

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОД оз. БАЙКАЛ

Рассматривается проблема оценки состояния вод оз. Байкал по данным гидрохимического мониторинга. Отмечается, что существующая нормативная база и совокупность данных из научных публикаций не позволяют сформировать обоснованные критерии обнаружения аномалий в водной среде уникального природного объекта. Предлагаются значения ряда физических, химических и физико-химических параметров, характерных для природного состояния вод. Приводится система критериев, выраженная в виде классов атрибутов ГИС, основанная на региональном фоне и пригодная для интерпретации результатов мониторинга.

Введение

Работы по созданию систем экологического мониторинга для Байкальской природной территории ведутся на протяжении последних 15-20 лет. В настоящее время они проводятся на основе внедрения современных информационных технологий — создания региональных банков данных наблюдений и многопользовательских информационных систем доступа к ним в рамках единого картографического пространства. Несмотря на различия предлагаемых средств и технологий, эти системы имеют одно общее свойство — основным способом является визуальное представление результатов мониторинга, призванное отражать аномальное состояние водной среды в картографическом виде. Значения мониторируемых параметров должны быть визуализированы цветом или знаком в соответствии с системой критериев, на основании которой принимается решение о характерном или нехарактерном для природной среды геосистемы значении наблюдаемого показателя в конкретной точке. Представляется, что для согласованной интерпретации данных, полученных из различных источников, специали-

стами, относящимися к разным структурам, должна быть использована единая система оценок состояния окружающей среды, включающая наиболее распространенные параметры.

В статье предлагается система критериев качества водной среды оз. Байкал, пригодная для интерпретации данных гидрохимического мониторинга озера, и, в первую очередь, ориентированная на системы наблюдения Росгидромета и Росводресурсов.

Материалы и методы исследования

Данные, на основе которых сформированы предлагаемые классы атрибутов, были получены в рамках программы государственного мониторинга вод оз. Байкал, выполняемой подразделением Федерального агентства водных ресурсов — ФГБУ Востсибрегионводхоз в 2009–2012 гг. В соответствии с Договором о творческом сотрудничестве между данной организацией и Институтом геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН производились работы по совершенствованию существующей системы наблюдений, связанные с созданием распределенной геоинформационной системы (ГИС), решающей задачи сбора, обработки и представления гидрогеохимических данных.

В связи со слабо развитой береговой инфраструктурой и значительными размерами объекта, для ведения гидрохимического мониторинга озера применяются специально оборудованные научно-исследовательские суда, в том числе судно «Исток», оборудованное для выполнения инситу мониторинга (измерения тринадцати химических и физических параметров поверхностного слоя воды в процессе движения судна). В табл. 1 приведены автоматизировано определяемые показатели и характеристики методик судовой лаборатории [1]. Метод химического анализа — фотометрия в точно-инжекционном режиме.

А.В. Паршин*,
кандидат геолого-минералогических наук, научный сотрудник, ФГБУН Институт геохимии им. А.П. Виноградова Сибирского отделения Российской академии наук

С.А. Шестаков,
аспирант, ФГБУН Институт геохимии им. А.П. Виноградова Сибирского отделения Российской академии наук

*Адрес для корреспонденции: sarhin@geo.istu.edu

Таблица 1

Показатели и характеристики методик судовой лаборатории

Сокращение	Полное наименование (ед. изм.)	Диапазон	Погрешность
T	Температура, °C	0-35	±0,1
Цветность	Цветность (град.)	5-10	50 %
		10-70	10 %
O ₂	Растворенный кислород (мг/л)	0-16	±0,4
pH	Водородный показатель (ед. pH)	2-12	±0,1
NO ₂ ⁻	Нитрит-ион (мг/дм ³)	0,02-0,5	25 %
NO ₃ ⁻	Нитрат-ион (мг/дм ³)	0,1-5,0	20 %
		0,02 до 0,1	50 %
NH ₄ ⁺	Аммоний-ион (мг/дм ³)	0,1 до 0,8	25 %
Cl ⁻	Хлорид-ион (мг/дм ³)	0,4 – 5,0	25 %
SO ₄ ²⁻	Сульфат-ион (мг/дм ³)	5-200	20 %
PO ₄ ³⁻	Фосфат-ион (мг/дм ³)	0,01 – 0,05	20 %
Fe	Железо-общее (мг/дм ³)	0,05-1,0	20 %
УЭП	Удельная электропроводимость (См/м)	0,005-6,5	±3 %
Eh	Окисл.восст.потенциал (мВ)	-700 – +1200	±10

Схема мониторинга основана на получении, картировании и сравнении с нормативами значений ряда химических и физических характеристик приповерхностного слоя вод по всей акватории озера, с целью выявления изменений их концентраций относительно фоновых, и, таким образом, выявление и документирование изменений в природной среде с последующим их анализом. В связи с ориентацией программы наблюдений на выявление фактов антропогенных воздействий на экосистему озера, наблюдения ведутся преимущественно в прибрежной зоне (на расстоянии 50-300 м от берега, если это возможно). Для автоматизированной системы анализа забортная вода с глубины 1-2 м непрерывно поступает в гидрохимическую лабораторию на сенсоры измерительного комплекса. В зависимости от методики измерений конкретного показателя, один раз в несколько секунд (или минут) осуществляется анализ пробы. В точках установленной сети наблюдений осуществляется дополнительный отбор проб с их последующей консервацией. Полученные таким образом пробы доставляются в стационарную лабораторию химического анализа водной среды ФГБУ Востсибрегионводхоз», аккредитованную в системе ВГАЛ, где производится их анализ более чем на 40 показателей на более точном аналитическом оборудовании (относительная погрешность измерений для всей совокупности методов около 10%).

К.В. Чудненко, доктор геолого-минералогических наук, заведующий лабораторией физико-химического моделирования, ФГБУН Институт геохимии им. А.П. Виноградова Сибирского отделения Российской академии наук
Е.П. Савельев, главный специалист, ФГБУ Востсибрегионводхоз

Отбор и консервация проб проводятся в соответствии с ГОСТ Р 51592-2000 «Вода. Общие требования к отбору проб», ГОСТ 17.1.5.05 – 85 «Общие требования к отбору проб поверхностных и морских вод, льда и атмосферных осадков», ГОСТ 17.1.5.04 – 81 «Приборы и устройства для отбора, первичной обработки и хранения проб природных вод». Таким образом, обеспечивается контроль качества выполненных судовым измерительным комплексом анализов и определение сходимости результатов. Кроме того, двухступенчатая схема «Инситный анализ на 13 показателей – Лабораторный анализ» позволяет обнаружить воздействие средствами мобильного комплекса, а затем определить его источник и природу с помощью высокоточного анализа в стационарной лаборатории. Набор показателей для инситного анализа является по сути стандартным и позволяет обнаружить факты типичных хозяйственных воздействий, поскольку такие вещества как сульфат-ион и хлорид-ион являются информативными индикаторами загрязнения водной среды, связанными с промышленными и бытовыми стоками. Вещества азотной группы, в связи с их быстрой окисляемостью, представляют собой прекрасное средство для обнаружения источников постоянных загрязнений, связанных с бытовыми отходами, туризмом и т.п. Действующая система наблюдений в первую очередь направлена на контроль хозяйственной деятельности человека на

Таблица 2

Фоновые концентрации и ПДК для некоторых веществ по данным различных исследователей, мг/дм³

Определяемый компонент	Концентрация (источник)	ПДК 88 [8]	ПДКрыбхоз
Хлорид-ионы (Cl ⁻)	0,4 [3]	30	300
	0,6 [4]		
	0,8 [5]		
Сульфат-ионы (SO ₄ ²⁻)	3,9-6,5 [4]	10	100
	5,5 ¹ [3]		
	5,33 [6]		
Нитрат-ионы (NO ₃ ⁻)	0,4 [7]	5	40
	0,3-0,5 [4]		
	0,1 [3]		
Фосфат-ионы (PO ₄ ³⁻)	0,02–0,06 [4]	0.04	0.2
	0,015 [3]		

Байкальской природной территории, и используемая система показателей позволяет обнаруживать случаи экологических правонарушений с достаточной эффективностью.

В рамках геоинформационного подхода к совершенствованию системы мониторинга водной среды оз. Байкал, итоговые результаты наблюдений должны быть доступны пользователям для анализа в виде таблиц, диаграмм и визуально-картографических представлений значений параметров в точке наблюдений (картограмм). Важнейшим информационным материалом при этом являются пространственные представления результатов наблюдений. Картограммы являются экспресс-характеристикой состава вод и предназначены, в первую очередь, для оперативного информирования органов экологического контроля; они должны достоверно отражать состояние природной среды с явным визуальным выделением аномальных зон.

При первой попытке формирования такой системы критериев для разрабатываемой ГИС авторы столкнулись с проблемой отсутствия гидро-физико-химической информации, признанной достоверной на государственном уровне и принятой научным сообществом. Аналогична ситуация с нормами предельно допустимых концентраций для вод озера — в связи с отсутствием действующих региональных норм ПДК, юридическим основанием для осуществления экологического контроля является Приказ №20 Федерального агентства по рыболовству от

18.01.2010 г. «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения» (далее ПДКрыбхоз) [2]. Приведенные в этом документе нормы не могут служить критерием выявления аномальных состояний среды, поскольку в десятки и сотни раз отличаются от фоновых для оз. Байкал (табл. 2).

В таком случае отправной точкой для построения классов атрибутов могут являться только фоновые концентрации веществ в природной среде, полученные из научных публикаций. Однако из табл. 2 заметно, что требуемое единообразие в научных воззрениях, позволяющее определиться с «природными» химическими характеристиками водной среды, в настоящее время отсутствует — концентрации одного и того же вещества по данным различных исследователей могут варьироваться в широких пределах и даже отличаться в несколько раз.

Бесперспективной оказалась попытка обратиться к опыту предшественников. К примеру, результаты наблюдений ФГУП «ВостСибНИИГГиМС» 2003-2007 гг. классифицировались относительно данных из различных научных публикаций, выбор конкретного источника при этом не был как-либо обоснован. Используемые в тех же работах в качестве ПДК для вод Байкала «Нормы допустимых воздействий на экологическую систему оз. Байкал (на период 1987-1995 гг.). Основные требования» (ПДК88) не имеют в данный момент юридической силы, в связи с чем государственный экологический контроль на их основе не возможен. Однако необходимо отметить данный документ как один из наиболее достоверных нормативных источников и экологических ориентиров для региональной экосистемы, поскольку приведенные в нем ПДК были получены, в том числе, и в результате экотоксикологических экспериментов над байкальской биотой. В связи с этим, в созданной системе классов атрибутов ГИС ПДК88 используются при определении нижней границы «опасного» класса.

Исходя из вышесказанного, в связи с отсутствием необходимого единообразия в научных воззрениях, а также отсутствием применимых для уникального природного объекта нормативов ПДК, разработка научно обоснованных классов качества водной среды озера на основе данных научных

публикаций была невозможна. Таким образом, необходимо было в ходе мониторинга получить достоверные данные о химическом составе поверхностных вод, провести анализ взаимного соответствия всего имеющегося набора данных, отвергнуть явно несогласованные с остальными результаты, и уже на основе всей совокупности наиболее достоверных данных (собственных, литературных, нормативных) разработать классы атрибутов.

Результаты и их обсуждение

Программа мониторинга, реализуемая ФГБУ Востсибрегионводхоз, оперирует двумя типами сенсоров, поставляющих гидрофизикохимическую информацию: судовая лаборатория (инситный фотометрический анализ) и точечный пробоотбор с последующим анализом в стационарной лаборатории. При формировании классов атрибутов ГИС логично отдавать приоритет более точному лабораторному анализу. Однако большие размеры объекта мониторинга вносят практические коррективы в формальную систему приоритетов. Отмечалось, что длительное время доставки пробы в лабораторию ранее уже негативно влияло на правильность выполнения химического анализа [9], что ставило

Ключевые слова: мониторинг; гидрохимия оз. Байкал, ГИС, аномалии состава вод, нормы ПДК

под сомнение некоторые результаты ранних гидрохимических исследований Байкала. Размещение аналитического оборудования на борту судна, с другой стороны, в некоторой степени нивелирует невыдающиеся качества судового измерительного комплекса [10].

База данных, собранная за 2009-2012 гг., на данный момент содержит более двух миллионов пространственно привязанных точек, в каждой из которых известны не менее пяти гидрохимических и/или гидрофизических характеристик. При определении условно фоновых значений наблюдаемых параметров использовалась выборка, включающая около 20 % от общего числа точек. Были выбраны пробы, данные по которым были признаны наиболее достоверными всеми участниками программы мониторинга, ответственными за различные ее части.

Для формирования единых классов атрибутов требовалось подтверждение тождественности гидро-физико-химических характеристик приповерхностного слоя вод по всей акватории озера. В некоторых источниках [11, 12] отмечались значительные различия в значениях некоторых из нормируемых показателей по площади и времени года, особенно в прибрежной зоне. В случае наличия таких неоднородностей задача формирования единых критериев аномальных состояний для всего озера является нерешаемой (с очевидной поправкой на лабильные

Таблица 3

Значения физико-химических параметров приповерхностного слоя вод оз. Байкал, характерные для природного состояния водной среды, мг/дм³

Показатель	Южная котловина	Центральная котловина	Северная котловина
Водородный показатель, ед. рН	7,9	7,8	7,6
НСО ₃ ⁻	63,7	62,8	60,1
Калий	1,14	1,02	0,92
Кальций	16	15,6	15,4
Кремний	0,93	0,91	0,89
Магний	3,25	3,08	2,95
Натрий	3	2,6	2,58
SO ₄ ²⁻	5,4	5,2	5,0
NO ₃ ⁻	0,1–0,3	0,1–0,3	0,1–0,3
Железо общее	0,025	0,025	0,025
NH ₄ ⁺	0,015	0,014	0,014
PO ₄ ³⁻	0,018	0,016	0,017
NO ₂ ⁻	0,01-0,04	0,01-0,04	0,01-0,04
Cl ⁻	0,42	0,42	0,41

Таблица 4

Классы атрибутов (включается нижняя граница класса), мг/дм³

Атрибут	Класс атрибута	Минимальное значение	Максимальное значение
pH	1	2	6,5
	2	6,5	7,5
	3	7,5	9
	4	9	12
NO ₂	1	0	0,02
	2	0,02	0,03
	3	0,03	0,08
	4	0,08	0,5
NO ₃	1	0	0,1
	2	0,1	0,4
	3	0,4	5
	4	5	10
NH ₄	1	0	0,02
	2	0,02	0,03
	3	0,03	0,04
	4	0,04	0,5
Cl	1	0	0,4
	2	0,4	0,6
	3	0,6	0,8
	4	0,8	5
SO ₄	1	0	5,5
	2	5,5	7
	3	7	10
	4	10	200
PO ₄	1	0	0,015
	2	0,015	0,02
	3	0,02	0,04
	4	0,04	0,5
Fe	1	0	0,05
	2	0,05	0,1
	3	0,1	1
Цветность (град)	1	0	2
	2	2	15
	3	15	35
O ₂	1	0	7
	2	7	9
	3	9	12
	4	12	16

показатели, для которых оценивались пределы их природной изменчивости).

Полученные результаты свидетельствуют об однородности химического состава поверхностного слоя вод всей акватории озера, ранее отмечаемой в [7], но поставленной под сомнение в некоторых более поздних работах на основании усилившегося антропогенного влияния на озеро. Полученные данные свидетельствуют о том, что средний химический состав вод в разных частях байкальской котловины различается несущественно, отмечается незначительная тенденция в увеличении концентраций растворенных веществ с севера на юг, что связано, по нашему мнению, с механическим переносом водных масс в системе «притоки — Ангара». Результаты исследований по нескольким показателям сведены в *табл. 3*, в которой представлены средние значения для каждой котловины озера. Приведенные концентрации лежат в центре интервала распределения значений параметра, имеющего размер в относительную погрешность химического анализа.

Требовалось доказать, что найденные фоновые значения концентраций характерны именно для природного (неизмененного антропогенным воздействием) состояния водной среды. Действительно, в ряде исследований отмечалось существенное изменение химического состава воды озера с момента начала в Сибири промышленной революции [13-15]. С другой стороны, имеется мнение, что хозяйственные объекты существенно не повлияли на водную среду озера, и она находится в неизменном состоянии [3, 16, 17]. Подтверждение одной из этих двух теорий имеет принципиальное значение с позиций задач государственного мониторинга водной среды озера.

Произведем анализ полученных данных на основе наиболее удобного для оценки возможных антропогенных изменений вод показателя — сульфат-иона. Его привнос в озеро в значительной степени связан с деятельностью Байкальского целлюлозно-бумажного комбината, в связи с чем динамика изменений концентраций этого показателя хорошо исследована. Наибольшую нагрузку от результатов хозяйственной деятельности испытывает Южный Байкал, где поступление веществ антропогенного происхождения на единицу площади в 5,2 раза превышает аналогичную величину для Северного и Среднего Байкала по сульфатам [11]. В случае, если имеет место значительное



Рис. 1. Фрагмент картограммы с аномалией.

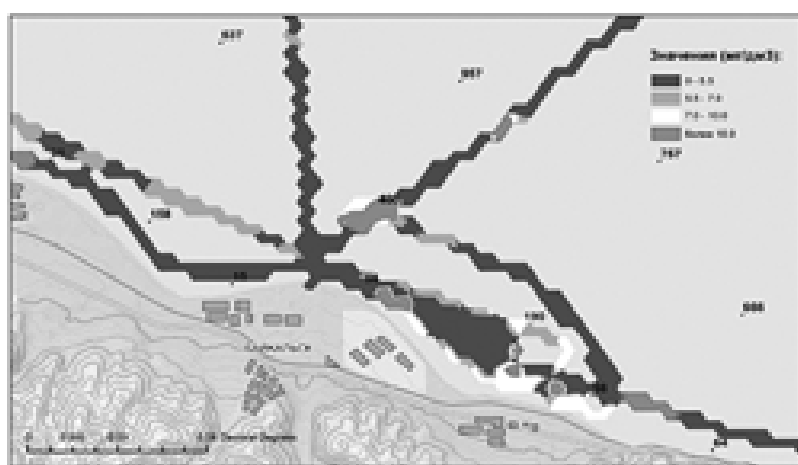


Рис. 2. Район БЦБК. Распределение сульфат-иона в поверхностном слое вод после повторного запуска комбината, июнь 2010 г.

влияние человека на геосистему Байкала, то концентрации сульфат-иона в различных котловинах озера должны значительно различаться, однако, как было показано ранее, данными это не подтверждается. Найденное значение концентрации сульфат-ионов в южной котловине озера составляет 5,4 мг/дм³, что близко к определенному в начале сороковых годов двадцатого века значению в 5,33 мг/дм³ [6], полученному еще до начала промышленной революции. В результате международных экспедиций конца 80-х — начала 90-х годов прошлого века с использованием высокоточных методов анализа была получена сходная концентрация — 5,5 мг/дм³ [16], что косвенно подтверждает достоверность анализа по данному показателю. В целом, полученные данные о качестве

вод поверхностного слоя свидетельствуют о сохранности чистоты оз. Байкал в целом, и о том, что водная среда в Южной котловине озера пока не испытала воздействий, ведущих к необратимым изменениям природного состояния, несмотря на регулярное обнаружение локальных аномалий вблизи Байкальского целлюлозно-бумажного комбината (БЦБК). Результаты работ [11, 14, 15], в которых показаны значительные изменения нормируемых параметров, не нашли подтверждения и не могут быть использованы для формирования критериев выявления аномалий в водной среде.

На основе полученной информации сформирована система критериев «фон — ПДК». В данной статье она представлена в виде таблицы классов атрибутов ГИС (табл. 4) информационно-аналитической БД «Байкал-аквамониторинг» [18].

В табл. 4 приведен фрагмент таблицы «classes» с классами атрибутов для некоторых широко используемых различными ведомствами и исследователями гидро-физико-химических параметров. Для большинства показателей существует три-четыре класса качества воды, отражающих значения параметра в точке на картограмме: ниже предела обнаружений (синий цвет), близкие к фону (зеленый), незначительные аномалии (возможно, вызванные погрешностью анализа, желтый цвет) и предположительно антропогенные аномалии (красный цвет). Критериями последнего класса для большинства показателей являются ПДК88. В некоторых случаях фоновое значение близко к пределу обнаружения и используется три класса. С учетом погрешностей анализа созданные классы атрибутов едины и применимы для контроля экосостояния вод всего озера. Некоторая «грубость» классификаций относительно приведенных в табл. 3 данных обусловлена тем, что в настоящий момент ГИС в первую очередь ориентирована на визуальные представления данных профильных и площадных съемок, включающих информацию с автоматизированного комплекса, который характеризуется довольно высокими погрешностями анализа. Картографические выражения описанной системы классов представлены на рис. 1 и 2.

Для облегчения анализа информационных материалов мониторинга сотрудниками госструктур визуальные представления организованы таким образом, что вне зависимости от постоянства или изменчивости

конкретного показателя по участкам акватории или сезону года, аномальное состояние водной среды будет отмечено оттенками красного цвета. Информационные материалы такого вида, построенные на описываемой системе, использовались в Программе наблюдений с 2010 г. [19].

Заключение

Необходимое условие создания единой геоинформационной системы мониторинга Байкальской природной территории предполагает наличие стандартизации системы критериев оценки экологического состояния, с помощью которой возможно согласованное представление и оценка совокупности разноведомственных и разновременных результатов исследований по отдельным параметрам. Данная работа является шагом на пути к созданию такой системы.

Разработанная система критериев обнаружения аномалий состава поверхностных вод, основанная на предложенных классах атрибутов ГИС, доказала свою полезность, в том числе при выпуске ежегодных «Аналитических отчетов о результатах наблюдений за состоянием озера Байкал [19]», информировании уполномоченных на экологический контроль организаций, а также в 2011 г. при докладах Инспекции ЮНЕСКО. Анализ получаемых данных на основе вышеприведенной системы свидетельствует о сохранности чистоты оз. Байкал в целом. При этом отмечаются отдельные участки с регулярно обнаруживаемыми повышенными значениями параметров, в некоторых случаях превышающих даже ПДКрыбхоз. Больше число их расположено в южной части Байкала — это районы Байкальского ЦБК, г. Слюдянки, пос. Култук, пос. Листвянка. Отмечаются аномалии в районах г. Северобайкальска, дельты р. Селенги, Малого Моря. Серьезной угрозой экосостоянию оз. Байкал является загрязнение акватории нефтепродуктами, связанное со сбросом в озеро подсланевых вод судов.

Предлагаемая система классификации и сами критерии обнаружения аномалий являются скорее дискуссионными, чем конечными. Стоит учитывать, что данные, на которых основаны предлагаемые классы, были получены в результате инженерного по своей сути мониторинга. Планируется их уточнение и дополнение в рамках направленной научно-исследовательской работы.

Литература

1. Аналитический отчет о результатах наблюдений за состоянием каскада ангарских водохранилищ и озера Байкал за 2008-2009 гг. // Иркутск: Федеральное агентство водных ресурсов, 2010. 102 с.
2. Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения: Приказ Федерального агентства по рыболовству Рос. Федерации от 18.01.2010 г. №20 // Российская газета — Федеральный выпуск №5125, 05.03.2010
3. Falkner K.K. The major and minor element geochemistry of Lake Baikal / Falkner K.K., Measures C.I., Herbelin S.E., Edmond J.M., Weiss R.F. // Limnol. Oceanogr. 1991. V. 3, P. 413-423.
4. Галазий Г.И. Байкал в вопросах и ответах // Иркутск: Восточно-Сибирское книжное издательство, 1989. 368 с.
5. Ю.А. Израэль, Ю.А. Анохин, А.Х. Остромогильский, А.Л. Пословин, Н.И. Белова. Некоторые результаты осуществления мониторинга природной среды в регионе озера Байкал // Охрана природы озера Байкал. Заповедники. Л.: Гидрометеиздат, 1985. С. 4-22.
6. Верещагин Г.Ю. Байкал: Научно-популярный очерк. Иркутск: ОГИЗ, 1947. 170 с.
7. Вотинцев К.К. Гидрохимия озера Байкал. М.: Изд. АН СССР, 1961. 311 с.
8. Нормы допустимых воздействий на экологическую систему озера Байкал (на период с 1987-1995гг.). Основные требования. 1987 г.
9. Кашик С.А. Химический состав взвеси в озере Байкал по данным физико-химического моделирования / С.А. Кашик, И.К. Карпов, И.С. Ломоносов, В.Н. Мазилев // Доклады академии наук. 1994. Т. 335. №3. С. 359-361.
10. Паршин А.В. Геоинформационное обеспечение мониторинга поверхностного слоя вод озера Байкал // Дис. канд. г.-м. н. Иркутск, 2012. 163 с.
11. Шпейзер Г.М. Современное состояние водных ресурсов озера Байкал / Г.М. Шпейзер, А.И. Смирнов, В.А. Родионова, Л.А. Минеева, А.А. Макаров, С.В. Фролов // Современные наукоемкие технологии, 2008. №2. С. 96-98.
12. Аналитический отчет о результатах наблюдений за состоянием водных объектов в зоне деятельности ФГУ «Востсибрегионводхоз» за 2008 год // Иркутск: Федеральное агентство водных ресурсов, 2009. 89 с.
13. Галазий Г.И. О фоновом содержании сульфатов в водах Байкала / Г.И. Галазий, Е.Н. Тарасова // География и природные ресурсы. 1993. Т. 3. С. 71-76.

14. Тарасова Е.Н., Мещерякова А.И. Современное состояние гидрохимического режима оз. Байкал // Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Байкал. экол. музей. — Новосибирск : Наука, 1992. — 143 с.
15. Ломоносов И.С. Геохимический мониторинг южной котловины озера Байкал в районе сброса сточных вод БЦБК / И.С. Ломоносов, В.Д. Пампура, Е.Б. Карабанов, Л.Б. Полетаева, Г.М. Шпейзер, А.Р. Городкова, В.А. Евстефейкин // География и природные ресурсы. 1989. Вып. 1. С. 65-73.
16. Грачев М.А. О современном состоянии экологической системы озера Байкал. Иркутск: ЛИИ СО РАН, 2001. 156 с.
17. Falkner K.K. Minor and trace element chemistry of Lake Baikal, its tributaries and surrounding hot springs / Falkner K.K., Church M., Measures C.I., Le Baron G., et al. // Limnol. Oceanogr. 1997. №2. P. 329-345.
18. Паршин А.В., Шестаков С.А., Чудненко К.В. Информационно-аналитическая ГИС-система гидрогеохимического мониторинга приповерхностного слоя вод озера Байкал (БД «Байкал-аквамониторинг»): свидетельство №2013620406 Рос. Федерации // заявл. 28.01.2013; опубл. 14.03.2013, бюл. №2.
19. Аналитический отчет о результатах наблюдений за состоянием водных объектов в зоне деятельности ФГУ «Востсибрегионводхоз» за 2010 год // Иркутск: Федеральное агентство водных ресурсов, 2011. 95 с.

A.V. Parshin, S.A. Shestakov, K.V. Chudnenko, E.P. Savelyev

EVALUATION CRITERIA OF WATER GEOECOLOGICAL STATE OF THE LAKE BAIKAL

Problem of evaluation of water quality of the Lake Baikal based on hydrochemical monitoring is discussed. It was shown that current normative base and scientific data do not allow forming reasoned criteria of anomaly observation in water of the unique object. Rates of some physical, chemical and physical-chemical parameters typical for natural water were proposed. Criteria system represented as classes of attributes of GIS which based on region background and suitable for monitoring result interpretation.

Key words: monitoring, hydrochemistry of the Lake Baikal, GIS, water composition anomalies, MPC