

Раздел 3

ГИДРОЛОГИЯ. КЛИМАТ

Section 3

HYDROLOGY. CLIMATE

УДК 504.064.3(282.256.1)

**ПЕРСПЕКТИВЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ
ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД
ОБЬ-ИРТЫШСКОГО БАССЕЙНА**

Д.М. Безматерных, А.В. Пузанов, Т.С. Папина, В.В. Кириллов,
И.Д. Рыбкина, О.В. Ловцкая, Я.Э. Кузнец

Институт водных и экологических проблем СО РАН, Барнаул, E-mail: bezmater@iwepr.ru

В статье приведен анализ современных тенденций развития систем экологического мониторинга поверхностных вод суши. Охарактеризованы особенности Обь-Иртышского бассейна как объекта экологического мониторинга поверхностных вод суши. Предложены пути повышения эффективности системы экологического мониторинга в Обь-Иртышском бассейне.

Ключевые слова: Экологический мониторинг, водные ресурсы, бассейн Оби, цифровизация.

DOI: 10.24411/2410-1192-2020-15704

Дата поступления 22.05.2020

*Современные тенденции развития
систем экологического мониторинга
поверхностных вод суши*

В настоящее время большинство стран мира имеют системы мониторинга водных объектов, но только часть из экономически развитых государств построили таковые комплексные системы, основанные на современных цифровых технологиях. На практике для национального и глобального мониторинга наиболее часто используются ГИС- и веб-технологии, а также математическое (компьютерное) моделирование [1].

Наиболее продвинутые информационные системы экологического мониторинга созданы в США и странах Европы. Они включают отдельные элементы технологий анализа больших данных, искусственного интеллекта и интернета вещей, продвижение этих новых пер-

спективных направлений происходит значительными темпами. Развитие и внедрение этих технологий в Российской Федерации является важной задачей [2].

Повсеместно входят в практику экологического мониторинга технологии интернета вещей. В основном это проявляется в использовании «умных» датчиков, которые контролируют состояние окружающей среды. Разработано большое количество приборов, которые чувствительны к различным параметрам атмосферы, гидросферы и педосферы. Зачастую датчики объединяются в комплексы, способные оценивать ряд показателей. При превышении предельного уровня они могут подавать тревожный сигнал оператору и/или передавать команду для автоматического изменения режима природопользования (например, объемов водозабора или водоотведения).

Однако проводимые наблюдения действующими постами Росгидромета практически повсеместно недостаточны. Согласно Государственному докладу «О состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации в 2017 г.» [3] с 1986 г. по 2017 г. количество гидрологических постов в России значительно сократилось, и в настоящий момент их насчитывается 2651 на 17 075 400 км², т.е. в среднем 5709 км² на 1 пост. В развитых странах этот показатель существенно ниже: в США около 1115 км² на один пост, Великобритании – 175 км², Японии – 67 км², Франции – 203 км², в Евросоюзе в среднем – 270 км².

В России крайне немногочисленна сеть станций, выполняющих гидрохимические наблюдения, как правило, они ограничиваются малым набором наблюдаемых показателей и устаревшими методиками химического анализа. Необходимо дополнение программы экологического мониторинга биологическими методами (биоиндикации и биотестирования), что особенно важно для участков водных объектов, находящихся под влиянием крупных промышленных центров и промышленных предприятий. Интегральность биологических показателей дает возможность для обоснованного выбора фоновых участков с целью разработки нормативов допустимого вредного воздействия на их экосистемы.

Для решения этих проблем необходимо совершенствовать системы мониторинга водными ресурсами. Следует повышать технологический уровень наблюдательной сети путем внедрения автоматизированных многопараметрических измерительно-информационных комплексов, современных беспроводных коммуникаций, новых информационных технологий обработки и анализа данных с постов наблюдательной сети, а также методов дистанционного мониторинга. Пункты наблюдения должны быть обеспечены в соответствии с требованиями международных стандартов

передвижными гидрохимическими лабораториями и плавательными средствами. Также необходимо развивать сеть наблюдательных пунктов (включая открытие новых, возобновление работ во временно нефункционирующих и закрытых), совершенствовать программы наблюдений и восстанавливать периодичность отбора проб до нормативного уровня. Программу наблюдений необходимо дополнять проведением биологического мониторинга, как предваряющего химический, особенно в регионах с интенсивным антропогенным воздействием. Необходимо создание на основе ГИС-технологий унифицированных автоматизированных систем обработки, обобщения и представления данных о состоянии и загрязненности поверхностных водных объектов. Это увеличит доступность информации о результатах мониторинга водных объектов, в т.ч. в понятных для населения формах в Интернете [4].

В настоящее время системы мониторинга поверхностных вод как в США, так и в странах Евросоюза (ЕС) претерпели существенные изменения, что проявляется в переходе от чисто химических показателей к комплексной оценке состояния водных экосистем, включая обязательное использование методов биоиндикации [5]. Биологический анализ – это оценка состояния водных объектов, позволяющая использовать биологические свойства и другие прямые определения характеристик биоты. Основной причиной перехода на биологический контроль является тот факт, что сообщества водных организмов отражают совокупное воздействие факторов среды на качество поверхностных вод. В принятой в 2000 г. Европейской Рамочной Водной Директиве (Water Frame Directive – WFD) указывается, что оценка экологического качества воды должна основываться на совокупных гидроморфологических, гидрохимических и гидробиологических данных.

После принятия WFD понятие «биоиндикация» приобрело несколько иной смысл. Это относится не к идеологии биологического контроля как тако-

вого, а к методам определения экологического качества вод, которые в странах ЕС должны основываться на системе эталонных створов и показателей. Активно ведутся разработки новых подходов в биоиндикации с использованием современных молекулярно-генетических методик: метагеномный анализ и метабаркодинг [6-7].

Особенности Обь-Иртышского бассейна как объекта экологического мониторинга поверхностных вод суши

Обь – одна из крупнейших рек в мире, занимает первое место в России по водосборной площади и третье по водному стоку. Река Обь берет свое начало на Алтае, длина ее от слияния рек Бии и Катунь составляет 3660 км, а от истока Иртыша (основного притока) – 5410 км. Площадь Обь-Иртышского бассейна – 2990 тыс. км². Поверхность Обь-Иртышского бассейна дренируется многочисленными реками, общая длина которых превышает 250 тыс. км. Река Иртыш берет начало в Монголии и далее пересекает территории трех государств – Китая, Казахстана, России. Протяженность реки в пределах Российской Федерации составляет 48 % от ее общей длины. Обь-Иртышский бассейн охватывает практически всю Западную Сибирь, а также часть территории Казахстана и Китая [8].

Для Обь-Иртышского бассейна характерны следующие основные проблемы водообеспечения и водопользования [9]: неравномерность распределения водных ресурсов, опасные гидрологические явления (наводнения, подтопления, русловые деформации), загрязнение вод веществами антропогенного и природного происхождения. Экстремальные гидрологические явления представляют значительную угрозу жизни населения в бассейне Верхней Оби. В 2014 и 2018 гг. имели место чрезвычайные гидрологические ситуации, обусловленные экстремальным, сложно прогнози-

руемым паводком с расходами воды редкой повторяемости. Эти опасные гидрологические явления сформировались в результате сочетания редких гидрометеорологических условий: положительной температурной аномалии, вызвавшей таяние снега и ледников в горах и формированием значительных по объему, площади и продолжительности зон дождевых осадков в бассейне Верхней Оби. В будущем риск наводнений и иного негативного воздействия вод будет сохраняться и усиливаться в связи с учащением опасных гидрологических явлений из-за природно-климатических изменений последних лет и продолжающимся антропогенным освоением периодически подтапливаемых территорий [10].

Некоторые приоритетные загрязнители (табл. 1), например, железо, медь, марганец, часто имеют естественное происхождение, обусловленное региональным геохимическим фоном. Для них необходимо установить региональные ПДК. Ситуация осложняется трансграничным статусом бассейна. Наиболее высок индекс антропогенной преобразованности бассейна в степных и южных лесостепных районах, низок – в северной части; в горных регионах Алтая, Салаира и Кузнецкого Алатау антропогенная преобразованность невысокая, а в регионах Зауралья и Кузнецкой котловине выделены территории экологического неблагополучия. Для различных участков бассейна выявлена асинхронность многолетних трендов изменения водности [11]. За последние десятилетия в целом по бассейну несколько снизились объемы водопотребления и водоотведения. С учетом обеспеченности подземными и поверхностными водными ресурсами в условиях катастрофически низкой и очень низкой потенциальной обеспеченности водными ресурсами проживает 15 % населения Обь-Иртышского бассейна.

Приоритетные загрязняющие вещества и показатели качества воды
в Обь-Иртышском бассейне

Регионы и водные объекты	Приоритетные загрязнители и показатели качества воды [12-13]
Республика Алтай: Телецкое озеро, реки Бия и Катунь Алтайский край: р. Обь	медь, железо, нитриты, фенолы, нефтепродукты
Кемеровская область: р. Томь	железо, медь, марганец, цинк, нитриты, аммоний, сульфаты, фосфаты, минерализация, Na+K, растворенный кислород, нефтепродукты, БПК ₅ , ХПК
Томская область: реки Томь и Обь	железо, медь, цинк, магний, алюминий, марганец, цинк, аммоний, нитриты, фосфаты, сульфаты, минерализация, Na+K, фенолы, нефтепродукты, БПК ₅
Новосибирская обл., р. Обь, Новосибирское водохранилище ХМАО: реки Обь и Иртыш	железо, алюминий, цинк, медь, магний, марганец, аммоний, нитриты, фосфаты, сульфаты, хлориды, Na+K, минерализация, нефтепродукты, фенолы, БПК ₅
ЯНАО: р. Обь	медь, железо, марганец, аммоний, никель, цинк, нитриты, сульфаты, фенолы, нефтепродукты, БПК ₅ , ХПК
Омская область: р. Иртыш Курганская область: реки Тобол и Миасс Челябинская область: р. Миасс	медь, марганец, хлориды, сульфаты, аммоний, фосфаты, фенолы железо, нитриты, медь, цинк, марганец, растворенный кислород, сульфаты, нефтепродукты, фенолы, БПК ₅ , ХПК
Свердловская область: р. Тура	марганец, цинк, медь, железо, нитриты, фосфаты, растворенный кислород, фенолы, нефтепродукты, БПК ₅ , ХПК
Тюменская обл.: реки Тура и Тобол	взвешенные вещества, марганец, нитриты, растворенный кислород, нефтепродукты, фенолы марганец, цинк, медь, железо, нитриты, аммоний, растворенный кислород, фенолы, нефтепродукты, БПК ₅ , ХПК

Пути повышения эффективности системы экологического мониторинга в Обь-Иртышском бассейне

С 2019 г. под руководством губернатора Кемеровской области С.Е. Цивилёва разрабатывается Федеральный проект «Цифровой Обь-Иртышский бассейн» [14], который направлен на модернизацию системы экологического мониторинга и создание цифровой платформы управления водными ресурсами Обь-Иртышского бассейна. Данный проект не является альтернативой Росгидромету, а направлен на активное сотрудничество с этим и другими природоохранными ведомствами (региональными и федеральными). Институт водных и экологических проблем СО РАН, являясь одной из ведущих научных организаций в Сибири по этой тематике, с самого начала принял участие в

разработке и продвижении федерального проекта совместно с Институтом вычислительных технологий СО РАН, Санкт-Петербургским политехническим университетом Петра Великого, группой компаний «СКАНЭКС» и др. участниками. К настоящему времени проект получил поддержку Научного совета РАН по глобальным экологическим проблемам. Одной из главных задач проекта является создание в бассейне сети современных автоматических станций для мониторинга гидрологической, гидрохимической и гидробиологической ситуации в режиме реального времени. Эти станции должны иметь возможность определять следующие показатели: уровень воды, скорость течения, температуру воды, фотофиксация состояния поверхности водного объекта и ледового режима, измерение ряда гидрохимических и гидробиологи-

ческих показателей качества воды (всего около 20), а также дополнительно – основные почвенно-метеорологические характеристики. Предпочтение будет отдано датчикам, не требующим сложного постоянного обслуживания и калибровки. Несмотря на некоторые недостатки таких датчиков (более низкая чувствительность и ограниченный спектр показателей), такая система будет иметь ряд преимуществ перед традиционно используемыми (классическими) методами мониторинга (табл. 2). Станция должна иметь гарантированное электроснабжение, устойчивую и высокоскоростную линию связи, устойчи-

вость к неблагоприятным условиям окружающей среды (с учетом сибирского климата) и противовандальную защиту.

Существенным ограничением массового использования комплексных автоматических станций контроля экологического состояния водной среды является их высокая стоимость. Для их рационального размещения необходимо определить максимальный размер участка реки, состояние которого данная станция будет характеризовать. Это расстояние может зависеть от ряда факторов.

Таблица 2

Сравнительные характеристики традиционной системы наблюдения за водными ресурсами, используемой в сети Росгидромета и в проекте «Цифровой Обь-Иртышский бассейн»

Росгидромет	Цифровой Обь-Иртышский бассейн
<i>Показатели и периодичность наблюдения</i>	
Зависят от категории пункта (1-4 категории) и программы наблюдения (обязательная, сокращенные): – для 1 категории (у городов >1 млн жителей): от 34 показателей (обычно ~20) в обязательной программе 1 раз в сезон – до 4 показателей (визуальные наблюдения, температура, электропроводность, O ₂) ежедневно в СП-1; – для 4 категории (незагрязненные участки рек): только обязательная программа – 1 раз в сезон	до 20 показателей: температура, уровень, скорость, прозрачность/ мутность, pH, Eh, электропроводность/соленость, O ₂ , нефтепродукты, нитраты (нитриты), аммоний, хлориды, хлорофилл А, пигменты цианобактерий и др.; данные получают в режиме реального времени, обычно от 1 раз в секунду до 1 раза в час
<i>Из них в автоматическом режиме:</i>	
на отдельных постах только о количестве водных ресурсов: уровень, скорость, температура, ледовый покров	все 15-20 показателей на всех (50-55) пунктах наблюдения
<i>Оперативность получения результатов наблюдений</i>	
Несколько часов на крупных стационарах, 1–2 недели на прочих удаленных	в режиме реального времени
<i>Способ передачи данных</i>	
Почта / телефон / интернет	интернет
<i>Формат передачи данных потребителям и широкой общественности</i>	
На бумажных носителях (реже электронных), в течение нескольких дней после получения запроса, а также ежегодники (сборники, выпускаемые на следующий год после отчетного)	онлайн
<i>Влияние человеческого фактора (ошибки, фальсификация) на достоверность данных</i>	
Значительное, необходимо верифицировать опытным специалистам, некоторые показатели определяются органолептически (цветность, наличие нефтяных пленок, запаха, прозрачность)	низкая, необходима периодическая калибровка приборов
<i>Способность к модернизации</i>	
Низкая, большая инертность	высокая, большая оперативность
<i>Расходы на текущее содержание и расходные материалы</i>	
Высокие (зарплата сотрудникам постов наблюдения, химические реактивы)	низкие (высокая автоматизация, нет расхода химических реактивов)

Основными будут те, которые влияют на изменение природного качества воды: длительность многоводной или маловодной фаз, величина расхода воды в водотоке и скорость течения, ширина и глубина, температура воды, наличие ледового покрова, волнение, интенсивность турбулентного перемешивания. При антропогенном воздействии на водный объект эти же факторы обуславливают скорость распада загрязняющих веществ, их перенос и перемешивание, определяют гидродинамический процесс разбавления загрязненных вод, а также процессы самоочищения рек и водоемов [15].

Самоочищение вод – совокупность природных процессов, направленных на восстановление экологического благополучия водного объекта [16]. Факторы самоочищения, показатели его интенсивности и эффективности делятся на три группы: физические, химические и биологические. По условиям самоочищения за счет разбавляющей способности, интенсивности трансформации загрязняющих веществ, по температуре и цветности воды, уровню развития планктона и бентоса, а также по содержанию растворенного кислорода, биогенных и органических веществ р. Обь в период открытой воды на всем протяжении течения характеризуется высокими потенциалом и интенсивностью самоочищения вследствие воздействия физических, химических и биологических факторов. Снижение интенсивности самоочищения наблюдается в подледный период, особенно в условиях поступления с заболоченного водосбора на участке Средней Оби вод, обогащенных органическими веществами, что определяет дефицит кислорода и значительные изменения экосистемы реки [17].

Среди распространённых загрязнителей пресных вод наиболее быстро процесс самоочищения идет от легкоокисляемых органических веществ, показателем содержания которых является биохимическое потребление кислорода

– БПК [18]. Для летнего периода снижения показателя БПК до допустимых значений в естественных водоемах (по данным МосводоканалНИИпроекта) происходит за 2-8 суток, а для условий зимы такое же снижение наблюдается за 4-15 суток. Интенсивность самоочищения от более консервативного поллютанта – железа также достаточно высока и составляет 5-30 суток в зависимости от конкретных условий и начальной концентрации, а от высокотоксичного мышьяка составляет 2 месяца и более [19]. То есть при существенном загрязнении реки даже при благоприятных для самоочищения условиях показатели загрязнения, как правило, не успевают достичь нормативных значений быстрее чем за двое суток.

Скорость течения р. Оби на равнинном участке составляет 0,2-0,5 м/с, в половодье – 1,6-2 м/с [8]. При этом, если брать среднюю скорость течения в межень (0,35 м/с), то загрязняющие вещества за это время успевают распространиться более чем на 50 км, даже с учетом того, что расстояние контрольного створа должно находиться ниже сброса сточных вод не менее чем на 0,5 км [20]. Полученное расстояние также согласуется с минимальными показателями РД 52.24.622-2017 [21], где указано, что время добегания водных масс на участке между створом наблюдения и створом, заданным для определения условной фоновой концентрации вещества, не должно превышать при расчетных гидрологических условиях для малых и средних рек с расходом воды менее 50 м³/с примерно двух суток (по расстоянию не более 50 км), для средних рек с расходом не менее 50 м³/с – трех суток (по расстоянию не более 100 км) и для больших рек – пяти суток (по расстоянию не более 250 км).

Таким образом, при проведении гидрохимических и гидробиологических наблюдений с помощью автоматических станций мониторинга в бассейне Оби можно контролировать качество

воды на участке реки в среднем около 50 км. С учетом реализации разрабатываемого Федерального проекта «Цифровой Обь-Иртышский бассейн», в котором предусмотрена установка 50-55 автоматических станций контроля основных гидрологических, гидрохимических и гидробиологических показателей, существует возможность охватить цифровым мониторингом участки рек протяженностью около 2100 км.

Для определения оптимальных мест размещения автоматических станций наблюдения за количеством и качеством водных ресурсов также необходимо провести комплексные натурные исследования современного экологического состояния водных объектов и их водосборных бассейнов, выявление фоновых показателей экосистем и приоритетных загрязнителей. Необходима апробация имеющихся биоиндикационных индексов (гидробиологических показателей качества водной среды), их адаптация к региональным условиям [22-23] и разработка новых методов биологического анализа, в т.ч. с применением современных молекулярно-генетических методик (метагеномный анализ и/или метабаркодинг).

Выражаем благодарность д.б.н. Ю.А. Манакову, д.т.н. А.Т. Зиновьеву, д.т.н. В.П. Потапову, д.т.н. Е.Л. Счастлицеву и д.б.н. Л.В. Яныгиной за обсуждение полученных результатов.

Работа выполнена в рамках тем государственного задания ИВЭП СО РАН (регистрационные номера АААА-А17-117041210244-5, АААА-А17-117041210241-4, АААА-А17-117041210240-7).

Список литературы

1. Руководство по гидрологической практике. ВМО № 168. – Женева: Всемирная метеорологическая организация, 2011. – Т. I. – 311 с. – Т. II (2012). – 321 с.
2. Калинин В.М., Рязанова Н.Е. Экологический мониторинг природных сред. – М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. – 203 с.
3. Государственный доклад «О состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации в 2017 г.». – М.: НИА-Природа, 2018. – 298 с.
4. Никаноров А.М. Качество водных ресурсов Российской Федерации и совершенствование системы наблюдений // Проблемы безопасности в водохозяйственном комплексе России. – Краснодар: ООО «Авангард плюс», 2010. – С. 360-369.
5. Семенченко В.П., Разлуцкий В.И. Экологическое качество поверхностных вод. – Минск: Беларус. навука, 2010. – 329 с.

6. Семенов М.В. Метабаркодинг и метагеномика в почвенно-экологических исследованиях: успехи, проблемы и возможности // Журн. общей биологии. – 2019. – Т. 80. – № 6. – С. 403-417.
7. Weigand H. et al. DNA barcode reference libraries for the monitoring of aquatic biota in Europe: Gap-analysis and recommendations for future work // Science of the Total Environment. – 2019. – Vol. 678. – P. 499-524.
8. Вода России. Речные бассейны. – Екатеринбург: Изд-во «АКВА-ПРЕСС», 2000. – 536 с.
9. Пузанов А.В., Безматерных Д.М., Винокуров Ю.И., Зиновьев А.Т., Кириллов В.В., Красноярова Б.А., Рыбкина И.Д., Котовщиков А.В., Дьяченко А.В. Современное состояние и экологические проблемы Обь-Иртышского бассейна // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. – 2017. – № 6. – С. 106-118.
10. Пузанов А.В., Зиновьев А.Т., Безматерных Д.М., Резников В.Ф., Трошкин Д.Н. Опасные гидрологические явления в бассейне Верхней Оби: современные тенденции и прогнозирование // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. – 2018. – № 4. – С. 69-77.
11. Современное состояние водных ресурсов и функционирование водохозяйственного комплекса бассейна Оби и Иртыша / отв. ред. Ю.И. Винокуров, А.В. Пузанов, Д.М. Безматерных. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2012. – 236 с.
12. Схема комплексного использования и охраны водных объектов бассейна р. Обь. Утверждена приказом Нижне-Обского БВУ от 25 августа 2014 г. № 285. – URL: <http://nobwu.ru/index.php/ndvskiovo>.
13. Схема комплексного использования и охраны водных объектов бассейна р. Иртыш. Утверждена приказом Нижне-Обского БВУ от 17 Июня 2014 г. № 226. URL: <http://nobwu.ru/index.php/ndvskiovo>.
14. Потапова Ю. Бассейн получит двойника. Кузбасский проект цифровизации речной экосистемы охватит четырнадцать регионов Сибири // Российская газета – Экономика Сибири. – 2019. – № 144 (7902). – URL: <https://rg.ru/2019/07/04/reg-sibfo/v-kuzbasse-reshili-ozdoravlivat-reki-pri-pomoshchi-cifrovyyh-tehnologij.html>.
15. Владимиров А.М., Орлов В.Г. Охрана и мониторинг поверхностных вод суши. – СПб.: РГГМУ, 2009. – 220 с.
16. ГОСТ 27065-86. Качество вод. Термины и определения.
17. Кириллов В.В., Безматерных Д.М., Яныгина Л.В., Третьякова Е.И., Кириллова Т.В., Котовщиков А.В., Ермолаева Н.И. Факторы и показатели самоочищения реки Оби // Фундаментальные проблемы воды и водных ресурсов: Матер. III всерос. конф. с междунар. участием (Барнаул, 24-28 августа 2010 г.). – Барнаул: Изд-во АРТ, 2010. – С. 137-140.
18. Зенин А.А., Белоусова Н.В. Гидрохимический словарь. – Л.: Гидрометеиздат, 1988. – 240 с.
19. Сметанин В.И. Восстановление и очистка водных объектов. – М.: КолосС, 2003. – 157 с.
20. РД 52.24.309-2016. Организация и проведение режимных наблюдений за состоянием и загрязнением поверхностных вод суши.
21. РД 52.24.622-2017 Порядок проведения расчета условных фоновых концентрация химических веществ в воде водных объектов для установления нормативов допустимых сбросов сточных вод.
22. Безматерных Д.М., Кириллов В.В., Кириллова Т.В. Индикация экологического состояния водных объектов по составу и структуре биоценозов // Межрегиональный медико-экологический форум: сб. – Барнаул: АзБука, 2006. – С. 75-79.

23. Безматерных Д.М., Яныгина Л.В., Ковешников М.И., Вдовина О.Н., Крылова Е.Н. Макрозообентос как индикатор экологического состояния водоемов и водотоков Западной Сибири // Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность: сб. стат. по матер. междунар. науч.-практ. конф. (23-26 сентября 2019 г.). – Севастополь: СевГУ, 2019. – С. 259-263.

24. Романов А.Н., Люцигер А.О., Трошкин Д.Н., Хвостов И.В., Уланов П.Н., Люцигер Н.В. Космический микроволновый мониторинг опасных гидрологических явлений на юге Западной Сибири. – Барнаул: Изд-во «Пять плюс», 2017. – 108 с.

References

1. Rukovodstvo po gidrologicheskoy praktike. VMO № 168. – Zheneva: Vsemirnaya meteorologicheskaya organizatsiya, 2011. – Т. I. – 311 s. – Т. II (2012). – 321 s.

2. Kalinin V.M., Ryazanova N.E. Ekologichesky monitoring prirodnykh sred. – M.: NITs INFRA-M, 2015. – 203 s.

3. Gosudarstvenny doklad «O sostoyanii i ispolzovanii vodnykh resursov Rossyskoy Federatsii v 2017 g.». – M.: NIA-Priroda, 2018. – 298 s.

4. Nikanorov A.M. Kachestvo vodnykh resursov Rossyskoy Federatsii i sovershenstvovaniye sistemy nablyudeny // Problemy bezopasnosti v vodokhozyaystvennom komplekse Rossii. – Krasnodar: ООО «Avangard plyus», 2010. – S. 360-369.

5. Semenchenko V.P., Razlutsky V.I. Ekologicheskoye kachestvo poverkhnostnykh vod. – Minsk: Belarus. navuka, 2010. – 329 s.

6. Semenov M.V. Metabarkoding i metagenomika v pochvenno-ekologicheskikh issledovaniyakh: uspekhi, problemy i vozmozhnosti // Zhurn. obshchey biologii. – 2019. – Т. 80. – № 6. – S. 403-417.

7. Weigand H. et al. DNA barcode reference libraries for the monitoring of aquatic biota in Europe: Gap-analysis and recommendations for future work // Science of the Total Environment. – 2019. – Vol. 678. – P. 499-524.

8. Voda Rossii. Rechnye basseyny. – Yekaterinburg: Izd-vo «AKVA-PRESS», 2000. – 536 s.

9. Puzanov A.V., Bezmaternykh D.M., Vinokurov Yu.I., Zinovyev A.T., Kirillov V.V., Krasnoyarova B.A., Rybkina I.D., Kotovshchikov A.V., Dyachenko A.V. Sovremennoye sostoyaniye i ekologicheskiye problemy Ob-Irtyshskogo basseyna // Vodnoye khozyaystvo Rossii: problemy, tekhnologii, upravleniye. – 2017. – № 6. – S. 106-118.

10. Puzanov A.V., Zinovyev A.T., Bezmaternykh D.M., Reznikov V.F., Troshkin D.N. Opasnye gidrologicheskiye yavleniya v basseyne Verkhney Obi: sovremennyye tendentsii i prognozirovaniye // Vodnoye khozyaystvo Rossii: problemy, tekhnologii, upravleniye. – 2018. – № 4. – S. 69-77.

11. Sovremennoye sostoyaniye vodnykh resursov i funktsionirovaniye vodokhozyaystvennogo kompleksa basseyna Obi i Irtysha / otv. red. Yu.I. Vinokurov, A.V. Puzanov, D.M. Bezmaternykh. – Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, 2012. – 236 s.

12. Skhema kompleksnogo ispolzovaniya i okhrany vodnykh obyektov basseyna r. Ob. Utverzhdena prikazom Nizhne-Obsskogo BVU ot 25 avgusta 2014 g. № 285. – URL: <http://nobwu.ru/index.php/ndvskiovo>.

13. Skhema kompleksnogo ispolzovaniya i okhrany vodnykh obyektov basseyna r. Irtysh. Utverzhdena prikazom Nizhne-Obsskogo BVU ot 17 Iyunya 2014 g. № 226. URL: <http://nobwu.ru/index.php/ndvskiovo>.

14. Potapova Yu. Basseyn poluchit dvoynika. Kuzbassky proyekt tsifrovizatsii rechnoy ekosistemy okhvatit chetyrnadtsat regionov Sibiri // Rossyskaya gazeta – Ekonomika Sibiri. – 2019. – № 144 (7902). – URL: <https://rg.ru/2019/07/04/reg-sibfo/v-kuzbasse-reshili-ozdoravlivat-reki-pri-pomoshchi-cifrovyyh-tehnologij.html>.

15. Vladimirov A.M., Orlov V.G. Okhrana i monitoring poverkhnostnykh vod sushi. – SPb.: RGGMU, 2009. – 220 s.
16. GOST 27065-86. Kachestvo vod. Terminy i opredeleniya.
17. Kirillov V.V., Bezmaternykh D.M., Yanygina L.V., Tretyakova Ye.I., Kirillova T.V., Kotovshchikov A.V., Yermolayeva N.I. Faktory i pokazateli samoochishcheniya reki Obi // Fundamentalnye problemy vody i vodnykh resursov: Mater. III vseros. konf. s mezhdunar. uchastiyem (Barnaul, 24-28 avgusta 2010 g.). – Barnaul: Izd-vo ART, 2010. – S. 137-140.
18. Zenin A.A., Belousova N.V. Gidrokhimichesky slovar. – L.: Gidrometeoizdat, 1988. – 240 s.
19. Smetanin V.I. Vosstanovleniye i ochistka vodnykh obyektov. – M.: KolosS, 2003. – 157 s.
20. RD 52.24.309-2016. Organizatsiya i provedeniye rezhimnykh nablyudeny za sostoyaniyem i zagryazneniyem poverkhnostnykh vod sushi.
21. RD 52.24.622-2017 Poryadok provedeniya rascheta uslovnykh fonovykh kontsen-tratsiya khimicheskikh veshchestv v vode vodnykh obyektov dlya ustanovleniya normativov dopustimyykh sbrosov stochnykh vod.
22. Bezmaternykh D.M., Kirillov V.V., Kirillova T.V. Indikatsiya ekologicheskogo sos-toyaniya vodnykh obyektov po sostavu i strukture biotsenozov // Mezhregionalny mediko-ekologicheskyy forum: sb. – Barnaul: AzBuka, 2006. – S. 75-79.
23. Bezmaternykh D.M., Yanygina L.V., Koveshnikov M.I., Vdovina O.N., Krylova Ye.N. Makrozoobentos kak indikator ekologicheskogo sostoyaniya vodoyemov i vodotokov Zapadnoy Sibiri // Ekologicheskaya, promyshlennaya i energeticheskaya bezopasnost: sb. stat. po mater. mezhdunar. nauch.-prakt. konf. (23-26 sentyabrya 2019 g.). – Sevastopol: SevGU, 2019. – S. 259-263.
24. Romanov A.N., Lyutsiger A.O., Troshkin D.N., Khvostov I.V., Ulanov P.N., Lyutsi-ger N.V. Kosmicheskyy mikrovolnovyy monitoring opasnykh gidrologicheskikh yavleny na yuge Zapadnoy Sibiri. – Barnaul: Izd-vo «Pyat plyus», 2017. – 108 s.

PROSPECTS FOR IMPROVING THE TECHNOLOGY OF ENVIRONMENTAL MONITORING OF SURFACE WATERS IN THE OB-IRTYSH BASIN

D.M. Bezmaternykh, A.V. Puzanov, T.S. Papina, V.V. Kirillov, I.D. Rybkina,
O.V. Lovtskaya, Ya.E. Kuznyak

Institute for Water and Environmental Problems of SB RAS, Barnaul, bezmater@iwep.ru

The paper deals with the analysis of current trends in the development of environmental monitoring systems for land surface waters. The features of the Ob-Irtysh basin as an object of environmental monitoring of land surface waters are described. Ways to improve the efficiency of the environmental monitoring system in the Ob-Irtysh basin are proposed.

Key words: Environmental monitoring, water resources, Ob River basin, digitalization.

Received May 22, 2020