

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОЦЕНКИ, РЕГУЛИРОВАНИЯ И МОНИТОРИНГА КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД*

© 2018 г. Е.В. Веницианов¹, Г.В. Аджиенко¹, А.А. Возняк²,
М.А. Чиганова¹

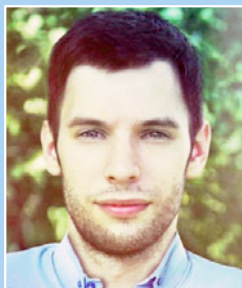
¹ ФГБУН Институт водных проблем Российской академии наук,
Москва, Россия

² ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного
использования и охраны водных ресурсов», г. Екатеринбург, Россия

Ключевые слова: качество природных вод, система управления качеством вод, водоохрана, мониторинг качества вод, проблемы оценки качества вод, опасность-ориентированный подход, концепция «нулевого» риска, ксенобиотики, стратегия развития водного хозяйства России.



Е.В. Веницианов



Г.В. Аджиенко



А.А. Возняк



М.А. Чиганова

Одна из основных задач Водной стратегии Российской Федерации до 2020 года – охрана и восстановление водных объектов до состояния, обеспечивающего экологически благоприятные условия жизни населения. Эту задачу нельзя считать выполненной. В статье анализируются причины. Рассматривается несколько проблем: недостаточное научное обеспечение методов оценки качества природных вод, состояние системы управления качеством (регулирования), отсутствие современной и адекватной задачам водоохраны системы мониторинга, недостаточное финансирование водоохраны.

Показано, что научно-методическая база оценки и управления качеством природных вод в России, ориентированная на системы ПДК и на статистику сбросов по форме 2–ТП(водхоз), устарела. Не проводится мониторинг микрозагрязнений, прежде всего, ксенобиотиков. Фактически отсутствует мониторинг

* Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №17-05-00842

донных отложений. Не отработана технология обработки гидрохимической информации. Требования к качеству отводимой воды должны учитывать фоновые концентрации, которые различаются для водных объектов, расположенных в разных физико-географических и климатических зонах. Не отработана процедура перехода от действующей системы регулирования сбросов на основе НДС к системе, основанной на НДТ. Отсутствуют какие-либо нормативы содержания загрязняющих веществ в донных осадках.

Предлагается использовать информационные технологии оценки опасности ксенобиотического загрязнения на основе программ прогноза биологической активности соединений PASS и GUSAR. Для радикального изменения ситуации с финансированием водного хозяйства все водохозяйственные организации должны переходить на использование компьютерных информационно-вычислительных систем, оснащенных современными моделями водных бассейнов и их участков. Одним из возможных способов решения проблем регулирования качества вод представляется переход на риск-ориентированный подход, активно применяющийся в системах законодательного регулирования развитых стран.

Современное состояние качества поверхностных вод, по данным Государственного доклада о состоянии окружающей среды в Российской Федерации [1], является стабильным, однако характеризуется рядом проблем. По критериям, принятым в развитых странах, состояние водного хозяйства Российской Федерации следует характеризовать как кризисное. Услугами централизованного водоснабжения в Российской Федерации пользуются около 120 млн человек или до 82 % численности населения страны. В развитых странах этот показатель составляет 90–95 % и более. Из общего объема воды, подаваемой в централизованные системы коммунального водоснабжения, через системы водоподготовки пропускается не более 59 %, а в сельских населенных пунктах этот показатель не превышает 20 %. Около 27 % водозаборов из поверхностных источников водоснабжения не имеют необходимого комплекса очистных сооружений, в т. ч. 16 % – не оснащены обеззараживающими установками [2].

Основные проблемы – низкое качество воды в большинстве используемых водных объектов, недостаточные системы водоохраных мероприятий, отсутствие полной и объективной оценки состояния экосистем водных объектов в России, основанной на данных государственного и других видах мониторинга.

Одну из основных задач Водной стратегии РФ до 2020 года – охрану и восстановление водных объектов до состояния, обеспечивающего экологически благоприятные условия жизни населения – нельзя считать выполненной. Причин этому несколько: недостаточное научное обеспечение методов оценки качества природных вод, неэффективное состояние системы управления ка-

чеством (регулирования), отсутствие современной и адекватной задачам водоохраны системы мониторинга, недостаточное финансирование водоохраны.

ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ВОД

Научно-методическая база оценки и управления качеством природных вод в России устарела. Она построена на представлениях середины XX в. Это ориентация на системы ПДК и интегральные индексы. В ней недостаточно внимания уделяется физико-химическим и гидробиологическим закономерностям формирования качества, взаимодействию компонентов водного объекта – водной массы, донных осадков (отложений), прибрежной зоны, биоты. Особенно тревожное положение сложилось в оценке роли источников поступления в водные объекты отходов антропогенной деятельности: статистика сбросов предприятиями загрязняющих веществ (форма 2–ТП (водхоз) не достоверна, перечень компонентов устарел, отсутствуют методики оценки неконтролируемого (диффузного) стока и вторичных загрязнений от донных осадков. Сами методы регламентации внутренне противоречивы и малоэффективны [3]. Характерно неудовлетворительное состояние водоохраных зон практически во всех индустриально развитых регионах страны [4]. Устарела методическая и приборная база мониторинга качества вод. Не проводится мониторинг микрозагрязнений, прежде всего ксенобиотиков, хотя в развитых странах эти наблюдения идут уже 15 лет. Отсутствует методическая база оценки вредного влияния ксенобиотиков на экологическое состояние водных объектов и организм человека. Отсутствует мониторинг донных отложений, необходимый, прежде всего, для водоемов и водохранилищ. Не отработана даже технология обработки гидрохимической информации. Как показывают проведенные исследования, статистические распределения гидрохимических показателей качества воды существенно отличаются от нормального распределения [5], и, соответственно, для их обработки не могут использоваться часто применяемые параметрические методы статистического анализа.

Такая ситуация обусловлена, в значительной степени, общеэкономическими причинами: трудно найти инвестиции для развития и даже для поддержания (т. е. хотя бы реновации физически изношенного оборудования) инфраструктуры, в т. ч. и для такой отрасли, как водное хозяйство. Государственное управление обязано противостоять подобной тенденции.

Рассмотрим некоторые, наиболее существенные изъяны системы управления водным хозяйством.

Научное и экономическое обоснование нормативов

В России принят подход на основании нормирования воздействия с использованием предельно допустимых концентраций (ПДК), в мировой прак-

тике получивший название *опасность-ориентированного подхода* или *концепции «нулевого» риска*. Критерием допустимости загрязнения является выполнение неравенства $C < ПДК$, где C – концентрация загрязняющего вещества в так называемом «контрольном створе». В природоохранительном законодательстве развитых стран, в частности, в Европейском Союзе, уже более 20 лет происходит планомерный переход к *риск-ориентированному подходу* [6]. Для каждого из загрязняющих веществ на основании информации о его свойствах определяются вероятность воздействия на живые организмы и возможные негативные эффекты такого воздействия. Уровень допустимого риска учитывает экономическое состояние предприятий с использованием принципа НДТ – наилучших доступных технологий. Только на основании результатов оценки рисков принимается решение о способах водоохраны, а также о размере платежей за загрязнение.

В настоящее время в России существуют две основные системы нормативов качества природных поверхностных вод: санитарно-гигиеническая, применяемая при культурно-бытовом и питьевом использовании водных объектов (ПДК_{ср}) и рыбохозяйственная (ПДК_{рх}) при соответствующем использовании водных объектов. Каждая из этих систем устанавливает единый норматив для всех водных объектов страны, несмотря на огромное различие физико-географических, климатических и социально-экономических условий. При этом рыбохозяйственные нормативы по сравнению с водохозяйственными более жесткие для большинства контролируемых загрязняющих веществ. На практике именно рыбохозяйственные нормативы используются как основные нормативы качества. Начиная с Постановления Совмина СССР № 1045 от 15 сентября 1958 г. «О воспроизводстве и об охране рыбных запасов во внутренних водоемах СССР», без каких-либо ограничений и исключений все водные объекты рассматриваются как рыбохозяйственные.

Весьма показательна ситуация с нормативами допустимого содержания одного из наиболее распространенных лимитирующих показателей качества воды – взвешенных веществ, когда средняя квадратичная погрешность определения элемента по современным методикам [7] в 10 раз превышает норматив для данного ингредиента [8].

Очевидно, что стандарты и нормативы, помимо научного обоснования, должны соответствовать возможностям экономики, которая в экологическом аспекте все еще живет за счет будущих поколений. Установление технологически недостижимых, экономически неоправданных и экологически необоснованно жестких нормативов приводит, вопреки намерениям законодателей, не к улучшению экологической ситуации, а к ее ухудшению. Любой хозяйствующий субъект, чтобы обеспечить рентабельность свое-

го производства, может выделить лишь ограниченный ресурс на очистку сточных вод, реализацию водоохраных мероприятий и т. п. Если для выполнения установленных нормативов требуются затраты, превышающие этот ресурс, водопользователь вынужден решать свои проблемы вне рамок правового поля, не заботясь о поэтапном проведении непосильных для него водоохраных мероприятий.

Критика использования рыбохозяйственных нормативов как основного критерия качества не означает каких-либо претензий к самому рыбному хозяйству как водопользователю. Более того, оно испытывает немалые трудности из-за того, что до сих пор не сформулированы четкие критерии зонирования водных объектов для участков нереста, нагула, промысла.

Другим примером непродуманных нормативных требований является Приказ Минприроды России № 333 от 17 декабря 2007 г. «Об утверждении Методики разработки нормативов допустимых сбросов веществ и микроорганизмов в водные объекты для водопользователей», к которой имеется ряд замечаний. Например, в п. 8 этой Методики указано, что для сброса сточных вод в черте населенного пункта НДС определяется, исходя из отнесения нормативных требований к самим сточным водам. Однако понятие «черта» (граница) населенного пункта по-разному определяется в различных законах, имеющих отношение к рассматриваемому аспекту проблемы (Земельный кодекс РФ, Градостроительный кодекс РФ, ФЗ-131 «Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации»), и до сих пор не разъяснено, какому из них надлежит следовать при выполнении этого приказа. Несмотря на то, что согласно редакции «Методики разработки нормативов допустимых сбросов веществ и микроорганизмов в водные объекты для водопользователей» от 15.11.2016 г., п. 8 был исключен, понятие «черта населенного пункта» осталось в другом нормативном документе – СанПиН 2.1.5.980-00 (п. 4.1.2), поэтому проблема нечеткости и расплывчатости определения столь значимого для обеих сторон водопользования понятия осталась.

Согласно указанной Методике НДС, качество сточных вод должно быть значительно лучше, чем воды питьевого назначения. Более того, нормативы по алюминию, свинцу, цинку, меди даже более жесткие, чем требования ГОСТ 6709-72. Вода дистиллированная.

Управление качеством воды водных объектов

Требования к качеству отводимой воды должны учитывать фоновые концентрации, которые различаются для водных объектов, расположенных в разных физико-географических и климатических зонах, а в отдельных случаях необходимо принимать во внимание и локальные особенности водных объектов.

Актуальной проблемой для России является переход на принцип нормирования в соответствии с наилучшими доступными технологиями (НДТ) по отраслям промышленности и ЖКХ. Сделан первый шаг: разработаны информационно-технологические справочники НДТ по отдельным отраслям. Однако до сих пор не отработана сама процедура перехода от действующей системы регулирования сбросов на основе НДС к системе, основанной на НДТ.

Значительная часть загрязняющих веществ аккумулируется в донных отложениях. Следует иметь в виду, что водохранилища, созданные на многих равнинных российских реках, – это огромные отстойники. Научные исследования последних лет показали, что объем и химический состав этих отложений в настоящее время таковы, что вероятность повторных загрязнений высока [9]. Однако у нас отсутствуют какие-либо нормативы содержания загрязняющих веществ в донных осадках. Фактически отсутствует мониторинг донных отложений, хотя Водный кодекс РФ предписывает ведение «мониторинга состояния дна и берегов водных объектов, а также состояния водоохраных зон» (пункт 5.2 части 4 ст. 30).

Публикуемые данные не дают полной картины об источниках загрязнения водных объектов, т. к. содержат лишь качественные по сути характеристики сточных вод: загрязненные, очищенные и пр. Форма отчетности 2–ТП (водхоз) составляется предприятиями и достоверность такой исходной информации сомнительна. К тому же эти данные характеризуют лишь часть источников загрязнения. Интенсивность рассредоточенных, диффузных, не декларируемых источников в ряде водных объектов превышает вклад контролируемых точечных источников [10].

Современные подходы к определению и оценке опасности органических ксенобиотиков при анализе качества вод

Номенклатура поллютантов (ни в каких документах) не включает большие группы загрязняющих веществ, называемых ксенобиотиками. Это лекарства, химические бытовые и промышленные средства и др., обладающие высокой биологической активностью. В развитых странах загрязнению ксенобиотиками уделяется большое внимание. Несмотря на относительно низкие концентрации, их воздействие на обитателей водных объектов и человека через потребляемую питьевую воду весьма значительно. Это особенно существенно для рек – источников питьевого водоснабжения, т. к. типовые системы водоочистки не ориентированы на удаление этих веществ. В воде, помимо антропогенных органических соединений, содержатся природные вещества практически всех классов химических соединений.

Согласно «Правилам охраны поверхностных вод» (утв. Госкомприроды СССР 21 февраля 1991 г.) запрещается сбрасывать в водные объекты воз-

вратные (сточные) воды, содержащие вещества или продукты трансформации веществ в воде, для которых не установлены ПДК или ОДУ, а также вещества, для которых отсутствуют методы аналитического контроля, за исключением тех веществ, что содержатся в воде водного объекта. Однако реально это положение не соблюдается: в воду могут попадать вредные для биоты и человека соединения, для которых отсутствуют значения ПДК. Соединения в воде подвергаются различным трансформациям, в результате которых могут образовываться зачастую более опасные вещества, чем исходные, причем для этих вторичных продуктов значение ПДК отсутствует в подавляющем большинстве случаев.

Таким образом, анализ качества природных вод, особенно тех, которые используются как источники питьевого водоснабжения, требует понимания многокомпонентности загрязнения, представления о потенциальном наличии синергизма и о необходимости идентификации веществ, для которых нет формализованных и нормативных методик.

Из анализа литературы следует, что хроматография и хромато-масс-спектрометрия в настоящее время являются самыми распространенными и наиболее часто используемыми методами химического анализа для идентификации органических соединений. Сегодня около 60 % химических анализов во всех странах мира выполняются хроматографическими методами [11]. Ни один аналитический метод не может конкурировать с хроматографией и масс-спектрометрией по универсальности применения и эффективности разделения самых сложных многокомпонентных смесей [12].

В отсутствие ПДК для многих ксенобиотиков предлагается использовать информационные технологии оценки опасности ксенобиотического, включая лекарственное, загрязнения. В разработанной системе используется 14 международных и национальных баз данных, среди которых 10 являются легитимными по отношению к России, а также программа прогноза биологической активности соединений по их структуре (Prediction of Activity Spectra for Substances – PASS) [13, 14].

Современная версия компьютерной программы PASS 2014 прогнозирует 7157 активностей на основе данных о 960 тыс. соединений. Средняя точность предсказания составляет 94,1 %. Список прогнозируемых PASS видов биологической активности включает основные и побочные фармакологические эффекты, биохимические механизмы действия, специфическую токсичность, нежелательные мишени и эффекты, связанные с метаболизмом, транспортом и влиянием на экспрессию генов. Классифицированы уровни действия: целостный организм, отдельные системы организма (например, нервная), отдельные органы, ткани, клетки, субклеточные структуры, биохимические реакции или биомакромолекулы. Ре-

зультатом прогноза в программе являются вероятности наличия и отсутствия конкретного вида активности.

Другая программа GUSAR [15] позволяет также прогнозировать и некоторые количественные характеристики токсичности, например, LD50.

Проблемы экономического обеспечения управления водопользованием

В Государственном докладе «О состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации в 2015 году» сообщается, что в условно сопоставимых ценах текущие затраты на охрану и рациональное использование водных ресурсов в 2015 г. по сравнению с 2005 г. составили 85–86 %. За последние пять лет имеет место уменьшение суммарного поступления водного налога и платежей за водопользование в номинальном исчислении. Капиталовложения в водоохрану и рациональное использование водных ресурсов из всех источников финансирования последние 10 лет находились на уровне 25–30 млрд руб. в сопоставимых ценах, т. е. фактически не росли.

По оценке специалистов, готовящих новый вариант Стратегии развития водного хозяйства России (до 2030 года), по сценарию неухудшения состояния водных ресурсов требуется ежегодно сумма порядка 45 млрд руб., а для улучшения состояния – более 70 млрд. Очевидно, что для осуществления подобных предположений требуется резко увеличить либо бюджетную поддержку водоохраных мероприятий, либо в несколько раз повысить ставки водного налога. Радикальное изменение ситуации с финансированием водного хозяйства имеет ключевое значение для экологического благополучия водных ресурсов России и, в конечном счете, для здоровья населения.

Следует также отметить незначительную роль разработанных во всех бассейнах в соответствии с Водным кодексом РФ Схем комплексного использования и охраны водных объектов (СКИОВО). Концепция СКИОВО, разработанная еще в 1980-е годы, безнадежно устарела. В большинстве стран влияние сбросов сточных вод предприятий оценивается с использованием математических моделей. Заметим, что в США для расчета Total Maximum Daily Load (TMDL) – нормативного показателя (аналога НДС и НДС) – используются сертифицированные программные комплексы, ориентированные на индивидуальный подход для каждого водного объекта и каждого водопользователя [16]. В России до сих пор применяются расчетные методы начала 1950-х годов.

Вместо объемных томов СКИОВО во всех водохозяйственных организациях должны появиться компьютерные информационно-вычислительные системы, оснащенные моделями «подведомственных» бассейнов и их участков.

РИСК-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ ПОДХОД В ЗАКОНОДАТЕЛЬНОМ РЕГУЛИРОВАНИИ КАЧЕСТВА ВОД

Одним из возможных способов решения проблем регулирования качества вод представляется переход на риск-ориентированный подход, активно применяющийся в системах законодательного регулирования развитых стран. Риск-ориентированный подход (РОП) к регулированию качества вод на законодательном уровне в странах Европейского Союза (Великобритании, Ирландии, Шотландии, Нидерландах, Португалии) реализован через следующие системы:

- система требований к выдаче разрешений на осуществление хозяйственной деятельности для объектов негативного воздействия;
- система контрольно-надзорной деятельности природоохранных органов исполнительной власти при планировании и осуществлении проверок;
- система регулирования рынка производителей и экспортеров химических веществ.

Ответственным органом за реализацию РОП в этих странах являются органы исполнительной власти, в основном – Агентства по охране окружающей среды (ООС). Такие агентства обычно разрабатывают стандартные правила для оценки рисков определенных видов деятельности. Так, в Великобритании оценки рисков для стандартных сооружений биологической очистки сточных вод проводят в шесть шагов [17]. По каждому веществу указывается название, размерность, максимальное, минимальное и среднее значение концентрации в сточной воде, максимальный и средний объем сброса сточных вод; для пресноводных объектов – средняя концентрация загрязняющего вещества выше точки сброса и при расходах реки 95 % обеспеченности. Указываются общие данные о содержании металлов, пределы количественного обнаружения и норматив качества окружающей среды. При отсутствии данных мониторинга сточных вод расчет осуществляется с использованием моделей.

Дополнительные тесты проводятся для приоритетных опасных веществ, присутствующих в сточных водах и отводимых в пресноводные объекты. Для 13 приоритетных загрязняющих веществ установлены годовые лимиты существенного воздействия, определяющие объем поступлений (в кг) таких веществ в водный объект, превышение которого должно рассматриваться как значимое воздействие на окружающую среду, требующее оценки риска.

По итогам оценки Агентства по ООС Великобритании, объекты лицензирования подразделяются на три группы согласно уровням негативного воздействия.

Необходимая степень регуляторного контроля определяется на основании текущего статуса соответствия объектов негативного воздействия действующему законодательству, с учетом оценки производственных рисков. В странах ЕС такая оценка проводится на основании методологии по пяти группам риск-факторов [18].

Риск-ориентированные системы регулирования рынков химической продукции действуют в странах ЕС, США, Канаде, Швейцарии, Южной Кореи, Китае, Турции. Большинство таких систем базируются на подходе REACH, действующем в Европейском Союзе. Все его составляющие подробно рассмотрены в [19]. Система нацелена на контроль за оборотом химических веществ и минимизацию вреда от их использования на здоровье человека и окружающую среду. Контроль за выполнением закона осуществляет специально учрежденное ведомство – Европейское Химическое Агентство (ЕХА).

Одним из основных требований REACH является возложение ответственности за оценку рисков и опасности химических веществ на производителей и поставщиков.

Принципиальный подход к оценке экологической безопасности вещества включает оценку опасности, оценку воздействия и характеристику риска. На основании результатов такой оценки определяется необходимость разработки дополнительных мер контроля для снижения рисков.

В настоящий момент на территории Европейского Союза в обороте находится более 100 тыс. химических веществ, из которых 13 428 зарегистрированы и прошли оценку риска, 1,5 тыс. веществ являются небезопасными, 168 веществ находятся в перечне веществ-кандидатов. Более 520 химических веществ запрещены или значительно ограничены в доступе на рынок стран ЕС (соединения мышьяка, кадмия, свинца, бромированные бифенилы, нонилфенолы и др.).

С момента введения REACH на 11,5 % (19 млн т) сократился объем производства опасных веществ, в частности на 10 % (5 млн т) – объем производства веществ, представляющих серьезную хроническую токсическую опасность.

Внедрение REACH обошлось производителям Евросоюза по разным оценкам в €2–7 млрд, в первую очередь, за счет затрат на тестирование и процедуру регистрации химических веществ. При этом суммарная экономическая выгода от внедрения REACH по разным оценкам составляет €6,9 – 34,4 млрд в год.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Система управления водным хозяйством в Российской Федерации нуждается в поэтапном реформировании основных системных элементов. Пересмотр подходов к схемам управления водохозяйственными бассейна-

ми, нормированию негативного воздействия на водные объекты, ведению контрольно-надзорной деятельности, мониторингу расширенного перечня опасных веществ в сбрасываемых сточных водах и водных объектах, а также самих методов мониторинга являются приоритетными направлениями такого развития. Очевидно, что эти направления должны быть заложены в стратегию развития водного хозяйства и сопровождаемы поэтапными мероприятиями.

Переход к риск-ориентированному подходу в оценке уровня негативного воздействия от планируемой деятельности при выдаче разрешений на сброс сточных вод и водопользование, а также надзор за объектами НВОС позволяют сфокусироваться на наиболее значимых объектах, представляющих повышенную опасность для окружающей среды, в т. ч. водных объектов. Такая система нуждается в детальном методическом и информационно-аналитическом сопровождении, которое может быть частично заимствовано у агентств по охране окружающей среды развитых стран.

В реалиях российского законодательства не следует ждать улучшения качества воды только путем ужесточения действующих нормативов ПДК. При оценке качества вод следует изучить опыт развитых стран в этой сфере регулирования и учитывать не только общепринятые в России показатели (в основном неорганические поллютанты), но и приоритетные загрязняющие вещества, обращая внимание на географические, производственные и др. особенности региона, в котором проводится мониторинг. Традиционные методы оценки качества вод должны уступить место более эффективным, позволяющим прогнозировать различные виды опасности соединений, острые количественные показатели токсичности, их синергическое действие в многокомпонентной водной среде.

Часто повторяемый тезис о водном богатстве России, будучи справедливым «в общем и целом», не должен заслонять серьезные проблемы управления качеством вод в водном хозяйстве страны.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации». Режим доступа: <http://www.mnr.gov.ru/regulatory/list.php?part=1101>.
2. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 27 августа 2009 г. №1235-р «Водная стратегия Российской Федерации на период до 2020 года».
3. *Лепихин А.П., Возняк А.А., Тиунов А.А. Богомолов А.В.* К проблеме корректности методов расчетов и задания исходной гидрологической и гидрохимической информации при регламентации техногенных воздействий на водные объекты // Водное хозяйство России. 2017. № 1. С. 32–46.
4. *Гордин И.В.* Кризис водоохранных зон России. М.: Физматлит, 2006. 196 с.

5. Лепихин А.П., Возняк А.А. Статистические функции распределения гидрохимических показателей качества воды поверхностных водных объектов // Водное хозяйство России. 2012. № 4. С. 21–32.
6. General Report 2015. European Chemicals Agency. Helsinki. March 2016. 122 p.
7. РД 52.24.468-2005 Взвешенные вещества и общее содержание примесей в водах. Методика выполнения измерения массовой концентрации гравиметрическим методом.
8. Лепихин А.П., Головачева С.И. К проблеме регламентации отведения взвешенных веществ в естественные водотоки // Водное хозяйство России. 2015. № 1. С. 108–119.
9. Веницианов Е.В., Лепихин А.П. Физико-химические основы моделирования миграции и трансформации тяжелых металлов в природных водах. Екатеринбург: Изд-во РосНИИВХ, 2002. 235 с.
10. Кирпичникова Н.В. Исследование неконтролируемых источников загрязнения (на примере Ивановского водохранилища): автореф. ... канд. техн. наук. М., 1991. 24 с.
11. Яшин Я.И., Веденин А.Н., Яшин А.Я. 60 лет хроматографическому приборостроению // Аналитика. 2016. № 2. С. 84–99.
12. Отто М. Современные методы аналитической химии. 3-е изд-е. М.: Техносфера, 2008. 544 с.
13. Filimonov D.A. Prediction of the biological activity spectra of organic compounds using the pass online web resource / D.A. Filimonov, A.A. Lagunin, T.A. Glorizova, A.V. Rudik, D.S. Druzhilovskii, P.V. Pogodin, V.V. Poroikov // Chemistry of Heterocyclic Compounds, 2014. Vol. 50 (3). P. 444–457.
14. Filimonov D.A. Probabilistic approach in activity prediction / D.A. Filimonov, V.V. Poroikov // Chemoinformatics Approaches to Virtual Screening. Cambridge (UK): RSC Publishing. 2008. P. 182–216.
15. Lagunin A. QSAR modelling of rat acute toxicity on the basis of PASS prediction / A. Lagunin, A. Zakharov, D. Filimonov, V. Poroikov // Molecular informatics, 2011. Vol. 30. P. 241–250.
16. Guidance for Water Quality-Based Decisions: The TMDL Process. U.S. Environmental Protection Agency (EPA). Washington, D.C. Doc. No. EPA 440/4-91-001. April 1991.
17. Краткий обзор нового Регламента Европейского Союза по Химическим веществам REACH. Режим доступа: <http://www.ecovostok.ru>.
18. Risk and Regulatory Policy: Improving the Governance of Risk by OECD Reviews of Regulatory Reform, 2010. Режим доступа: <http://regulatoryreform.com/wp-content/uploads/2015/02/oecd-risk-and-regulatory-policy-2010.pdf>.
19. Risk and Regulatory Policy: Improving the Governance of Risk by OECD Reviews of Regulatory Reform, 2010. Режим доступа: <http://regulatoryreform.com/wp-content/uploads/2015/02/oecd-risk-and-regulatory-policy-2010.pdf>. Краткий обзор нового Регламента Европейского Союза по Химическим веществам REACH. Режим доступа: <http://www.ecovostok.ru>.

Сведения об авторах:

Веницианов Евгений Викторович, д-р физ.-мат. наук, проф., заведующий лабораторией, ФГБУН «Институт водных проблем Российской академии наук», Россия, 119333, Москва, ул. Губкина, 3; e-mail: eugeny.venitsianov@gmail.com

Аджиенко Георгий Валентинович, младший научный сотрудник, ФГБУН «Институт водных проблем РАН», Россия, 119333, Москва, ул. Губкина, 3; e-mail: adgi89@bk.ru

Возняк Анна Анатольевна, канд. геогр. наук, ведущий научный сотрудник, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов», Камский филиал, Россия, 214002, г. Пермь, ул. Островского, 113; e-mail: aavoznyak@gmail.com

Чиганова (Козлова) Мария Алексеевна, канд. геогр. наук, старший научный сотрудник, ФГБУН «Институт водных проблем РАН», Россия, 119333, Москва, ул. Губкина, 3; e-mail: mblshok@mail.ru