



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
"СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК"
(СО РАН; СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ РАН)

Просп. Академика Лаврентьева, д. 17, Новосибирск,
630090

Телетайп/Телекс 133128 MIR RU

Факс (383) 330-20-95

Телефон (383) 330-37-82

E-mail: sbras@sbras.nsc.ru

<http://www.sbras.ru>

Директору департамента государственной
политики и регулирования в сфере охраны
окружающей среды и экологической безопасности
Р.А. Мальцеву

30.07.2021 №15007-15237-2115.4/215
Решение протокола от 16.07.2021 № 12-17/113-пр
заседания в Минприроды России от 13.07.2021

Уважаемый Роман Александрович!

В соответствии с решением совещания в Минприроды России 13.07.2021, направляю материалы по следующим вопросам.

Информация о возможности измерения в настоящее время и на достаточном уровне концентраций загрязняющих веществ, содержащихся в сточных водах, сбрасываемых непосредственно в озеро Байкал, с учетом существующих приборов и оборудования (с указанием их наименования), а также методик определения, утвержденных в установленном порядке;

Предложения по корректировке показателей АОХ таблицы № 1 приложения № 1 на основе перечня веществ, установленных в таблице № 1 приложения № 2 к Приказу Минприроды России № 83
Материалы подготовлены Лимнологическим институтом СО РАН.

Научное обоснование необходимости запрета сброса сточных вод непосредственно в озеро Байкал будет представлено в Минприроды России в срок до 06.08.2021.

Приложения:

1. Аналитическая справка по измерениям показателей загрязняющих веществ таблицы №1 приложения № 1 к приказу Минприроды России от 21.02.2021 № 83 «Об утверждении нормативов предельно допустимых воздействий на уникальную экологическую систему озера Байкал и перечня вредных веществ, в том числе веществ, относящихся к категориям особо опасных, высокоопасных, опасных и умеренно опасных для уникальной экологической системы озера Байкал» - 20 л.
2. Предложения по корректировке показателей АОХ таблицы № 1 приложения № 1 на основе перечня веществ, установленных в таблице № 1 приложения № 2 к Приказу Минприроды России № 83 – 4 л.

С уважением,
Заместитель Председателя СО РАН -
Директор Иркутского филиала СО РАН,
академик РАН

И.В. Бычков

Аналитическая справка

по измерениям показателей загрязняющих веществ таблицы №1 приложения № 1 к приказу Минприроды России от 21.02.2021 № 83 «Об утверждении нормативов предельно допустимых воздействий на уникальную экологическую систему озера Байкал и перечня вредных веществ, в том числе веществ, относящихся к категориям особо опасных, высокоопасных, опасных и умеренно опасных для уникальной экологической системы озера Байкал».

На основании проработанного литературного материала и данных исследований Лимнологического института СО РАН информируем, что все указанные в таблице №1 приложения № 1 к приказу Минприроды России от 21.02.2021 № 83 показатели возможно анализировать с применением аналитических методов, которые имеются в мировой практике по анализу пресных или ультрапресных поверхностных вод. Для 20 из нормируемых показателей, указанных в таблице №1, уровни допустимых показателей могут быть измерены с использованных аттестованных методик в РФ. Для шести показателей возможна аттестация существующих в мировой практике методик с небольшими доработками. Это относится к следующим веществам: нитрит-анион, железо, хром, свинец, ртуть, АСПАВ.

В мире и в научных организациях России, в том числе в ЛИН СО РАН, имеются приборы и методики с необходимой чувствительностью для определения перечисленных выше компонентов. Ниже приводятся разработанные и аттестованные в Институте, а также международные методики определения ионного, элементного состава низкоминерализованных вод оз. Байкал.

1. Методики определения массовой концентрации анионов (HCO_3^- , NO_3^- , NO_2^- , Cl^- , Br^- , SO_4^{2-} , F^-) в различных объектах окружающей среды на основе метода высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ с УФ-детекцией), разработчик ЛИН СО РАН.

На основе метода высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ с УФ-детекцией) в Лимнологическом институте СО РАН была разработана методика определения массовой концентрации анионов в различных объектах окружающей среды [1]. Метод основан на непрямой УФ-детекции анионов после разделения их на колонке с динамически модифицированной обращенной фазой NUCLEOSIL 5-C18 («Macherey Nagel», Германия). Определение концентрации анионов HCO_3^- , NO_3^- , Cl^- , NO_2^- , Br^- , SO_4^{2-} выполняли на микроколоночном хроматографе «Милихром А-02» фирмы «ЭкоНова», Россия (Приложение, рисунок 1). Важнейшее преимущество разработанной методики в сравнении с существующими заключается в том, что использование бифталата калия в качестве элюента позволяет проводить определение анионов SO_4^{2-} , Cl^- , NO_3^- , NO_2^- , Br^- одновременно с ионом HCO_3^- . Малый диаметр колонки при сохранении нагрузки на сорбент приводит к повышению чувствительности анализа, снижает требование к чистоте растворителей. Вводимый объем пробы в колонку для разделения смеси составляет 2-100 мкл. В 2008 г. методика была аттестована для выполнения измерений массовой концентрации анионов: гидрокарбоната, хлорида, нитрита, нитрата, сульфата, фосфата в питьевых,

природных и очищенных сточных водах методом высокоэффективной жидкостной хроматографии в диапазонах HCO_3^- - 5.0 - 50 мг/л, Cl^- - 5.0- 100 мг/л, NO_2^- - 0.2-10.0 мг/л, NO_3^- - 7.0-60.0 мг/л, SO_4^{2-} - 5.0-100 мг/л, PO_4^{3-} - 0.5-10.0 мг/л [2]. Однако в параграфе 8 этой методики приведена таблица, позволяющая определять и более низкие концентрации анионов при использовании необходимого объема пробы для анализа по приближенно оцененным массовым концентрациям анионов с помощью имеющихся градуировочных зависимостей. В дальнейшем разработанная методика была модифицирована и аттестована для растворов с малыми концентрациями анионов Cl^- и SO_4^{2-} . Повышение чувствительности метода производили за счет увеличения объема вводимой в хроматограф пробы исследуемого образца до 2000 мкл. Предельная чувствительность хроматографического анализа без предварительного концентрирования вещества составляет 0,05 мг/л с погрешностью 5% [3]. В таблице 1 приведены значения измеряемых концентраций анионов и соответствующие им погрешности, полученные методом добавок и разбавлений.

Таблица 1 - Значения измеряемых концентраций анионов и соответствующие им погрешности

Определяемый анион	Диапазон измерений концентрации определяемого аниона, мг/л	Пределы допускаемой относительной погрешности, δ_s , %
хлорид-ион	0,05-5	± 5
сульфат-ион	0,05-5	± 5

Для определения малых концентраций анионов было продолжено изучение свойств динамически модифицированных обращенных фаз. Использовалось прямое УФ-детектирование при коротких длинах волн без использования поглощающей Уф-излучение добавки в элюенте. Оптимальным раствором для разделения анионов был выбран элюент 0,25 М раствор фторида натрия в 10% растворе метанола с pH 7,5. В результате была получена возможность определения поглощающих в УФ-области анионов NO_2^- , NO_3^- , Br^- и I^- в диапазоне концентраций от 0,005 мг/л до 10 мг/л [4, 5]. Все разработанные методики были аттестованы.

Разработанные методики успешно применялись при анализе вод озера Байкал и других природных вод и проходят успешные проверки в российских и международных межлабораторных сличительных испытаниях (МСИ) [6-8]. Лаборатория гидрохимии и химии атмосферы в которой ведутся химические анализы различных природных объектов участвует в российских «РОСА» и 4 международных программах по МСИ, получая хорошие результаты (сайты программ: <http://www.qasac-americas.org/labinc.html>, <http://www.acap.asia/~interlab/os/>, <http://www.nilu.no>, <http://www.nilu.no>). Отклонения результатов анализа от истинных величин по тестированию искусственно приготовленных стандартных образцов «атмосферных осадков», «пресных вод», природных вод, почвы в российских и международных программах по контролю качества (QA/QC Programm) не превышают, в основном, 5--10 %, что свидетельствует о достоверности получаемого фактического материала при хорошо подобранных методов анализа [6-10]. Как было показано в работе [6] расхождение между измеренными и модельными значениями определяемых параметров составило менее 10%. Почти 80% определений имели отклонение менее 5%, в том числе 60% – менее 3%.

Наибольшие отклонения в результатах определения ионов были в случае, если концентрация определяемого параметра были на пределе обнаружения или ниже этого порога. Пример последнего тестирования ионного состава искусственных образцов атмосферных осадков по программе ВМО в июне 2021г. приведен в таблице 2.

Таблица 2 - Результаты международных сличительных испытаний (МСИ) по программе WMO (<http://www.qasac-americas.org/labic.html>), июнь 2021г, лаборатория гидрохимии и химии атмосферы ЛИИ СО РАН под номером 700115

Определяемый элемент	Проба №1 истинное значение, мг/л	Проба №1 Результат лаборатории, мг/л	Проба №2 истинное значение, мг/л	Проба №2 Результат лаборатории, мг/л	Проба №3 истинное значение, мг/л	Проба №3 Результат лаборатории, мг/л
pH	4.90	4.88	4.72	4.74	4.72	4.71
электропроводимость	19.1	19.4	12.5	12.1	22.2	22.6
SO ₄ ²⁻	2.121	2.042	1.085	1.006	2.613	2.519
NO ₃ ⁻	1.086	1.027	1.007	0.939	2.022	1.920
NH ₄ ⁺	0.398	0.368	0.221	0.209	0.682	0.652
F ⁻	0.025	0.029	0.050	0.057	0.030	0.036
Cl ⁻	1.786	1.727	0.136	0.130	1.022	0.993
Na ⁺	1.103	1.091	0.094	0.090	0.656	0.649
K ⁺	0.196	0.183	0.022	0.019	0.147	0.136
Ca ²⁺	0.300	0.298	0.129	0.128	0.397	0.390
Mg ²⁺	0.123	0.125	0.027	0.027	0.126	0.128

Результаты международного тестирования (МСИ) по искусственным образцам «осадков», «пресных вод», природных вод обсуждаются на заседаниях экспертов в Японии (Ниигата), Бангкоке, Паттае (Таиланд), Женеве (Швейцария), а также входят в отчеты Всемирной метеорологической организации (ВМО), международных программ EANET, ЕМЕП [7-8].

Представляет интерес измерение массовых концентраций ионов в байкальской воде в международной экспедиции, проведенной на Байкале в 1988 г. По результатам экспедиции были опубликованы данные американских исследователей по содержанию главных ионов в воде озера в разных котловинах на различных глубинах акватории от поверхности до дна [11]. При анализе анионного состава в этой экспедиции (NO₃⁻, Cl⁻, SO₄²⁻) использовался метод ионной хроматографии с точностью ±5% катионного состава (Ca, Mg, Na, K) – применялся метод пламенной атомно-абсорбционной спектрофотометрии с точностью 1.0, -3.0 %. Эти результаты подтвердили многолетние исследования Лимнологического института о стабильности ионного состава воды озера, низких значениях основных ионов воды и минерализации (95-97 мг/л) [12-15].

Вначале 2000х годов, с использованием разработанных методик, проведена работа по обоснованию использования глубинной воды оз. Байкал как референтного материала для внутри- и межлабораторного контроля качества химического анализа маломинерализованных природных вод. Рассматривались результаты

многочисленных (более 1500) отдельных определений компонентов основного ионного состава глубинной байкальской воды, величины рН и электропроводности [12]. В таблице 3 приведены концентрации главных ионов в байкальской воде по данным разных авторов, с использованием различных методов анализа. Ионный состав воды, рассчитывался как средневзвешенное из результатов анализа отдельных проб по глубинам [11], по глубинам и сезонам года [15], МСИ 14 гидрохимических лабораторий по «референтному материалу» на основе глубинной воды из Байкала [12], данные, полученные в 50-60 годах прошлого века К.К. Вотинцевым и др. [13].

Таблица 3 - Средний ионный состав воды оз. Байкал по данным разных авторов, мг/л

HCO_3^-	SO_4^{2-}	Cl^-	Na^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Ссылка
66,8	5,5	0,45	3,6	0,94	16,1	3,0	[11]
67,3	5,5	0,47	3,3	0,98	15,9	3,0	[12]
68,5	5,3	0,42	3,4	0,95	16,1	3,0	[13]
66,5	5,2	0,60	3,8	2,00	15,2	3,1	[15]

Разработанные методики ВЭЖХ апробированы и на анализах других объектов окружающей среды: атмосферные осадки, аэрозоль, снежный покров и ледяные керны Антарктиды, поровые воды и др. [16-21].

2. Методика определения ионного состава вод методом ионной хроматографии (ИХ)

В 2010 г. в Институт по линии приборной комиссии СО РАН поступила безреагентная система ICS-3000 (RFIC™) с технологией генерации элюента - Dionex, USA, (Приложение, рисунок 2). Методы, использующие безреагентные системы (RFIC™), одобрены американским Управлением по охране окружающей среды (EPA). Статистика агентства подтвердила, что использование гидрооксидных элюентов находится в пределах требований метода EPA 300.0 и 300.1 для определения неорганических анионов. Генерация элюентов позволяет выполнять анализ анионов и катионов на уровне следовых количеств. Ультрарастая гидроокись, произведенная в картридже EGC II КОН дает низкую, стабильную базовую линию, позволяя проводить точное простое интегрирование пиков. Использование генератора элюента с ловушкой CR-TC минимизирует сдвиг базовой линии во время изменения градиента. Для определения катионов используется картридж EGC II MSA, который производит ультрарастую метансульфоновую кислоту (MSA), обеспечивая низкую, устойчивую базовую линию и воспроизводимые времена удерживания. Для определения массовой концентрации катионов использовали колонку – IonPac CS12 [22], анионов – IonPac AS19 [23].

Для контроля качества получаемых результатов с использованием ИХ в снежном покрове, ледяных кернов из Антарктиды было проведено МСИ 40 образцов талой снеговой воды, отобранной вблизи оз. Восток (Восточная Антарктида), В МСИ участвовали сотрудники лаборатория гляциологии и геофизики окружающей среды, ЛГГОС (Гренобль, Франция) и лаборатории гидрохимии и химии атмосферы. Полученные результаты имели один и тот же порядок величин, при концентрациях от 50 до 350ppb (мкг/л), что говорит о

достоверности данных анализа. На рисунке 1 показаны результаты сравнительного анализа концентраций ионов SO_4^{2-} в талой воде поверхностного снега, отобранного на ст. Восток (Восточная Антарктида).

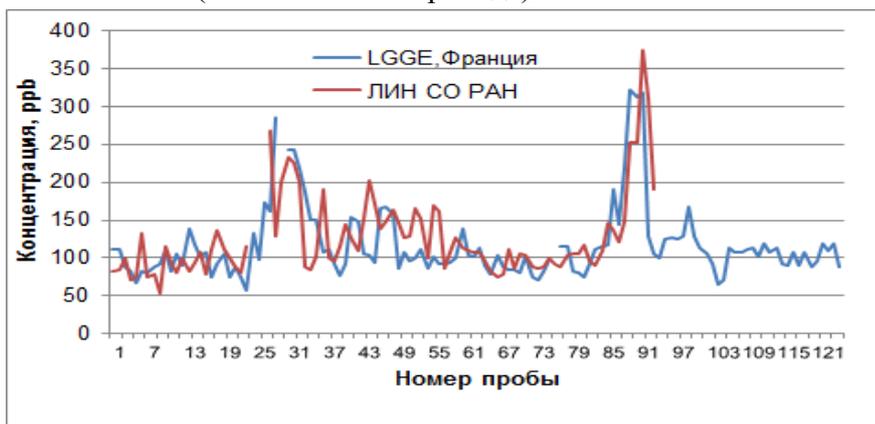


Рисунок 1 - Результаты сравнительного анализа концентраций ионов SO_4^{2-} в талой воде снега, определенных в двух лабораториях.

Межлабораторное сравнение в двух лабораториях было продолжено на ледяных ядрах из глубокой скважины в районе оз. Восток. В таблице 4 показана средняя сумма ионов талой воды ледяного ядра для разных интервалов глубин скважины 5Г на станции Восток (Антарктида).

$$(\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-} + \text{NO}_3^- + \text{Na}^+ + \text{K}^+ + \text{Mg}^{2+} + \text{Ca}^{2+})/n,$$

где n - число проб в указанном интервале.

С гидрохимической точки зрения вода озерного льда является ультрапресной, с минерализацией менее 0,1 мг/л, хлоридно-натриевой, слабокислой.

Таблица 4 - Сумма ионов в воде озерного льда на ст. Восток (Антарктида) из разных интервалов глубин, по данным лаборатории ЛГГОС (Гренобль, Франция) и ЛИН СО РАН (метод ионная хроматография)

Исполнитель	Глубина скважины 5 Г, м	Сумма ионов, мг/л
De Angelis et al., 2004 [25]	3619.10-3619.40	0,070
ЛГГОС, Гренобль	3746,32-3746,80	0,034
ЛИН СО РАН, Иркутск	3746,32-3746,80	0,048
	3755,10-3755,83	0,055

По результатам анализа воды ледяных кернов и озер Антарктиды на безреагентной системе ICS-3000 Института опубликованы статьи [26-31]. На этой системе в лаборатории регулярно выполняются работы по определению массовой концентрации ионов в составе растворимой фракции атмосферного аэрозоля из разных регионов мира: морей российской Арктики [32-33], Архипелага Шпицберген [34], Ледовой базы «Мыс Баранова» [35], Южного океана и побережья Антарктиды [36], оз. Байкал [37].

Широкие возможности ионной системы ICS-3000 позволили определить следовые концентрации ионов в составе растворимой фракции аэрозоля на ст. Молодежная (Антарктида) - 0.1 до 0.8 мкг/м³, на ст. Мирный от 0.2 до 1.0 мкг/м³. Низкие концентрации ионов в составе аэрозоля определены и в атмосфере оз.

Байкал. Повторяемость средних сумм концентраций ионов менее 1.0 мкг/м³ за период 2010-2019 гг. составила около 50 % [38].

3. Определение нитрит -иона (NO₂⁻) в воде Байкала с концентрацией 0,001 мг/л, согласно таблицы №1 приложения № 1 к приказу Минприроды России от 21.02.2021 № 83.

Для определения низких концентраций нитрит-иона в воде оз.Байкал, который анализируется в следовых количествах после массовой вегетации фитопланктона в весенний и осенний периоды года используется безреагентная система ICS-3000.

На рисунке 2 - 4 показаны хроматограммы искусственной смеси с предельно низкими концентрациями неорганических анионов и проба байкальской глубинной воды.

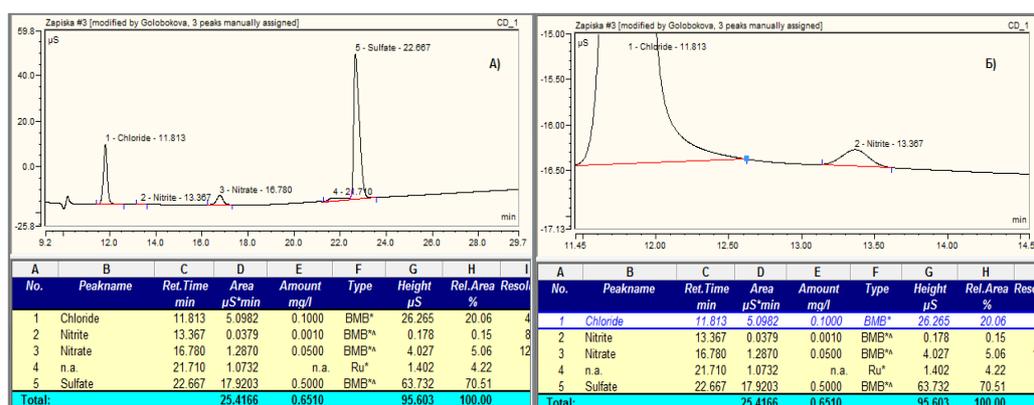


Рисунок 2 – Хроматограмма искусственной смеси: концентрация Cl⁻ - 0.1 мг/л, NO₂⁻ - 0.001 мг/л, NO₃⁻ - 0.05 мг/л, SO₄²⁻ -0.5 мг/л. Объем пробы 2000 мкл. Обработка хроматограмм производилась с помощью программы Chromeleon 6.80.

А - хроматограмма без увеличения, Б – хроматограмма с увеличением

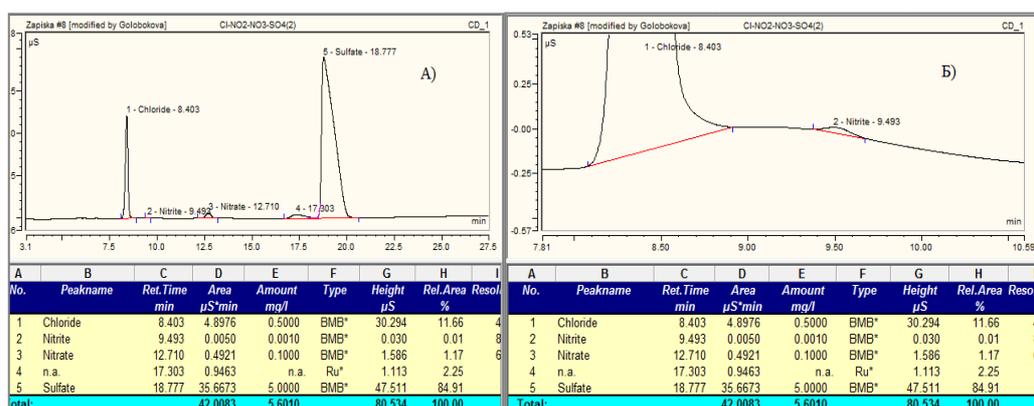


Рисунок 3 – Хроматограмма искусственной смеси: концентрация Cl⁻ - 0.5 мг/л, NO₂⁻ - 0.001 мг/л, NO₃⁻ - 0.1 мг/л, SO₄²⁻ - 5.0 мг/л. Объем пробы 300 мкл. Обработка хроматограмм производилась с помощью программы Chromeleon 6.80.

А - хроматограмма без увеличения, Б – хроматограмма с увеличением

Наименьшее количество вещества (концентрация), которое может быть обнаружено детектором, принимается количество вещества, дающее сигнал, в три раза больший, чем фоновый шум. Из рисунков 2 и 3 видно, что высота пика иона NO₂⁻ выше фоновой линии более, чем в 3 раза. Таким образом, международная

методика определения ионов методом ионной хроматографии позволяет определять концентрации нитрит- иона на уровне 0,001 мг/л, в воде оз. Байкал согласно таблицы №1 приложения № 1 к приказу Минприроды России от 21.02.2021 № 83.

4. Определение железа, хрома, свинца, ртути, в воде оз. Байкал по данным таблицы №1 приложения № 1 к приказу Минприроды России от 21.02.2021 № 83.

Первые подробные исследования многоэлементного состава вод озера Байкал представлены в работе [38], где концентрация железа составила в среднем 0,003, свинца 0,00045 мг/дм³. Детальные исследования микроэлементного состава в глубинной области Байкала выполнено Falkner et al., 1991, 1997 [39-40]. В работе (Falkner et al., 1991) приведены концентрации хрома 0,00007 мг/дм³, в работе (Ветров, Кузнецова, 1997), концентрация составила 0,00053 мг/дм³ [38]. Такие различия в концентрациях обусловлены разными методологическими подходами к определению тяжелых металлов. В работе [38] приведены данные в нефилтрованных пробах воды, что значительно увеличило концентрацию элементов за счет растворения взвешенного материала при подкислении проб во время пробоподготовки. Однако в следующей работе (Ветров и др., 2013) [41] с применением более современного оборудования и фильтрации проб для железа и свинца получены более низкие значения: для Fe 0,00038 мг/дм³, Pb ниже <0,00002 мг/дм³. В работе [42] содержание свинца в водах Байкала указано в пределах 0,00001- 0,00007 мг/дм³.

В таблице 5 представлены концентрации анализируемых микроэлементов в воде Байкала по опубликованным материалам. Концентрации микроэлементов, проанализированные на современном оборудовании с пробоподготовкой (фильтрация воды через мембранные фильтры с диаметром пор 0.45 мкм, подкисление азотной кислотой), практически у всех авторов ниже, значений, указанных таблице №1, приложения № 1 к приказу Минприроды России от 21.02.2021 № 83, что обосновывает определение этих элементов в сточных водах на том уровне которые указаны в таблицы при правильно подобранных методиках с использованием современного оборудования.

В международном стандарте ISO 17294-2 пределы обнаружения для железа - 0,005; хрома – 0,0001; свинца – 0,0001 мг/дм³, но при этом указывается, что в зависимости от контрольно-измерительных приборов пределы определения могут быть значительно ниже. При применении современных методов анализа: масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-МС), атомно- абсорбционной спектrophотометрии (ААС) новейшего оборудования, например, использование прибора Agilent 7800 (фирма Agilent, США), пределы обнаружения элементов могут быть увеличены на 1 -4 порядка с достаточно простой пробоподготовкой и прямого анализа элементов, присутствующих как в больших (100–10 000 мг/дм³), так и в следовых количествах (1–0,001 нг/дм³). Предел определения на этом приборе для железа составляет уже 0,000004 мг/дм³, хрома – 0,000004 мг/дм³, свинца - 0,000002 мг/дм³. Используя такое оборудование, можно легко определять концентрации железа, хрома, свинца указанные в таблицы № 1 приложения № 1 к приказу Минприроды России от 21.02.2021 № 83.

Таблица 5. Содержание микроэлементов в воде Байкала, мкг/ дм³

Элемент	Таблица №1 по Приказу №83	Эпов и др. 2001 [43]	Suturin et al., 2003 [44]	Склярова, 2011 [42]	Ветров и др., 2013 [41]
Fe	5	<5	-	0,26-0,53	0,38
Cr	0,1	-	0,034-0,062	0,070	0,07
Pb	0,1	<2	0,028-0,064	0,010-0,028	<0.02

В настоящее время в ЛИН СО РАН имеется прибор ИСП-МС Agilent-7500 CE, 2003г. выпуска. Хотя он уже морально устарел, тем не менее на этом приборе анализируются низкие концентрации микроэлементов в воде оз. Байкал с получением достоверных данных. Подтверждением этому служат результаты межлабораторных сравнительных испытаний (МСИ), в которых лаборатория гидрохимии и химии атмосферы ежегодно участвует, анализируя стандартные образцы природной поверхностной воды. В таблице 6 представлены результаты международной калибровки NIVA 7445-2019 (<http://www.nilu.no>, <http://www.nilu.no>), максимальная ошибка определения по лаборатории (лаборатория проходит под номером №15) не превысила 10% [45].

Таблица 6. Результаты МСИ NIVA 7445-2019 лаборатории гидрохимии и химии атмосферы [<http://www.icp-waters.no/2019/12/16/2019-chemical-intercomparison/>].

Элемент	С истинное значение, мкг/дм ³	Результат лаборатории мкг/дм ³	Ошибка, %	С истинное значение, мкг/дм ³	Результат лаборатории, мкг/дм ³	Ошибка, %
Al	49	41	8,9	48	43	5,5
Fe	108,9	105	1,8	106,8	103	1,8
Mn	3,68	3,9	-2,9	3,37	3,84	-6,5
Cd	0,98	0,97	0,5	0,97	0,99	-1,0
Pb	2,31	2,22	2,0	2,22	2,19	0,7
Cu	12,5	11,03	6,2	11,2	10,36	3,9
Ni	4,47	4,51	-0,4	4,31	4,53	-2,5
Zn	14,3	15,43	-3,8	14,25	17,45	-10,0

В настоящее время во многих аккредитованных лабораториях РФ для определения микроэлементов (от В до Ti) в основном применяются методы одноэлементного анализа - измерение одного элемента с многостадийной рутинной пробоподготовкой. Применение таких методов как ИСП-МС, ААС и современного оборудования позволит заменить устаревшие рутинные одноэлементные методы анализа на современные, многоэлементные и высокоэффективные.

5. Определение АСПАВ (анионные синтетические поверхностно-активные вещества) в воде оз. Байкал по данным таблицы №1 приложения № 1 к приказу Минприроды России от 21.02.2021, № 83.

Сложность анализа АСПАВ в различных объектах окружающей среды заключается в том, что синтетические АСПАВ, как правило, не являются индивидуальными соединениями. Количественное определение АСПАВ предполагает нахождение их молекулярно-массового распределения по гидрофобному радикалу [46]. В связи с разнообразием АПАВ (анионные поверхностно-активные вещества) в объектах окружающей среды для определения общего содержания таких соединений, используется перерасчет через базовое вещество, как правило, додецилсульфат-натрия (ДДС-Na). Для определения АПАВ разработано много различных методов анализа. За последние 20 лет наиболее распространенными из них являются: спектрофотометрические и потенциометрические методы, в том числе в проточно-инжекционных вариантах анализа [47-52]. В соответствующих стандартах большинства стран АПАВ рекомендуется определять экстракционно спектрофотометрически с метиленовым синим [53-54]. Для разделения и концентрирования различных АПАВ в сложных смесях наиболее часто используют хроматографию (прежде всего ВЭЖХ). В этих методах применяются различные сорбенты; в качестве элюентов наиболее часто используют полярные водно-ацетонитрильные или водно-метанольные смеси. Такие методы считаются высокочувствительными и экспрессными, хотя стадия пробоподготовки может быть достаточно длительной и трудоемкой, а примеси радичных, в том числе биогенных, органических веществ могут завышать результаты анализа.

Для определения АСПАВ с очень низкими значениями концентраций используют методы газожидкостной хроматографии. Хроматографические методы являются наиболее чувствительными (предел обнаружения может достигать уровня 0.1–1 нг/мл) и позволяют определять различные смеси (в том числе гомологи и изомеры, а также продукты биodeградации) в разнообразных объектах: моющие средства, природные и сточные воды, почва, пыль и др. Разработана методика определения АПАВ в сточных водах методом газовой хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием с пределом обнаружения 0.16–0.8 нг/л, которая включает предварительное концентрирование методом твердофазной микроэкстракции или верхкритической флюидной экстракции[55].

Преимуществом масс-спектрометрического детектирования является возможность детектирования индивидуальных соединений, при этом можно из общей суммы АПАВ выделить именно синтетические вещества (АСПАВ), которые и подлежат нормированию. Традиционный спектрофотометрический метод с метиленовым синим разработан для определения всех АПАВ, в том числе таких биогенных и практически безопасных для экосистемы веществ как стеарат натрия.

На основании этих хромато-масс-спектрометрических методик [55-58] с низкими пределами определения АСПАВ возможно определение концентрации ≤ 5 мкг/дм³ АСПАВ в воде оз. Байкал, согласно таблицы №1 приложения № 1 к приказу

Минприроды России от 21.02.2021, № 83. В ЛИН СО РАН такое оборудование имеется, требуется аттестация методики.

6. Определение в воде оз. Байкал ртути по данным таблицы №1 приложения № 1 к приказу Минприроды России от 21.02.2021, № 83.

Концентрация 0,00000077мг/дм³, в воде Байкала, которая указана в таблице таблицы №1 приложения № 1 к приказу Минприроды России от 21.02.2021, № 83 была определена бельгийскими учеными (Meuleman et.al 1995) Приложение 2. В работах российских ученых концентрации ртути на порядок выше. В РФ отсутствуют аттестованные методики измерения таких низких концентраций, требуется аттестация методики.

На основании вышеизложенного материала считать показатели таблицы № 1 приложения № 1 к Приказу Минприроды России № 83 научно обоснованными и установленными на уровне, позволяющим сохранять уникальную экосистему озера Байкал.

Список используемой литературы

1. Барам Г.И., Верещагин А.Л., Голобокова Л.П.. Микроколоночная высокоэффективная жидкостная хроматография с УФ-детектированием для определения анионов в объектах окружающей среды //Журнал аналитической химии. –1999. -Т.54. -№9. -С. 962-965.
2. МВИ массовой концентрации гидрокарбонат-, хлорид-, нитрит-, нитрат-, сульфат- и фосфат- анионов в питьевых, природных и очищенных сточных водах методом ВЭЖХ. ФР.1.31.2008.04416.
3. ГСИ. Массовая концентрация хлорид- и сульфат-анионов в воде. Методика выполнения измерений методом высокоэффективной жидкостной хроматографии // Иркутск, 2004.
4. Верещагин А.Л. Дудинский В.Ф. Голобокова Л.П., Барам Г.И. Грачев М.А. Определение поглощающих в УФ-области анионов в объектах окружающей среды методом микроколоночной высокоэффективной жидкостной хроматографии// Журнал аналитической химии. -2000. -В. 55. -№10 -С. 1111-1114.
5. МВИ массовой концентрации бромид-, иодид-, нитрат- и нитрит- анионов в питьевых, природных и очищенных сточных водах методом ВЭЖХ. ФР.1.31.2008.04415
6. Ходжер Т.В., Голобокова Л.П., Нецветаева О.Г., Домышева В.М., Погодаева Т.В., Коровякова-Томберг И.В. Результаты тестирования химических параметров искусственных стандартных образцов дождей и пресных поверхностных // Оптика атмосферы и океана. – 2004. –Т.17. -№5-6. –С.478-482.
7. QA/SAC—Americas. Available online: <http://qasac-americas.org>
8. Acid Deposition Monitoring Network in East Asia. Available online: <http://www.eanet.asia>
9. Смоляков Б.С., Ходжер Т.В., Шинкоренко М.П., Павлюк Л.А., Филимонова С.Н., Домышева В.М., Голобокова Л.П., Нецветаева О.Г., Погодаева Т.В.

Межлабораторное сопоставление методов анализа ионного состава атмосферных осадков и аэрозолей // Химия в интересах устойчивого развития.-2004. –Т.12. -№5. – С.559-568.

10. Khodzher T. V., Domysheva V.M., Sorokovikova L.M., Golobokova L.P. Part II. Method and case studies for understanding and monitoring the landscapes of Siberia. Chapter 3. Methods for monitoring the chemical composition of Baikal water // Novel Methods for Monitoring and Managing Land and Water Resources in Siberia. ред. L. Mueller, A.K. Sheudshen, F. Eulenstein 2016. – С. 113-132.

11. Falkner K.K., Measures C.I., Herbelin S.E., Edmond J.M., Weiss R.F. The major and minor element geochemistry of Lake Baikal // Limnology and Oceanography. 1991. – Vol. 36. –№3. P. –413-423

12. Грачев М.А., Домышева В.М., Ходжер Т.В., Коровякова Н.В., Голобокова Л.П., Погодаева Т.В., Верещагин А.Л., Гранин Н.Г., Гнатовский Р.Ю., Косторнова Т.Я. Глубинная вода озера Байкал- природный стандарт пресной воды // Химия в интересах устойчивого развития. -2004. –Т.12. -№4 –С.417-429.

13. Вотинцев К.К. Гидрохимия оз. Байкал // Труды Байкальской лимнологической станции, т.20. М.: Изд-во АН СССР, 1961. –312 с.

14. Khodzher T.V., Domysheva V.M., Sorokovikova L.M., Sakirko M.V., Tomberg I.V. Current chemical composition of Lake Baikal water // Inland Waters. 2017. – V. 7. – № 3. – P. 250-258. DOI: 10.1080/20442041.2017.1329982.

15. Домышева В.М., Сороковикова Л.М., Синюкович В.Н., Онищук Н.А., Сакирко М.В., Томберг И.В., Жученко Н.А., Голобокова Л.П., Ходжер Т.В. Ионный состав воды озера Байкал, его притоков и истока реки Ангара в современный период // Метеорология и гидрология. – 2019. – № 10. – С. 77-86. DOI: 10.3103/S1068373919100078 (Переводная статья: 70862).

16. Koutsenogii P.K., Bufetov N.S., Drosdova V.I., Golobokova L.P., Khodger T.V., Koutsenogii K.P., Makarov V.I., Obolkin V.A. and Potemkin V.L. Ion composition of atmospheric aerosol near lake Baikal // Atmospheric Environment. 1993. 27A(11). P.1629-1633.

17. Сороковикова Л.М., Синюкович В.Н., Коровякова И.В., Голобокова Л.П., Погодаева Т.В., Нецветаева О.Г. Формирование химического состава воды притоков Южного Байкала в современных условиях. //География и природ. ресурсы; 2002; (4):52-57.

18. Полькин В.В., Голобокова Л.П., Козлов В.С., Коробов В.Б., Лисицын А.П., Панченко М.В., Пескова М.А., Ходжер Т.В., Шевченко В.П. Оценка связи микрофизического и химического состава для приводного аэрозоля Белого моря // Оптика атмосферы и океана. – 2004. –Т.17. -№5-6. –С.377-385.

19. Ходжер Т.В., Голобокова Л.П., Осипов Э.Ю., Артемьева О.В., Масленникова М.М., Липенков В.Я., Шibaев Ю.А., Белозерова О.Ю., Лихошвай Е.В. Свидетельство вулканических извержений Тамбора и Кракатау (XIX) по данным химического и электронно-микроскопического исследования снежно-фирновых кернов из района ст. Восток (Антарктида) //Лед и снег; 2011; (1):105-113.

20. Голобокова Л.П. , Ходжер Т.В. , Шibaев Ю.А., Липенков В.Я., Petit J.-R. Изменение химического состава приповерхностного снега в Восточной Антарктиде по мере удаления от побережья // Лед и снег. 2012. – № 4. – С. 129-137.

21. Khodzher, T. V., Golobokova, L. P., Osipov, E. Yu., Shibaev, Yu. A., Lipenkov, V. Ya., Osipova, O. P., and Petit, J. R.: Spatial–temporal dynamics of chemical composition of surface snow in East Antarctica along the Progress station–Vostok station transect, *The Cryosphere*, 8, 931–939, <https://doi.org/10.5194/tc-8-931-2014>, 2014.
22. Product manual for IonPac AG12 Guard Column. IonPac CS12 Analytical Column // Dionex Corporation. Document №065003, 2005. 65 p.
23. Product manual for IonPac AG19, IonPac AS19// Dionex Corporation. Document №031132, 2008. 34 p.
24. De Angelis M., Petit J.-R., Savarino J. et al. Contributions of an ancient evaporitic-type reservoir to subglacial Lake Vostok chemistry // *Earth and Planetary Science Letters*, v. 222, 2004, 751– 765.
25. Ходжер Т.В., Голобокова Л.П., Осипов Э.Ю., Онищук Н.А., Филиппова У.Г., Липенков В.Я., Екайкин А.А. Летопись вулканических событий последних 900 лет в снежно-фирновой толще района станции Восток // *Лёд и Снег*, 2012. № 4 (120). С. 116-121.
26. Osipov E. Y. , Khodzher T. V. , Golobokova L. P. , Onischuk N. A. , Lipenkov V. Y. , Ekaykin A. A. , Shibaev Y. A. , Osipova O. P. High-resolution 900 year volcanic and climatic record from the Vostok area, East Antarctica. // *The Cryosphere*; 2014; (8):843-851.
27. Осипов Э. Ю., Осипова О. П., Голобокова Л. П., Ходжер Т. В. Атмосферная циркуляция в индоокеанском секторе Восточной Антарктиды за последние 200 лет по данным изучения химического состава снежно-фирнового покрова // *Лед и Снег*, 2017. Т.57. № 2. С. 170-184. doi.org/10.15356/2076-6734-2017-2
28. Khodzher T.V., Golobokova L.P., Maslenikova M.M., Osipov E.Y., Ekaykin A.A. Chemistry of snow and ice cores along the ice flow lines at Lake Vostok (Antarctica) // *Geochemistry*. – 2020. – V. 80. – № 3, Art№ 125595. – P. 1-10. DOI: 10.1016/j.chemer.2019.125595
29. Onishchuk N.A., Golobokova L.P., Vershinin K.E., Zhuchenko N.A. Hydrochemical composition of glacial lakes on inshore Russian Antarctic stations // *Geochemistry*. – 2020. – V. 80. – № 3, Art№ 125591. – P. 1-8. DOI: 10.1016/j.chemer.2019.125591
30. Владимирова Д.О., Екайкин А.А. Климатическая изменчивость в секторе Моря Дейвиса (Восточная Антарктида) за последние 250 лет по данным геохимических исследований ледяного керна из скважины 105-й км // *Проблемы Арктики и Антарктики*, 2014. № 1 (99). С.102-113.
31. Osipov E.Y., Osipova O.P., Khodzher T.V. Recent variability of atmospheric circulation patterns inferred from East Antarctica glaciochemical records // *Geochemistry*. 2020. – V. 80. – № 3, Art№ 125554. – P. 1-9. DOI: 10.1016/j.chemer.2019.125554
32. Sakerin S.M., Bobrikov A.A., Bukin O.A., Golobokova L.P. , Pol'kinVas.V., Pol'kinVik.V., Shmirko K.A., Kabanov D.M., Khodzher T.V., Onischuk N.A., Pavlov A.N., Potemkin V. L., Radionov V.F. On measurements of aerosol-gas composition of the atmosphere during two expeditions in 2013 along the Northern Sea Route. // *Atmos. Chem. Phys.*; 2015; (15):12413-12443.

33. Голобокова Л.П., Ходжер Т.В., Изосимова О.Н., Зенкова П.Н., Почуфаров А.О., Хуриганова О.И., Онищук Н.А., Маринайте И.И., Польшкин В.В., Радионов В.Ф., Сакерин С.М., Лисицин А.П., Шевченко В.П. Химический состав атмосферного аэрозоля в арктическом районе по маршрутам морских экспедиций 2018-2019 гг. // Оптика атмосферы и океана. 2020. – Т. 33. – № 6. DOI: 10.15372/AOO20200601 (71040) (Переводная статья: 71641)
34. Голобокова Л.П., Ходжер Т.В., Чернов Д.Г., Сидорова О.Р., Хуриганова О.И., Онищук Н.А., Жученко Н.А., Маринайте И.И. Химический состав приземного атмосферного аэрозоля в Баренцбурге, архипелаг Шпицберген) по результатам многолетних исследований // Лёд и Снег. 2020. – Т. 60. – № 1. – С. 85-97. DOI: 10.31857/S2076673420010025
35. Сакерин С.М., Голобокова Л.П., Кабанов Д.М., Калашникова Д.А., Козлов В.С., Круглинский И.А., Макаров В.И., Макштас А.П., Попова С.А., Радионов В.Ф., Симонова Г.В., Турчинович Ю.С., Ходжер Т.В., Хуриганова О.И., Нанкина О.В., Чернов Д.Г. Результаты измерений физико-химических характеристик атмосферного аэрозоля на научно-исследовательском стационаре «Ледовая база “Мыс Баранова”» в 2018 г. // Оптика атмосферы и океана. 2019. – Т. 32. – № 6. – С. 421-429. DOI: 10.15372/AOO20190601 (70759) (Переводная статья: 70909)
36. Голобокова Л.П., Польшкин В.В., Онищук Н.А., Хуриганова О.И., Тихомиров А.Б., Терпугова С.А., Польшкин Вас. В., Турчинович Ю.С., Радионов В.Ф. Изменчивость химического состава аэрозоля в приземном слое атмосферы переходной зоны «материк-океан» в районе Восточной Антарктиды // Лед и снег, 2016. Т. 56, № 2. С. 177-188.
37. Golobokova L.P., Khodzher T.V., Khuriganova O.I., Marinayte I.I., Onishchuk N.A., Rusanova P., Potemkin V.L. Variability of Chemical Properties of the Atmospheric Aerosol above Lake Baikal during Large Wildfires in Siberia // Atmosphere. 2020. – V. 11. – № 11. – P. 1230. DOI: 10.3390/atmos11111230
38. Ветров В.А. Микроэлементы в природных средах оз. Байкал / В.А. Ветров, А.И. Кузнецова. – Новосибирск : Изд-во СО РАН НИЦ ОИГГМ, 1997. – 238 с.
39. Falkner K.K., Measures C.I., Herbelin S.E., Edmond J.M., Weiss R.F. The major and minor element geochemistry of Lake Baikal // Limnology and Oceanography. 1991. – Т. 36. – № 3. – С. 413-423.
40. Falkner K.K., Church M., Measures C.I., Le Baron G., Thouron D., Jeandel C., Stordal M.C., Gill G.A., Mortlock R., Froelich P., Chan L.-H. Minor and trace element chemistry of Lake Baikal, its tributaries and surrounding hot springs // Limnology and Oceanography. 1997. – Т. 42. – № 2. – С. 329-345.
41. Ветров В.А., Кузнецова А.И., Складорова О.А. Базовые уровни химических элементов в воде озера Байкал. // География и природные ресурсы. 2013. № 3. С. 41-51.
42. Складорова О.А. Распределение микроэлементов в водной толще Среднего Байкала. // География и природные ресурсы. 2011. № 1. С. 53-59
43. Эпов В.Н., Сутурин А. Н., Ложкин В. И., Семенов А. Р. Микроэлементный анализ байкальской питьевой воды //Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2001. – № 8. – С. 3-5.

44. Suturin A.N., Paradina L.E., Epov V.N., Semenov A.R., Lozhkin V.I., Petrov L.L. Preparation and assessment of a candidate reference sample of lake BAIKAL deep water // *Spectrochimica Acta Part B*. 2003. – Т. 58. – С. 277-288.
45. <http://www.icp-waters.no/2019/12/16/2019-chemical-intercomparison/>
46. Михалева Н.М., Кулапина Е.Г., Колотвин А.А., Лобачев А.Л. // *Журн. аналит. химии*. 2007. Т. 62. № 11. С. 1088.8
47. НДФ 14.1:2.258-10. Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовой концентрации анионных поверхностно-активных веществ в природных и сточных водах фотометрическим методом с метиленовым синим (микроекстракция). М.: Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору, 2010 г.
48. РД 52.24.368-2006. Массовая концентрация анионных синтетических поверхностно-активных веществ в водах. Методика выполнения измерений экстракционно-фотометрическим методом. Ростов-на-Дону: Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет), 2006 г.
49. Базель Я.Р., Антал И.П., Лавра В.М., Кормош Ж.А. Методы определения анионных поверхностно-активных веществ // *Журнал аналитической химии*, 2014. – Т. 69. – № 3. – С. 228–253. <https://doi.org/10.7868/S0044450214010046>
50. Alzaga R., Peña A., Ortiz L., Bayona J.M. // *J. Chromatogr. A*. 2003. V. 999. № 1–2. P. 51.
51. ISO78751:1996 Water quality – Determination of surfactants – Part 1: Determination of anionic surfactants by measurement of the methylene blue index (MBAS) International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.
52. ISO 16265:2009 Water quality – Determination of the methylene blue active substances (MBAS) index – Method using continuous flow analysis (CFA), International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.
53. American society for testing and materials (ASTM), ASTM D2330 – 02, standard test method for methyl ene blue active substances. Annual book of ASTM standards, 2002. volume 11.02.
54. APHA/AWWA/SPCE Standard method for examination examination of water and waste water, 19th edn. American Public Health Association, Washington DC, USA, 1995. P. 5–39.
55. Alzaga R., Peña A., Ortiz L., Bayona J.M. // *J. Chromatogr. A*. 2003. V. 999. № 1–2. P. 51.
56. Moldovan Z., Avram V., Marincas O., Petrov P., Ternes T. The determination of the linear alkylbenzene sulfonate isomers in water samples by gas-chromatography/mass spectrometry // *Journal of Chromatography A*, 2011 (January). – V. 1218. – Iss. 2. – P. 343–349. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2010.11.043>.
57. Gomez V., Ferreres L., Pocurull E., Borrull F. Determination of non-ionic and anionic surfactants in environmental water matrices // *Talanta*, 2011. – V. 84. – Iss. 3 – P. 859–866. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2011.02.009>.
58. Lara-Martin P., Gómez-Parra A., González-Mazo E. Development of a method for the simultaneous analysis of anionic and non-ionic surfactants and their carboxylated metabolites in environmental samples by mixed-mode liquid chromatography–mass spectrometry // *Journal of Chromatography A*, 2006. – V. 1137. – Iss. 2. – P. 188–197.

Приложение 1.



Фотография 1. Жидкостный хроматограф «Милихром А-02» Эконова, Россия

Высокоэффективный жидкостный хроматограф с УФ-спектрофотометрическим детектором служит для определения анионного состава воды, полициклических ароматических углеводородов.



Фотография2. Ионный хроматограф ICS-3000, Dionex, США

Полностью интегрированный двухпоточный безреагентный ионный хроматограф для выполнения всех типов градиентных ионохроматографических анализов. Система ICS-3000 поставлена в конфигурации с двухплунжерным насосом, безреагентным генератором элюента, термостатированной кондуктометрической ячейкой, термостатом колонок и вакуумным дегазатором, электрохимическим детектором. Используется для определения ионного состава ультрапресных вод.



Фотография 3 Квадрупольный масс-спектрометр с индуктивно-связанной плазмой **Agilent 7500, США**. Современный комплекс определения концентраций элементов (от Be до U) с высокой чувствительностью в воде и почве. Обеспечивает проведение детальных экологических исследований природных систем.

Appendix A. The participating laboratories

Table 3. Information of the participating laboratories including name, address, and country.

ILC Participating laboratories			
No	Name of Laboratory	Address	Country
1	Vlaamse MilieuMaatschappij (VMM) Dienst Laboratorium	Raymonde de Larocheaan 1,9051 Sint-Denijs-Westrem	Belgium
2	Institute of Industrial Ecology Problems of the North (INEP) Center for the collective use	184209 Apatity, Akademgorodok 14A, Murmansk reg.	Russian Federation
3	Bayerische Landesanstalt fuer Wald und Forstwirtschaft Abteilung 2 - Boden und Klima	Hans-Carl-von-Carlowitz-Platz 1 D-85354 Freising	Germany
4	Ufficio del Monitoraggio Ambientale - Laboratorio	Via Mirasole 22 6500 Bellinzona	Switzerland
5	EPA Regional Inspectorate Castlebar OEA	John Moore Road, Castlebar, co mayo Ireland.	Ireland
6	Staatliche Betriebgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft (BfUL)	Dresdner Straße 183 D-09131 Chemnitz	Germany
7	Chemical Laboratory, Czech Geological Survey	Geologická 6, 152 00 Prague	Czech Republic
8	Estonian Environment Research Centre	Marja 4 D 10617 Tallinn Estonia	Estonia
9	MOEECC, DORSET Laboratory	P.O. Box 39 Dorset, Ontario Canada P0A 1E0	Canada
10	Forest Nutrition and Water Resources Department of Ecology, Technis	H.C.v.Carlowitz-Platz 2 D-85354 Freising Germany	Germany
11	Büsgen-Institute - Soil Science of Temperate Ecosystems	D-37077 Goettingen Buesgenweg 2	Germany
12	University of Helsinki Lab. of Geology and Geography	P.O.Box 64 00014 University of Helsinki	Finland
13	Institut für Ökologie	Technikerstr. 25 6020 Innsbruck Austria Europe	Austria
14	Institute for Public Health Pancevo	6 Oktobar No 9 26000 Pancevo	Serbia
15	Limnological Institute of Russian Academy of Sciences -Siberian Branch LIN SB RAS	Ulanbaatorskaya str. 3 Irkutsk 664033	Russian Federation
16	EPA, Dublin Inspectorate McCumiskey Hs,	Kieran Gordon	Ireland
17	CNR Institute of Water Research (IRSA)	Largo Tonolli 50 I-28922 VERBANIA Pallanza	Italy
18	Kilkenny Lab, Environmental Protection agency	Environmental Protection Agency, Seville Lodge,	Ireland

Table 5. Uncertainty of the calculated "true value" for each parameter.

Parameter and unit	Sample	True value	Total no.	Robust std.dev.	Uncertainty	Expanded uncertainty
pH	A	6.91	30	0.179	0.041	0.082
	B	6.88	30	0.178	0.041	0.081
Conductivity (mS/m)	A	6.70	25	0.134	0.034	0.067
	B	6.71	25	0.138	0.034	0.069
Alkalinity (mmol/L)	A	0.211	20	0.0312	0.0087	0.0174
	B	0.208	20	0.0238	0.0067	0.0133
Nitrate + nitrite-nitrogen (µg/L)	A	115	25	11.5	2.9	5.7
	B	116	25	12.0	3.0	6.0
Chloride (mg/L)	A	9.3	28	0.49	0.11	0.23
	B	9.4	28	0.43	0.10	0.20
Sulphate (mg/L)	A	3.32	24	0.207	0.053	0.106
	B	3.34	24	0.231	0.059	0.118
Calcium (mg/L)	A	5.70	27	0.313	0.075	0.150
	B	5.70	28	0.392	0.093	0.185
Magnesium (mg/L)	A	0.65	28	0.037	0.009	0.017
	B	0.65	28	0.038	0.009	0.018
Sodium (mg/L)	A	5.09	26	0.233	0.057	0.114
	B	5.06	26	0.227	0.056	0.111
Potassium (mg/L)	A	0.91	26	0.054	0.013	0.027
	B	0.89	24	0.036	0.009	0.018
Total organic carbon (mg/L)	A	6.83	20	0.558	0.156	0.312
	B	6.96	20	0.585	0.164	0.327
Total phosphorus (µg/L)	A	24.20	20	5.253	1.468	2.937
	B	23.60	20	4.759	1.330	2.660
Aluminium (µg/L)	C	49	18	7.4	2.2	4.4
	D	48	18	8.2	2.4	4.8
Iron (µg/L)	C	108.90	23	9.695	2.527	5.054
	D	106.80	23	9.795	2.553	5.106
Manganese (µg/L)	C	3.68	19	0.401	0.115	0.230
	D	3.37	19	0.419	0.120	0.240
Cadmium (µg/L)	C	0.98	20	0.080	0.022	0.045
	D	0.97	20	0.088	0.025	0.049
Lead (µg/L)	C	2.31	20	0.203	0.057	0.113
	D	2.22	20	0.251	0.070	0.140
Copper (µg/L)	C	12.50	20	0.856	0.239	0.479
	D	11.20	19	0.581	0.166	0.333
Nickel (µg/L)	C	4.47	19	0.315	0.090	0.180
	D	4.31	20	0.311	0.087	0.174
Zinc (µg/L)	C	14.30	20	1.494	0.417	0.835
	D	14.25	20	1.894	0.529	1.059

Lab. nr.	Aluminium, microg/L		Iron, microg/L		Manganese, microg/L		Cadmium, microg/L		Lead, microg/L		Copper, microg/L		Nickel, microg/L		Zinc, microg/L	
	C	D	C	D	C	D	C	D	C	D	C	D	C	D	C	D
1			108.80	106.80	3.68	3.37	1.01	1.01	2.53	2.40	13.31	12.10	4.68	4.54	14.48	14.97
2	49	48	123.70	119.50	3.64	3.24	1.06	1.02	2.37	2.28	12.95	11.53	4.43	4.41	16.94	16.80
3	50	49	108.90	105.10	3.58	3.02	1.01	0.97	2.13	2.06	12.30	10.80	4.53	4.31	14.10	13.70
4	49	48	106.00	103.00			1.03	0.98	2.28	2.20	12.30	10.90	4.47	4.31	15.10	14.80
5																
6																
7	38	40	120.00	120.00			0.95	0.94	2.20	2.10	12.40	11.80	3.40	2.80		
8	51	50	113.00	111.00	3.63	3.23	1.01	0.98	2.26	2.18	12.90	11.50	4.58	4.46	14.30	14.20
9																
10																
11																
13	86	85	150.90	144.20	4.60	4.00					23.70	22.70	6.40	6.20	24.50	24.00
15	41	43	105.00	103.00	3.90	3.84	0.97	0.99	2.22	2.19	11.03	10.36	4.51	4.53	15.43	17.45
16	47	46	90.59	82.91	3.42	3.00	0.91	0.90	2.35	2.28	0.03	0.03	4.66	4.52	13.81	13.96
17	33	24	93.00	67.00	3.00	2.00	0.80	0.60	2.10	1.40	14.50	9.50	3.80	2.80	13.00	9.00
18																
19	32	30	112.70	103.80	4.80	4.30	1.03	0.95	2.02	1.98	11.20	11.80	5.15	4.27	14.30	14.70
20	46	45	114.00	112.00	4.10	3.70					12.70	11.70			16.80	14.80
21	50	49	117.30	115.30	3.87	3.43	0.99	0.97	2.24	2.24	11.83	10.90	4.47	4.47	15.32	14.57
22	52	59	116.00	114.00	3.74	3.41	1.08	1.07	2.38	2.27	13.10	11.70	4.68	4.55	16.60	16.50
23	51	51	102.80	100.20	4.05	3.61	0.78	0.76	1.10	1.01	12.44	11.00	4.29	4.12	13.21	13.04
24																
26			103.38	106.10	3.18	3.57	0.97	0.93	2.16	2.14	12.19	10.84	4.47	4.28	15.15	14.96
27																
28							0.44	0.48	1.46	1.07	9.20	8.30				
29	30	31	110.40	109.30	3.57	3.10	0.95	1.08	1.41	1.34	13.00	11.05	3.99	3.69	10.57	10.25
30	71	69	101.00	98.00	3.60	3.30	0.93	0.89	2.34	2.20	12.00	11.00	4.30	4.10	14.00	14.00
31																
32	48	46	108.90	105.80	3.68	3.29	0.99	0.97	2.42	2.32	12.50	11.20	4.46	4.28	14.30	14.30
33	50	50	111.50	107.60	3.52	3.16	1.11	1.11	2.43	2.53	12.56	11.25	4.43	4.39	13.91	13.71
34	47	46	99.20	96.40	1.26	0.91	0.95	0.98	2.69	2.87	5.01	3.70	0.71	0.50	12.79	12.33
35	82	76	142.80	139.10	4.30	4.10	0.76	0.73	2.50	2.50	13.90	12.00	3.80	3.90	16.20	9.20
36																

Предложения по корректировке показателей АОХ таблицы № 1 приложения № 1 на основе перечня веществ, установленных в таблице № 1 приложения № 2 к Приказу Минприроды России № 83

АОХ (адсорбируемые галогенорганические соединения)

Допустимое содержание по приказу № 83: 0,00005 мг/л

При использовании данного показателя следует учитывать, что:

1. Существующие методы определения АОХ (ГОСТ 30578-98 и Р 52661-2006 и т.п.) неприменимы для контроля особо опасных хлорорганических веществ в сточных водах, так как их предел обнаружения на порядки выше (0,01 мг/л).

2. В соответствии с Разделом 1 Приложения 2 к приказу Минприроды России от 21.02.2020 № 83, под АОХ понимается сумма концентраций особо опасных хлорорганических соединений (ООХС), представленных в Таблице 1 этого раздела.

3. Указанные ООХС имеют различную токсичность, что отражено в нормативах по их содержанию в питьевой воде и в водных объектах рыбохозяйственного значения (Таблица). Аттестованные в РФ методы определения позволяют определять ООХС на уровне ПДК для питьевой воды и рыбохозяйственных водоёмов, но в ряде случаев (хлорфенолы, дихлорбензолы) нижний предел определения методик превышает норматив АОХ.

Учитывая вышесказанное, считаем целесообразным:

1. Внедрить в практику контроля сточных и природных вод на БПТ определение индивидуальных ООХС по аттестованным в РФ методикам.

2. Разработать научно обоснованные нормативы по содержанию индивидуальных ООХС в сточных водах, сбрасываемых в водные объекты в пределах центральной и буферной экологических зон с одновременным совершенствованием методов определения ООХС, внедрением и аттестацией лучших современных методов анализа.

3. В период до утверждения нормативов по индивидуальным ООХС использовать показатель АОХ в трактовке Раздела 1 Приложения 2 к приказу Минприроды России от 21.02.2020 № 83. В случае, если ПДК для питьевой воды или рыбохозяйственных водоёмов ниже норматива АОХ – учитывать эти ПДК.

№ пп	Вещество	*ПДК питьевая вода (мг/л)	**ПДК Рыбхоз, (мг/л)	Метод определения	Нижний предел определения, (мг/л)
1	Пентахлорфенол	0,009	0,0005	ПНДФ 30.1:2:3:117-2012	0,0001
2	2,4,6-Трихлорфенол	0,004	0,0001		
3	2,4-Дихлорфенол	0,002	0,0001		
	Хлорбензолы				
4	1,2-Дихлорбензол	0,002	-	НДП 30.1:2:3.68-2009	0,0002
5	1,3-Дихлорбензол	0,02	-		
6	1,4-Дихлорбензол	0,002	-		
7	Дихлорбензол (смесь изомеров)	-	0,001		
8	Тетрахлорвератрол	-	-	-	-
9	Хлорфенолы	0,001	0,0001 (2- Хлорфенол)	ПНДФ 30.1:2:3:117-2012	0,0001
10	Полихлорированные бифенилы (ПХБ)	-	0,00001	ФР.1.31.2020.36324	1x10 ⁻⁸
				ПНД Ф 14.1:2:3:4.204-04	0,00001

11	Гексахлорбензол	0,001	-	ГОСТ Р 54503-20 И (А)	
12	4,4'-ДДТ (п,п'- ДДТ, 4,4'- дихлордифенилтрихлорметилэтан)-	-	0,00001		
13	4,4'-ДДД (п,п'-ДДД, 4,4'- дихлордифенилдихлорэтан)	-	-		
14	Диоксины	10^{-9} (1 пг/л)	-	ГОСТ 32526-2013	$1,2 \times 10^{-8}$ (12 пг/л)
				ПНД Ф 14.1:2:4.251-08	5×10^{-10} (0,5 пг/л)

*Санитарные правила и нормы СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания", раздел "Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде питьевой систем централизованного, в том числе горячего, и нецентрализованного водоснабжения, воде подземных и поверхностных водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования, воде плавательных бассейнов, аквапарков"

**Нормативы качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативы предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения. Приложение к приказу Минсельхоза России от 13 декабря 2016 года N 552

Список методик

ПНДФ 30.1:2:3:117-2012 «Методика измерений массовых концентраций фенолов и хлорфенолов в питьевых и сточных водах методом хромато-масс-спектрометрии»

ПНД Ф 14.1:2:3:4.204-04 «Определение хлорорганических загрязнителей в питьевых, природных и сточных водах в диапазоне концентраций»

ГОСТ Р 54503-20 И (А) "Методы определения содержания полихлорированных бифенилов"

НДП 30.1:2:3.68-2009 "Методика измерений массовых концентраций органических соединений в питьевых, природных и сточных водах методом хромато-масс-спектрометрии"

ФР.1.31.2020.36324, №222.0244/RA.RU.311866/218 «Методика измерения массовых концентраций конгенов полихлорированных бифенилов в пробах поверхностных и глубинных вод озера Байкал методом хромато-масс-спектрометрии с детектированием в режиме мониторинга заданных реакций»

ГОСТ 32526-2013 «Диоксины. Определение содержания в питьевой воде методом иммуноферментного анализа.

ПНД Ф 14.1:2:4.251-08 Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений суммарного содержания полихлорированных дибензо-п-диоксинов и дибензофуранов в пересчете на 2,3,7,8-тетрахлордибензо-п-диоксин в пробах питьевых, поверхностных природных и очищенных сточных вод методом хромато-масс-спектрометрии.