды) или косвенное (изменение физических, химических и биологических характеристик воды) воздействие. От температуры воды зависят осаждение взвешенных

частиц, скорость химических реакций в процессах самоочищения природных вод, интенсивность биологического преобразования опасных неконсервативных химических веществ в менее опасные химические соединения.

Механизмы формирования и изменения качества воды тесно связаны с особенностями пространственно-временной изменчивости энергии водных потоков. В зависимости от ее величины и изменения находятся скорость турбулентной диффузии загрязняющих веществ в речных водах, длина пути смешения сливающихся потоков воды, отличающихся по физико-химическим характеристикам, местоположение и границы зоны накопления этих веществ в русловых отложениях. Наиболее сильное влияние на качество воды оказывает изменение энергии водных потоков в подпертых бьефах (на участках формирования подпорных явлений). Например, переход кинетической энергии водного потока в потенциальную энергию водохранилищной водной массы сопровождается уменьшением скорости течения, переходом части загрязняющих веществ (сорбированных на взвешках) в состав донных осадков и уменьшением содержания этих веществ в воде. Одновременно изменяются условия биологической и химической трансформации компонентного состава растворенных в воде веществ. Это приводит к тому, что ниже плотин содержание ряда загрязняющих веществ уменьшается.

Таким образом, можно считать, что характеристики качества воды, осредненные за длительные интервалы времени, представляют собой некоторую (в общем случае неизвестную) функцию пространственно-временной изменчивости отдельных (или всех) составляющих речного стока. Поскольку составляющие стока зависят от расхода воды, а также от содержания в воде химических веществ, мутности, содержания в воде живого вещества, качество воды зависит от комплекса гидрологических

факторов [Алексеевский, 1993, 2004]. При постоянстве поступления в водные объекты некоторого объема (массы) физических, химических и биологических субстанций качество воды зависит только от многолетней, сезонной и даже синоптической изменчивости расходов воды и соответствующих изменений интенсивности разбавления загрязняющих веществ. При неизменности расходов воды в основном на ее качество влияет природное или техногенное увеличение массы физических, химических и биологических субстанций, поступающих в реки.

Термин «параметризация» допускает множественные толкования. Одно из них определяет процедуру обоснования диапазонов изменения гидрологических характеристик, соответствующих большей или меньшей безопасности населения и хозяйства, а также водных биоценозов. Такая трактовка термина позволяет увязать процедуру параметризации характеристик качества воды с диагностикой возникновения изменений экологического состояния рек. Диапазоны изменения факторов трансформации потребительских и экологических свойств речной воды, как правило, должны совпадать с представлениями об их соответствии фоновым условиям (норме) формирования качества воды, меньшему или большему ее ухудшению (риск, кризис, бедствие, катастрофа) [Алексеевский, 2009]. Указанные диапазоны должны соответствовать некоторым значениям факторов изменения качества воды, переход через которые сопровождается значительным увеличением социальных, экономических и экологических ущербов (рис. 2).

Нужно иметь в виду, что характер влияния рассматриваемых параметров, представленных на рис. 2 (расход воды, мутность, концентрация химических веществ, биомасса гидробионтов, температура воды, скорость течения), на экологическое состояние вод зависит от направления их изменения. Так, увеличение концентрации растворенного в воде кислорода – положительный факт, а увеличение концентрации свинца – отрицательный. Кроме того, неблагоприятными могут быть как максимальные, так и минимальные значения одного и того же фактора. Поэтому использование метода предполагает перевод рассматриваемых показателей в баллы в соответствии с их влиянием на экологическое состояние водных объектов и, соответственно, ранжирование от минимальных значений до максимальных (A_{\min} – A_{\max}).

Параметризация качества воды имеет достаточно большую историю. Отсутствие единообразия в выборе метода очень усложняет использование опубликованных результатов для пространственных и временных обобщений. В то же время при постановке задачи оценки качества воды в каком-либо водном объекте необходимо выбрать наиболее репрезентативный метод, учитывающий особенности ландшафтных, гидрологических и гидродинамических условий; состав и длительность рядов исходных гидрохимических и гидробиологических данных. В настоящее время при оценке возникновения

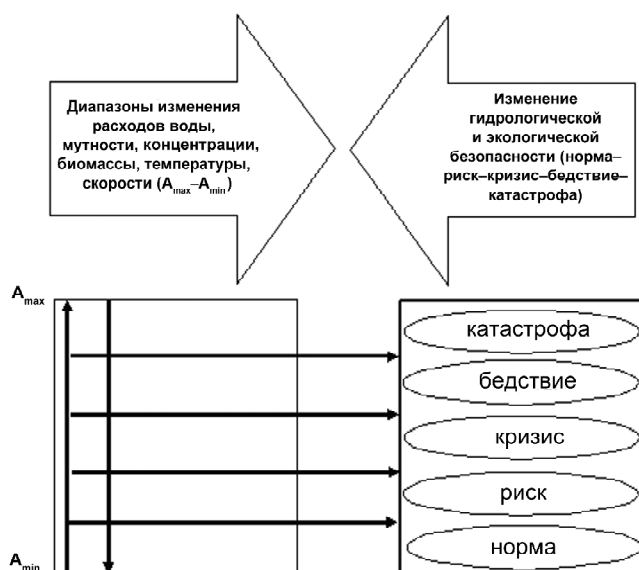


Рис. 2. Схема параметризации характеристик качества воды

Fig. 2. The parameterization of water quality characteristics

опасных изменений экологического состояния водных объектов признана перспективной комплексная оценка загрязненности (качества) поверхностных вод, результатом которой служат классы (категории) качества воды, соответствующие определенным диапазонам изменения величин избранных параметров. Этим классам качества воды можно поставить в соответствие представления о норме, риске, кризисе, бедствии и катастрофе с точки зрения безопасности населения, отраслевого водопользования или экологического состояния водных биоценозов.

В России наиболее известен и имеет наибольшую продолжительность использования в обобщениях Росгидромета метод параметризации качества воды в зависимости от величины индекса загрязнения вод (ИЗВ) [Методические..., 1988]. Определенным диапазонам изменения величины ИЗВ соответствуют классы качества воды (таблица). Более совершенное его продолжение – «Комплексная классификация по удельному комбинаторному индексу загрязненности воды» (УКИЗВ) [Никаноров, 2005]. Этот метод дает возможность осуществлять как дифференцированный анализ по отдельным показателям, так и комплексную оценку загрязненности воды по всей группе измеряемых показателей; он учитывает не только степень превышения нормативного значения каждого показателя качества воды, но и частоту этого превышения. УКИЗВ позволяет выделить 5 классов воды по степени загрязненности. Для более детальной оценки качества воды 3-й и 4-й классы дополнительно разбиты на 2 и 4 разряда соответственно.

В аналогичных целях можно использовать и классы качества воды, выделяемые по величине единого критерия качества вод (ЕККВ). Эта классификация была принята рабочей группой совеща-

ния руководителей водохозяйственных органов стран-членов СЭВ [Единые..., 1982].

Параметризация значений для каждой характеристики основана на степени ее влияния (в конкретном диапазоне изменения) на водохозяйственную и экологическую функции воды. Суммарная оценка качества воды соответствует классу качества по компоненту химического состава воды, который в наибольшей степени лимитирует экологическое благополучие речного биотопа. С этих позиций классы качества воды соответствуют 6 классам (таблица). При учете водохозяйственной функции водного объекта (оценка с позиции пригодности речных вод для использования в различных хозяйственных целях) рассматриваются всего три категории качества воды: желательная, пригодная после специальной обработки и непригодная.

Параметризация качества воды по содержанию в воде растворенного кислорода, аммонийного азота и биохимического потребления кислорода (критерий кислородного баланса воды, КБВ) используется в странах Бенилюкс [Кимстач, 1993]. Критерий позволяет качественно оценить самоочищающую способность водного объекта и определить уровень органической нагрузки. Оценка КБВ проводится по каждому элементу баланса в соответствии со шкалой баллов и изменением концентрации этого элемента, а также суммой баллов. В зависимости от диапазона изменения суммы баллов качество воды относят к одному из 5 классов (таблица).

Немецкий метод оценки качества воды (НКК) основан на учете соответствия экологического состояния водных объектов и физико-химических характеристик [Кимстач, 1993; Семин, 2001]. Органическая нагрузка на экосистемы считается отсутствующей или малой, умеренной, критической или сильной, очень сильной и чрезмерной (таблица).

Сопоставление результатов параметризации качества воды разными методами

Класс качества воды	Методы параметризации качества воды							
	ИЗВ (Россия)	УКИЗВ (Россия)	ЕККВ (СЭВ)	КБВ (Бенилюкс)	НКК (Германия)	СJ (Бавария)	Индекс сапробности	Биотический индекс (Вудивиса)
1	очень чистая	условно чистая	очень чистая	очень хорошая	отсутствует или очень малая	отсутствует или легкая	чистая	очень чистая
2	чистая	слабо загрязненная	чистая	хорошая	малая	легкая	умеренно загрязненная	чистая
3	умеренно загрязненная	загрязненная	очень незначительно загрязненная	средняя	умеренная	средняя	загрязненная	умеренно загрязненная
4	загрязненная	грязная	незначительно загрязненная	плохая	критическая	критическая	грязная	загрязненная
5	грязная	экстремально грязная	сильно загрязненная	очень плохая	сильная	сильная	–	грязная
6	очень грязная	–	очень загрязненная	–	очень сильная	очень сильная	–	очень грязная
7	чрезвычайно грязная	–	–	–	чрезмерная	избыточная	–	чрезвычайно грязная

Дополнительно диапазон этих характеристик делится на четыре основных участка, каждому из которых соответствует определенная зона сапробности (олигосапробная, α -мезосапробная, β -мезосапробная, полисапробная).

В Европе широко известен метод параметризации качества воды, в основе которого лежит оценка величины химического индекса качества речных вод (СЖ). Качество воды изменяется для каждого выбранного диапазона значений индекса СЖ – минимальному из них (СЖ=0) соответствует худшее, а максимальному (СЖ=100) – лучшее качество воды. Относительный вклад конкретных химических параметров q_i в изменение качества воды СЖ оценивается их «экспертным» весом W_i , изменяющимся от 0 до 1 (сумма $W_i=1$). Сумма произведений этих вкладов, учитываемых в зависимости от величины W_i , дает интегральное значение индекса СЖ. В зависимости от его величины определяется степень загрязненности воды. Процедура параметризации качества воды сводится к определению класса качества воды или его промежуточных вариантов в зависимости от степени ее загрязненности (таблица).

В последние десятилетия в большинстве стран резко возросло использование разнообразных химических веществ. Так, в мире ежегодно синтезируют сотни новых веществ, значительная часть которых попадает в водоемы. В этих условиях применения только физико-химических методов анализа оказывается недостаточно.

Живые организмы представляют собой «прибор», который реагирует на все вещества, находящиеся в воде, на все их комбинации и сочетания. Поэтому использование биологических методов анализа – важная составная часть системы контроля загрязнения водоемов.

Для оценки степени загрязненности речных вод по состоянию донных биоценозов в России и за рубежом широко используется метод, разработанный английским исследователем Ф. Вудвисом на р. Трент [Семенченко, 2004]. Метод основан на оценке видового разнообразия сообщества зообентоса и индикаторной (по отношению к загрязнению) значимости отдельных представителей донного биоценоза.

Результаты исследований и их обсуждение.

Результаты параметризации качества воды позволяют судить о величине пространственно-временной изменчивости качества воды под влиянием совокупности природных и антропогенных факторов. Принятые диапазоны соответствуют некоторым значениям факторов изменения качества воды, переход через которые сопровождается значительным увеличением социальных, экономических и экологических ущербов. При постановке задачи диагностики возникновения опасных гидрологических явлений и их экологических последствий необходимо связать результаты параметризации характеристик качества воды с предложенной шкалой для диагностики возникновения изменений экологического состояния рек (норма, риск, кризис, бедствие, катаст-

рофа). Предварительный этап при решении этой задачи – выбор наиболее репрезентативного для этих целей метода параметризации качества воды. Осуществленный нами сравнительный анализ результатов параметризации качества воды с учетом используемых наборов параметров для рек арктического побережья России и рек водораздельного бьефа канала имени Москвы показал, что если методы ИЗВ, УКИЗВ и ЕККВ характеризуют общую химическую нагрузку на водный объект, то методы КБВ, НКК и СЖ позволяют определить уровень загрязнения рек органическими веществами и качественно оценить самоочищающую способность водного объекта. Из первой группы рассмотренных методов наиболее предпочтителен метод УКИЗВ, который позволяет учитывать не только степень превышения нормативного значения каждого показателя качества воды, но и частоту этого превышения. Среди методов второй группы преимущество имеет оценка на основе химического индекса СЖ, поскольку он рассчитывается на основе учета большего числа характеристик, способных лимитировать качество воды. Результаты параметризации с его использованием наилучшим способом коррелируются с изменением степени экологического благополучия или безопасности и эффективности водопользования в ряду событий, соответствующих последовательности понятий «норма–риск–кризис–бедствие–катастрофа». В то же время для большей результативности параметризации надо сопоставлять оценки, полученные обеими группами методов.

Анализ устойчивости оценок параметризации качества воды рассмотренными методами в зависимости от средних условий формирования химического состава речных вод за некоторый период и за отдельные годы показывает, что средние за период и за конкретный год оценки качества воды отличаются незначительно, если отсутствуют существенные межгодовые изменения факторов, определяющих качество воды [Заславская, Ефимова, 2007]. В наибольшей степени разнятся результаты параметризации качества воды в зависимости от гидрологических условий, полученные при использовании технологии оценки качества воды на основе индексов, учитывающих уровень загрязнения рек органическими веществами (КБВ, НКК и СЖ).

Для сравнения результатов, получаемых с помощью химических (ИЗВ) и биологических (БИ) методов, нами подсчитаны эти показатели для рек Московской области по результатам многолетнего (1978–1995) мониторинга силами лаборатории МосЦГМС. Данные относятся к 37 участкам, расположенным на 15 реках, выше и ниже крупных населенных пунктов, а также в «фоновых» районах. Установлено, что между ИЗВ и БИ существует тесная связь (рис. 3), коэффициент корреляции составляет $-0,81$. В первом приближении соотношение между БИ и ИЗВ описывается уравнением $БИ = -1,14ИЗВ + 10,2$. Наиболее чистые – р. Москва выше Звенигорода и р. Дубна выше г. Вербилки; наиболее загрязненные – р. Пахра

ниже Подольска и р. Москва ниже Перервинского гидроузла.

Выводы:

– при изучении экологического благополучия водных объектов и определении безопасных и эффективных условий водопользования необходимо использовать разные подходы к оценке качества воды (геохимические, биологические, санитарно-гигиенические, водохозяйственные). Каждый из них обеспечивает оценку влияния соответствующих факторов на степень токсичности поверхностных вод и их пригодность для водопользования;

– прогресс в изучении процессов формирования и изменения качества речных вод невозможен без учета гидрологического фактора, на фоне которого реализуются другие природные и техногенные механизмы изменения химического состава воды. При использовании информации о величине и изменчивости составляющих речного стока появляется возможность изучить процессы трансформации качества воды в конкретных природно-хозяйственных условиях;

– важная задача следующего этапа в изучении качества воды – параметризация видов и масштабов изменчивости составляющих речного стока,

Благодарности. Статья подготовлена за счет гранта Российского научного фонда (проект № 14-17-00155).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Алексеевский Н.И. Генетический анализ качества воды // География. Вып. 1. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1993. С. 224–228.

Алексеевский Н.И. Экологическая гидрология и гидроэкология в системе наук // Гидроэкология: теория и практика. Проблемы гидрологии и гидроэкологии. Вып. 2. М., 2004. С. 6–37.

Алексеевский Н.И., Анисимова Л.А., Фролова Н.Л. Современные и ожидаемые гидрологические ограничения природопользования // Природообустройство. 2009. № 1. С. 50–57.

Алексеевский Н.И., Гончаров А.В., Семаков В.А. Соотношение антропогенных нагрузок и экологического состояния рек Московской области // Тр. Академии проблем водохозяйственных наук. Русловедение и гидроэкология. Вып. 7. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2001. С. 37–45.

Единые критерии качества вод. М.: СЭВ, 1982. 23 с.

Заславская М.Б., Ефимова Л.Е. Качество воды крупнейших рек // Геоэкологическое состояние арктического побережья России и безопасность природопользования. М.: ГЕОС, 2007. С. 231–233; 302–325.

Кимстач В.А. Классификация качества поверхностных вод в странах Европейского экономического сообщества. СПб.: Гидрометеоздат, 1993. 48 с.

Методические указания по формализованной комплексной оценке качества вод по гидрохимическим показателям. М.: Госкомгидромет, 1988. 7 с.

Муравейский С.Д. Реки и озера. Гидробиология. Сток. М.: Гос. изд-во геогр. лит-ры, 1960. 388 с.

Никаноров А.М. Научные основы мониторинга качества вод. СПб.: Гидрометеоздат, 2005. 576 с.

Охрана природы. Гидросфера. Использование и охрана вод. Основные термины и определения. ГОСТ 17.1.1.01-77. М.: Изд-во стандартов, 1984. 13 с.

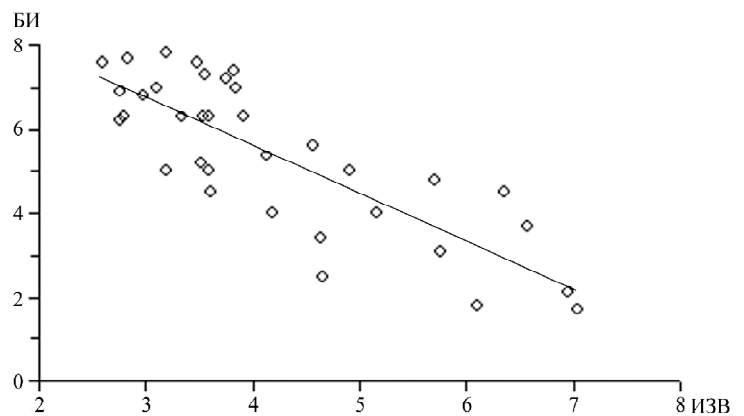


Рис. 3. Соотношение между биотическим индексом (БИ) и индексом загрязненности воды (ИЗВ) в реках Московской области

Fig. 3. The relationship between the biotic index (BI) and water pollution index (IZV) for the rivers of the Moscow oblast

характеристик гидрологических процессов с целью определения их влияния на соответствующее ухудшение (улучшение) качества воды, увеличение (снижение) вероятности ущербов для населения, водных биоценозов и хозяйственной деятельности в ряду событий, соответствующих последовательности понятий «норма–риск–кризис–бедствие–катастрофа».

Семенченко В.П. Принципы и системы биоиндикации текучих вод. Минск: ОРЕХ, 2004. 125 с.

Семин В.А. Основы рационального водопользования и охраны водной среды. М.: Высшая школа, 2001. С. 38–77.

Фадеев В.В., Тарасов М.Н., Павелко В.Л. Исследование зависимости между минерализацией, ионным составом и водным режимом рек в условиях избыточного увлажнения // Гидрохим. материалы. 1971. Т. 56. С. 19–30.

Buffagni A. Europe-wide system for assessing the quality of rivers using macroinvertebrates: the AQEM Project and its importance for the southern Europe (with special emphasis on Italy) // J. Limnol. 2001. Vol. 60 (1). P. 39–48.

Code of federal regulations. Protection of environment. Chpt. I Environmental protection agency. Pt 131. Water quality standards. Subpart D. Federally Promulgated Water Quality Standards. Sec. 131.38. Establishment of numeric criteria for priority. 2005. Title 40, Vol. 21. P. 460–461.

European Commission (EC). 2000. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy // Official J. L 327. 2000. Vol 22/12. P. 1–7.

Metzeling L., Perriss St., Robinson D. Can the detection of salinity and habitat simplification gradients usin rapid bioassessment of benthic invertebrates be improved through finer taxonomic resolution or alternative indices? // Hydrobiologia. 2006. Vol 572, N 1. С. 235–252.

Plafkin J.L. Rapid bioassessment protocols for use in streams and rivers: Benhtic macroinvertebrates and fish // U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water Regulations and Standards. Washington, D.C. EPA 440-4-89-001. 1989.

Поступила в редакцию 16.11.2015
Принята к публикации 25.01.2016

N.I. Alexeevsky, M.B. Zaslavskaya¹, A.V. Goncharov²

**METHODOLOGICAL APPROACHES
TO WATER QUALITY INVESTIGATION
AND PARAMETERIZATION**

The problems of formation and transformation of river water quality are discussed in terms of the adverse influence of their chemical composition on possible and efficient water use, health of the population and ecological state of hydrobiocenoses. It is shown that the study of ecological well-being of water bodies and determining the conditions of safe and efficient water management require various approaches to water quality assessment (geochemical, biological, sanitary-hygienic, water economic etc). Each of them provides the assessment of the impact of relevant factors on the toxicity of surface water and their suitability for water usage. The modern doctrines of studying water quality are characterized in brief and a role of hydrological factors in deterioration (or improvement) the hydrochemical conditions of water objects is described. The role of river runoff and its components (discharge of water, sediments, chemicals, living matter and heat) and the energy of water streams in the transformation of the chemical composition of surface water is appraised. Modern methods of water quality parameterization with due account of the variability of hydrological characteristics are analyzed to determine the changing level of safety for the population, water use and hydrobiocenoses.

Keywords: water management, parameterization, hydrological factors, water quality, river flow, formation and transformation of water quality.

Acknowledgements. The study was financially supported by the Russian Science Foundation (project № 14-17-00155).

REFERENCES

- Alekseevskij N.I.* Geneticheskij analiz kachestva vody [Genetic analysis of water quality], Geografiya, Moscow, Izd-vo MGU, 1993, Vol. 1, pp. 224-228 (in Russian).
- Alekseevskij N.I.* Ehkologicheskaya gidrologiya i gidroehkologiya v sisteme nauk [Environmental hydrology and Hydroecology in the system of Sciences], Gidroehkologiya: teoriya i praktika. Problemy gidrologii i gidroehkologii. Vyp. 2. Moscow, Geograficheskij fakul'tet MGU, 2004, pp. 6-37 (in Russian).
- Alekseevskij N.I., Anisimova L.A., Frolova N.L.* Sovremennye i ozhidaemye gidrologicheskie ogranichenija prirodopol'zovanija [Current and anticipated hydrologic constraints environmental management], Prirodoobustrojstvo, 2009, no 1, pp. 50-57 (in Russian).
- Alekseevskij N.I., Goncharov A.V., Semakov V.A.* Sootnoshenie antropogennykh nagruzok i ekologicheskogo sostoyaniya rek Moskovskoy oblasti [The ratio of anthropogenic pressures and ecological status of the rivers of Moscow oblast], Trudy Akademii problem vodohozyaystvennykh nauk. Ruslovedenie i gidroekologiya, vyp. 7. Moscow, Izd-vo MGU, 2001, pp. 37-45 (in Russian).
- Buffagni A.* Europe-wide system for assessing the quality of rivers using macroinvertebrates: the AQEM Project and its importance for the southern Europe (with special emphasis on Italy) // J. Limnol. 2001. Vol. 60 (1). P. 39-48.
- Code of federal regulations. Protection of environment. Chpt. I Environmental protection agency. Pt 131. Water quality standards. Subpart D. Federally Promulgated Water Quality Standards. Sec. 131.38. Establishment of numeric criteria for priority. 2005. Title 40, Vol. 21. P. 460-461.
- Edinye kriterii kachestva vod [Unified criteria of water quality], Moscow, SEHV, 1982, 23 p. (in Russian).
- European Commission (EC). 2000. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy // Official J. L 327. 2000. Vol. 22/12. P. 1-7.
- Fadeev V.V., Tarasov M.N., Pavelko V.L.* Issledovanie zavisimosti mezhd mineralizaciej, ionnym sostavom i vodnym rezhimom rek v usloviyah izbytochnogo uvlazhneniya [A study of the relationship between salinity, ionic composition and water regime of rivers in conditions of excess moisture], Gidrohimiya, 1971, T. 56, pp. 19-30 (in Russian).
- Kimstach V.A.* Klassifikacii kachestva poverhnostnykh vod v stranah Evropejskogo ehkonomicheskogo sodruzhestva [Quality classification of surface waters in the European economic community], SPb., Gidrometeoizdat, 1993, 48 p. (in Russian).
- Metodicheskie ukazaniya po formalizovannoj kompleksnoj ocenke kachestva vod po gidrohimiicheskim pokazatelyam [Guidelines for formalized integrated assessment of water quality on hydrochemical indicators], Moscow, Goskomgidromet, 1988, 7 p. (in Russian).
- Metzeling L., Perriss St., Robinson D.* Can the detection of salinity and habitat simplification gradients usin rapid bioassessment of benthic invertebrates be improved through finer taxonomic resolution or alternative indices? // Hydrobiologia. 2006. Vol 572, N 1. P. 235-252.
- Muravejskij S.D.* Reki i ozera. Gidrobiologiya. Stok [Rivers and lakes. Hydrobiology. River flow], Moscow, Gos. izd-vo geogr. lit-ry, 1960, 388 p. (in Russian).
- Nikanorov A.M.* Nauchnye osnovy monitoringa kachestva vod [Scientific basis of water quality monitoring], SPb.: Gidrometeoizdat, 2005, 576 p. (in Russian).
- Ohrana prirody. Gidrosfera. Ispol'zovanie i ohrana vod. Osnovnye terminy i opredeleniya [The protection of nature. Hydrosphere. Use and protection of waters. Key terms and definitions]. GOST 17.1.1.01-77, Moscow, Izdatel'stvo standartov, 1984, 13 p. (in Russian).
- Plafkin, J.L.* Rapid bioassessment protocols for use in streams and rivers: Benthic macroinvertebrates and fish // U.S. Environmental

¹ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Land Hydrology, Associate Professor, PhD. in Geography; e-mail: m.zasl@mail.ru

² Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Land Hydrology, Leading Research Scientist, PhD. in Biology; e-mail: mama15333@mail.ru

Protection Agency, Office of Water Regulations and Standards. Washington, D.C. EPA 440-4-89-001. 1989.

Semenchenko V.P. Printsipy i sistemy bioindikatsii tekuchih vod. Minsk [The principles and systems of biological indication of flowing water], OPEX, 2004, 125 p. (in Russian).

Semin V.A. Osnovy racional'nogo vodopol'zovaniya i ohrany vodnoj sredy [Bases of rational water use and protection of water

environment], Moscow, Vysshaya shkola, 2001, pp. 38–77 (in Russian).

Zaslavskaya M.B., Efimova L.E. Kachestvo vody krupnejshih rek [The water quality of major rivers], Geoekologicheskoe sostoyanie arkticheskogo poberezh'ya Rossii i bezopasnost' prirodopol'zovaniya, Moscow, GEOS, 2007, pp. 231–233; 302–325 (in Russian).

Received 16.11.2015

Accepted 25.01.2016