

ЭКОЛОГИЯ

УДК 577.4

ИССЛЕДОВАНИЕ СЕЗОННОЙ ДИНАМИКИ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ДОПУСТИМЫХ УРОВНЕЙ ВОДНОСТИ, ТЕМПЕРАТУРЫ И pH В ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ БАССЕЙНА ДОНА**В.Н. Максимов, А.П. Левич, Н.Г. Булгаков, А.В. Соловьев, В.А. Абакумов, А.Т. Терехин***(кафедра общей экологии, кафедра биофизики; e-mail: bulgakov@chronos.msu.ru)*

Подтверждена возможность экологического нормирования физико-химических факторов, не относящихся к концентрациям загрязняющих веществ — водности, температуры воды, водородного показателя. Такую возможность предоставляет разработанный авторами подход, базирующийся на совместном анализе данных биологического и физико-химического мониторинга. Дополнительные возможности, которые предоставляет использованный для анализа метод, связаны с нахождением меняющихся во времени значений допустимого воздействия указанных факторов. Исследована сезонная динамика полученных экологически допустимых уровней (ЭДУ) факторов, нарушающих благополучие индикаторных биологических показателей; проведен анализ створов наблюдения на предмет их экологического благополучия или неблагополучия в зависимости от соблюдения или несоблюдения нормативов ЭДУ.

Ключевые слова: биологические индикаторы, экологически допустимые уровни, нехимические воздействия.

Принятая на данный момент в России в качестве основы контроля природной среды концепция предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ с некоторых пор вызывает среди отечественных экологов все больше и больше критических откликов [1—4].

В частности, к серьезным недостаткам системы нормирования, основанной на ПДК, также относится отсутствие среди нормируемых показателей воздействий нехимической природы, например теплового, радиационного, электромагнитного, биологического. Хотя контроль за многими “нехимическими” воздействиями в принципе возможен в лабораторных условиях, в реальности никто не занимается определением соответствующих ПДК.

Очевидно, что единственная альтернатива существующей системе экологического контроля — перенесение экспериментов по определению нормативов допустимого воздействия из лаборатории непосредственно в природную среду *in situ*. Одним из таких методов, дающих возможность нормирования нехимических воздействий, является метод экологически допустимых уровней (ЭДУ) нарушающих воздействий [5]. Он базируется на биотической концепции контроля природной среды [6], согласно которой оценки экологического состояния на шкале “норма—нарушение” проводятся по комплексу биологических показателей, а не по уровням абиотических факторов. В этом случае можно говорить,

что абиотические факторы выступают потенциальными причинами экологического неблагополучия, а не непосредственными его симптомами. Тогда, анализируя совместно полученные по результатам мониторинга природных экосистем значения индикаторных биологических показателей и воздействующих на них факторов любой природы, можно получать ЭДУ этих факторов, более объективно отражающие взаимодействие живого и неживого компонентов экосистем.

В предыдущей работе авторов [7] было проведено экологическое нормирование показателей, не относящихся к концентрациям химических веществ — водности, температуры воды, а также водородного показателя (pH), представляющего собой логарифм концентрации ионов H^+ , но не являющегося нормируемым показателем (ПДК для pH отсутствует). Колебания значений этих факторов могут существенно сказываться на состоянии различных сообществ гидробионтов (фито-, зоопланктона, перифитона, зообентоса, рыб). Нормирование проводили по данным биологического и физико-химического мониторинга Росгидромета за 1975—1991 гг. в водных объектах Нижнего Дона. Данные взяты из информационной системы “Фундаментальные проблемы оценки состояния экосистем и экологического нормирования” (<http://ecograde.belozersky.msu.ru>). Также использованы данные об уловах леща, чехони, судака и берша в Донских водохранилищах [8], урожайности леща и осетра в Нижнем Дону [9]. В на-

стоящей статье в продолжение начатой работы освещены дополнительные возможности метода ЭДУ, заключающиеся: 1) в исследовании сезонной динамики полученных ранее ЭДУ факторов, нарушающих благополучие индикаторных биологических показателей; 2) в анализе створов наблюдения на предмет их экологического благополучия или неблагополучия в зависимости от соблюдения или несоблюдения нормативов ЭДУ.

Сезонная динамика ЭДУ

Алгоритм метода ЭДУ позволяет провести экологическую диагностику и нормирование указанных факторов путем сопоставления биологических оценок состояния (интегральный индекс сапробности планктона, биотический индекс зообентоса, уловы леща, уловы чехони, уловы судака с бершом, урожайность леща и осетра) и значений водности, температуры воды и pH на одних и тех же створах и в одни и те же (или близкие) даты. При этом в качестве отдельных факторов выступают средние за каждый из 12 месяцев и средние за год значения водности, относительной температуры и pH. Значения водности рассчитаны как отношение величины расхода воды на данном створе в определенную дату к среднесноголетнему на этом же створе значению расходов воды. Нормирование непосредственно расходов воды признано нецелесообразным, так как данный фактор является сугубо створоспецифичным (диапазоны многолетних изменений уровня водопотребления на разных створах могут существенно отличаться). По этой же причине в расчеты ЭДУ были включены не абсолютные значения температуры, а отношения текущих показателей к среднесноголетней температуре на данном створе. С помощью метода для каждого из указанных факторов и каждого из шести биологических показателей ранее были получены ЭДУ или экологически безопасные границы [7]. ЭДУ при этом определено как значение фактора, превышение которого приводит к экологическому неблагополучию указанных выше биологических оценок. Вместе с тем существуют факторы, все значения которых за исследуемый период соответствовали только благополучным экологическим состояниям. Для таких факторов результат исследования — максимальная и минимальная границы значений фактора за период наблюдений, названные экологически безопасными границами (ЭБГ).

В настоящей работе полученные таким образом среднемесячные и среднегодовые ЭДУ и ЭБГ были использованы для построения сезонных динамик (хронограмм) водности (рис. 1), относительной температуры (рис. 2) и pH (рис. 3). Можно заметить, что во всех трех случаях количество биологических индикаторных показателей меньше заявленных шес-

ти. Не представлены хронограммы для тех показателей, неблагополучие которых не было связано с анализируемыми факторами, т.е. состоящих только из ЭБГ. На рис. 1—3 тонкие линии обозначают интервалы значений фактора, в пределах которых оценка экологического состояния благополучна. Утолщенные столбики показывают интервал значений от ЭДУ до ЭБГ, в пределах которого значение биологического индикаторного показателя падает ниже границы благополучия. Отсутствие утолщенного столбика означает, что для данного фактора существует только ЭБГ. Числа над и под столбиками показывают величины критерия полноты соответствующего ЭДУ. Полнота — это отношение количества неблагополучных наблюдений индикаторного биологического показателя, совпавших со случаями выхода за пределы ЭДУ, к общему количеству неблагополучных наблюдений.

Обратившись к рис. 1, можно обнаружить расширение допустимых уровней водности (для планктона и зообентоса за счет верхней и нижней границ, для чехони — только верхней) в весенний период. Повышенная требовательность чехони к водообеспеченности в апреле—июне, вероятно, связана с тем, что в эти месяцы происходит нерест вида. Заметно сужение границ толерантности по отношению к данному фактору у рыб по сравнению с планктонными и донными организмами.

Сезонная динамика ЭДУ и ЭБГ относительной температуры (рис. 2) как фактора, влияющего на состояние планктона и зообентоса, обнаруживает сужение оптимальных границ в середине года (особенно заметное в период с мая по сентябрь). Прежде всего это относится к верхним уровням диапазонов. Можно предположить, что даже небольшое потепление воды по сравнению со среднесноголетними значениями летних температур приводит к увеличению индексов сапробности и биотического индекса. Вероятная причина — увеличение растворимости веществ-загрязнителей и, наоборот, снижение содержания кислорода в воде.

Хронограммы ЭДУ для pH демонстрируют схожую динамику для планктонных, бентосных и ихтиологических показателей (рис. 3). Допустимые уровни для планктонных организмов меняются незначительно на протяжении года. Нижняя граница практически неизменна и составляет 6—6,5. Некоторое варьирование верхних и нижних уровней толерантности можно увидеть у бентоса, уловов и урожайности рыб. Заметно расширение уровней допустимого воздействия в летний период для показателей бентоса, уловов чехони, урожайности леща и осетра. Данный эффект более заметен в области низких значений pH. Для уловов леща подобное расширение характерно в конце лета — начале осени.

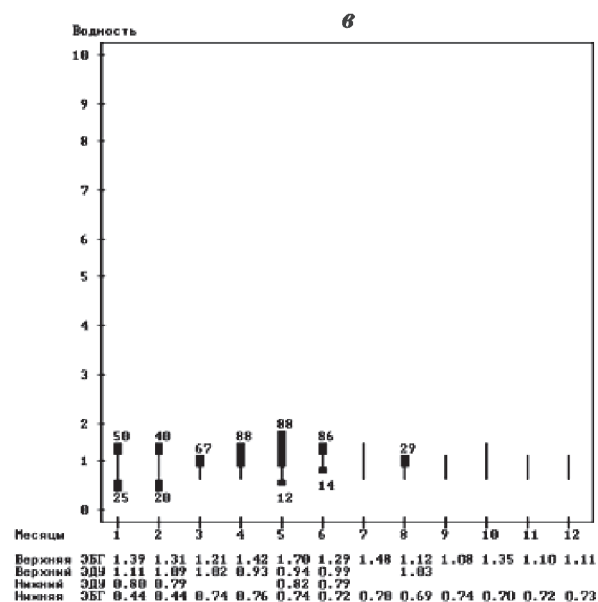
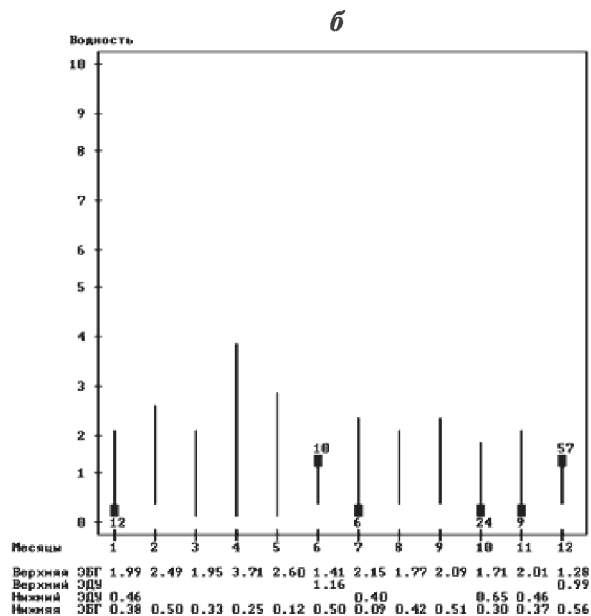
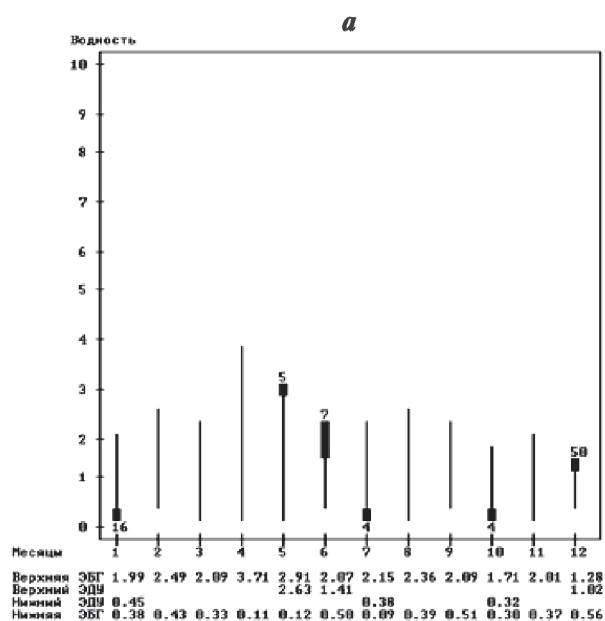
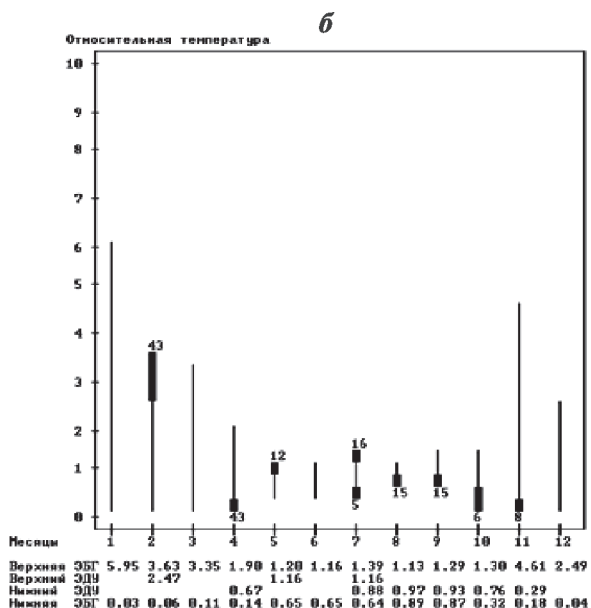
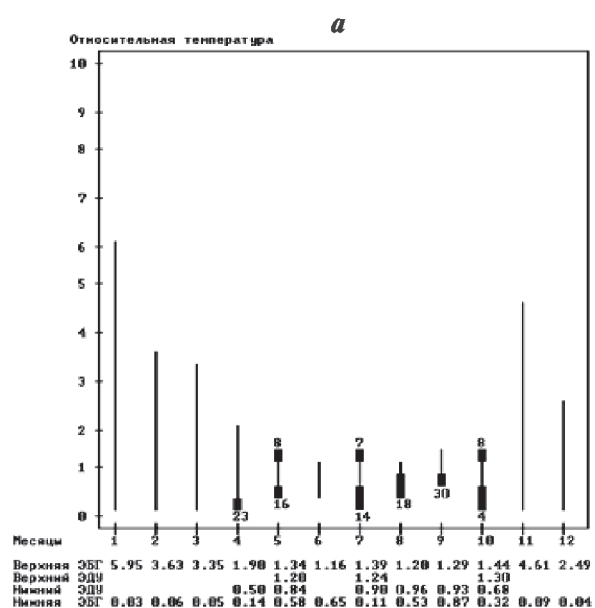


Рис. 1. Сезонная динамика среднемесячных значений ЭДУ водности, найденных для показателей: а) планктона, б) зообентоса, в) уловов чехони

Рис. 2. Сезонная динамика среднемесячных значений ЭДУ относительной температуры, найденных для показателей: а) планктона, б) зообентоса



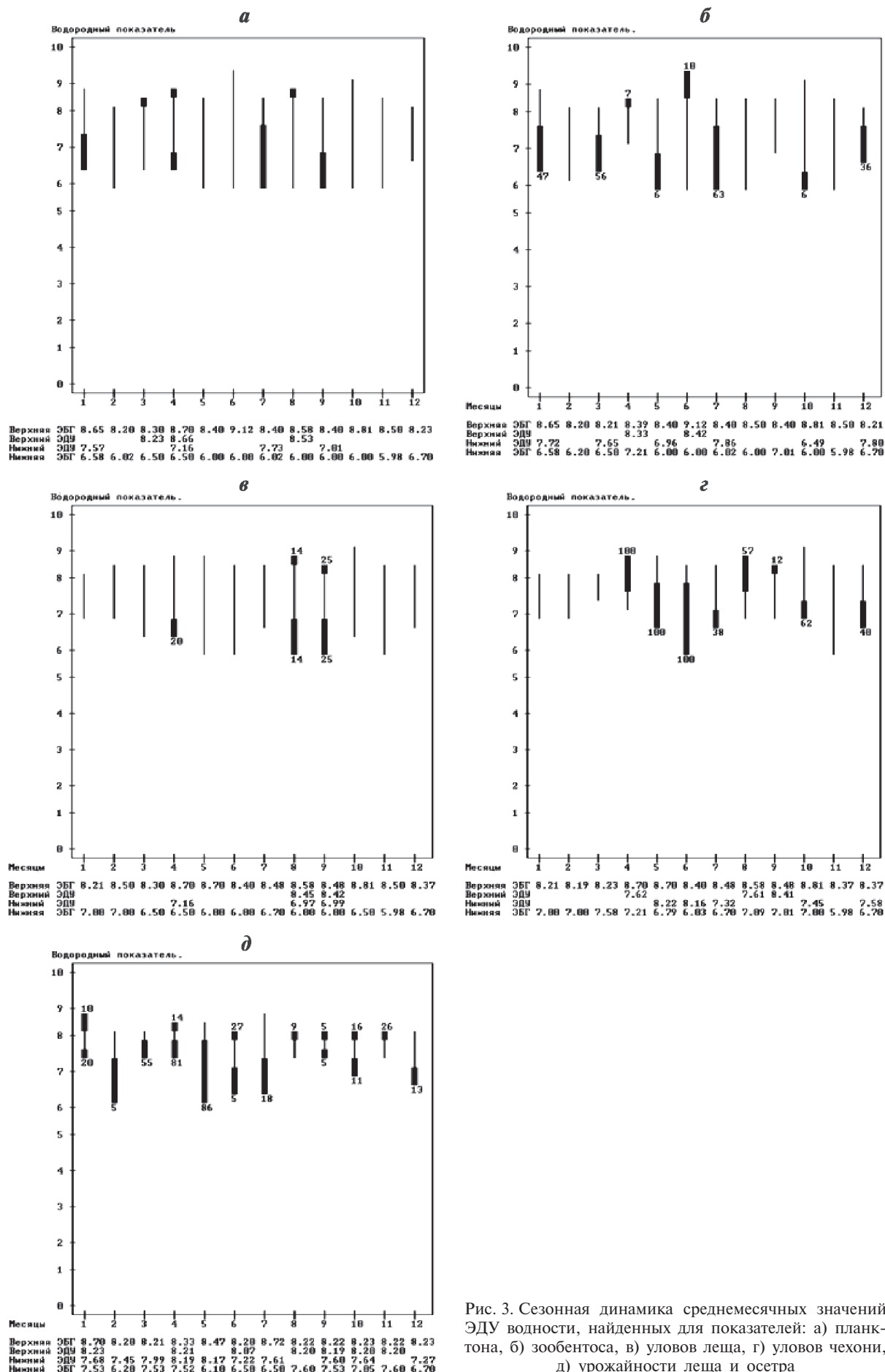


Рис. 3. Сезонная динамика среднемесячных значений ЭДУ водности, найденных для показателей: а) планктона, б) зообентоса, в) уловов леща, г) уловов чехони, д) урожайности леща и осетра

**Анализ причин экологического неблагополучия на отдельных створах р. Дон
(в.у. — выход за верхнюю границу ЭДУ для рН, н.у. — выход за нижнюю границу ЭДУ для рН)**

Название створа	Индикаторный биологический показатель			
	планктон	зообентос	уловы чехони	урожайность леща и осетра
Цимлянское вдхр., г. Волго-донск			Апрель, в.у.	
р. Дон, г. Азов, водозабор	Июнь, н.у., Июль, н.у.			Март, н.у., май, н.у.
р. Дон, г. Ростов-на-Дону, выше города				Март, н.у., май, н.у.
р. Дон, г. Ростов-на-Дону, в черте города				Март, н.у., май, н.у.
р. Дон, г. Ростов-на-Дону, ниже города				Март, н.у., май, н.у.
р. Северский Донец, г. Белая Калитва, выше города				Март, н.у., май, н.у.
р. Северский Донец, г. Белая Калитва, ниже города		Март, н.у.		Март, н.у., май, н.у.

Створовый анализ экологического неблагополучия бассейна Дона

Рассчитанные ранее среднемесячные и среднегодовые ЭДУ водности, температуры и рН, единые для всего подбассейна Нижнего Дона, могут быть использованы для анализа причин экологического неблагополучия на отдельных створах наблюдения. Если известен ряд наблюдений фактора по определенному створу за несколько лет, то можно проанализировать устойчивость неблагоприятного воздействия этого фактора на рассматриваемом створе. Для этого достаточно выразить в единицах ЭДУ среднесезонное значение фактора на данном створе. Такая работа была проведена для анализа воздействия рН на створы наблюдения Цимлянского, Пролетарского, Веселовского водохранилищ, рек Дон (от водохранилищ до г. Ростов-на-Дону) и Северский Донец. Результаты створового анализа представлены в таблице, где отобраны створы, для которых среднесезонные значения факторов выходят за пределы ЭДУ, рассчитанные для разных индикаторных биологических показателей. Также соблюдали условие, чтобы данный фактор на данном створе наблюдался не менее пяти лет.

На большинстве приведенных створов неблагополучие (снижение урожайности) состояния популяций леща и осетра связано с избыточным закислением среды в мае. В то же время слишком высокие значения рН в апреле влияют на уловы чехони в Цимлянском водохранилище. Экологическое неблагополучие сообществ водных беспозвоночных, сопряженное с низкими значениями рН,

зарегистрировано на двух створах Дона и Северского Донца. Для планктона характерно наличие соответствующей связи в июне—июле, для зообентоса — в марте.

Проведенное исследование подтверждает возможность экологического нормирования физико-химических факторов, не относящихся к концентрациям загрязняющих веществ — водности, температуры воды, водородного показателя. Такую возможность предоставляет разработанный авторами подход, базирующийся на совместном анализе данных биологического и физико-химического мониторинга. Дополнительные возможности, которые предоставляет использованный для анализа метод ЭДУ, связаны с нахождением меняющихся во времени (на протяжении года) значений допустимого воздействия указанных факторов. Наличие ежемесячных значений ЭДУ создает предпосылки для оперативного управления качеством природных объектов. Остается добавить, что найденные величины ЭДУ трех исследованных факторов являются лишь примером нормирования воздействий, которые обычно не входят в сборники ПДК, ОБУВ и других стандартов качества окружающей среды. Используемый подход также применим, например, к уровню радиации, к прозрачности и цветности воды, к содержанию взвешенных веществ и т.д.

* * *

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (гранты № 11-04-00915а, 10-04-00013-а).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абакумов В.А., Сущеня Л.М. Гидробиологический мониторинг пресноводных экосистем и пути его совершенствования // Тр. междунар. симпоз. "Экологические модификации и критерии экологического нормирования". Л.: Гидрометеиздат, 1991. С. 41—51.
2. Дробот В.И. Структурные изменения зоопланктонных сообществ водоемов заповедника Большая Кокшага // Тез. докл. Междунар. конф. "Фино-угорский мир: состояние природы и региональная стратегия защиты окружающей среды". Сыктывкар, 1997. С. 63—64.
3. Стандарты и целевые показатели качества воды // Обзор. инф. Экол. экспертиза. М.: ВИНТИ, 1999. № 4. С. 42—72.
4. Левич А.П., Булгаков Н.Г., Максимов В.Н. Теоретические и методические основы технологии регионального контроля природной среды по данным экологического мониторинга. М.: РЭФИА, 2004. 271 с.
5. Левич А.П., Терехин А.Т. Метод расчета экологически допустимых уровней воздействия на экосистемы (метод ЭДУ) // Водные ресурсы. 1997. № 3. С. 328—335.
6. Левич А.П. Биотическая концепция контроля природной среды // Докл. РАН. 1994. № 2. С. 280—282.
7. Максимов В.Н., Соловьев А.В., Левич А.П., Булгаков Н.Г., Абакумов В.А., Терехин А.Т. Методика экологического нормирования воздействий на водоемы, не нормируемых методами биотестирования (на примере объектов бассейна Дона) // Водные ресурсы. 2009. Т. 36. № 2. С. 335—340.
8. Уловы рыб в водохранилищах СССР (статистические сборники). М., 1975—1990.
9. Воловик С.П., Козлитина С.В., Реков Ю.И. Математические подходы приведения в единую систему промыслово-биологических данных по азовским осетру и севрюге // Информационное и математическое обеспечение исследований сырьевой базы. М.: ВНИРО, 1991. С. 114.

Поступила в редакцию
12.01.10

STUDY OF SEASONAL DYNAMICS OF ECOLOGICALLY TOLERABLE LEVELS FOR WATER REGIME, TEMPERATURE AND pH IN WATER OBJECTS OF LOWER DON

V.N. Maximov, A.P. Levich, N.G. Bulgakov, A.V. Solov'yov,
V.A. Abakumov, A.T. Teriochin

The opportunity of ecological standardization of physico-chemical factors which aren't concerning concentration of polluting substances, such as water regime, water temperatures, pH, is confirmed. Such opportunity is given with the approach developed by authors which is based on joint analysis of data of biological and physico-chemical monitoring. Additional opportunities which are given with the method used for analysis are connected with calculating of admissible influence values varying in time. Seasonal dynamics of the received ecologically tolerable levels (ETL) for factors disturbing well-being of biological indicators is investigated; the analysis of water sample points concerning their ecological well-being or trouble depending on observance or non-observance of ETL values is carried out.

Key words: *biological indicators, ecologically tolerable levels, non-chemical influences.*

Сведения об авторах

Максимов Виктор Николаевич — докт. биол. наук, проф. кафедры общей экологии биологического факультета МГУ. Тел.: 8-495-939-55-60; e-mail: v_maximovv@rambler.ru

Левич Александр Петрович — докт. биол. наук, вед. науч. сотр. кафедры биофизики биологического факультета МГУ. Тел.: 8-495-939-55-60; e-mail: apl@chronos.msu.ru

Булгаков Николай Гурьевич — докт. биол. наук, вед. науч. сотр. кафедры биофизики биологического факультета МГУ. Тел.: 8-495-939-55-60; e-mail: bulgakov@chronos.msu.ru

Соловьев Антон Васильевич — канд. физ.-мат. наук, науч. сотр. кафедры. теоретической физики физического факультета МГУ. E-mail: anton@spin.phys.msu.ru

Абакумов Владимир Анатольевич — докт. биол. наук, проф., зав. отделом Института глобального климата и экологии РАН и Росгидромета.

Терехин Анатолий Тимофеевич — докт. биол. наук, проф. кафедры общей экологии биологического факультета МГУ. Тел.: 8-495-939-53-64.