г. Хачмаса в р. Кудиалчай качество воды данной реки резко ухудшается. Ниже источников загрязнения (г. Хачмас) в воде р. Кудиалчай содержание хлор-иона достигает 19 мг/л (при фоновом содержании для г. Хачмаса в 6–7 мг/л), сульфат-иона – до 150 мг/л (фоновое содержание 100–120 мг/л), а величина минерализации возрастает от 350–400 (фоновый створ) до 450–700 мг/л (в створе ниже сброса сточных вод).

Среди рек Нахичеванской АР наибольшему изменению гидрохимического режима подвержена р. Нахичеванчай. В нее за одни сутки сбрасывается около 47 тыс. $м^3$ неочищенных сточных вод. Это способствует заметному росту минерализации (на 20%) и содержания главных ионов (40–80%) в воде р. Нахичеванчай вниз по течению.

Таким образом, на территории Азербайджана антропогенные факторы оказывают значительное влияние на количественный и качественный состав речных вод, приводя к глубоким изменениям в гидрохимическом режиме исследуемых рек.

Заключение

1. Гидрохимический режим рек Азербайджана характеризуется: а) небольшими средними многолетними изменениями; б) тесными связями C = f(Q) для кальция, магния, гидрокарбонат-иона и минерализации, которые могут быть аппроксимированы уравнениями степенной и гиперболической зависимостей.

2. Изменения концентраций главных ионов трансформируются во времени в результате хозяйственной деятельности человека с середины – конца 60-х гг. При этом наблюдается уменьшение тесноты связей C = f(Q) и преобразование их вида.

3. Наибольшее увеличение концентрации (от 200 до 600%) наблюдается при этом для хлор- и сульфат-ионов, натрия и калия; минерализация воды возрастает на 25–55%. Значительно (в 9 раз) увеличивается также концентрация хлор- и сульфат-ионов, натрия и калия.

4. Для оценки антропогенного воздействия на концентрации главных ионов продолжительность наблюдений для рек исследуемого региона должна быть не менее 45–50 лет.

Литература

1. Абдуев М. А. Изменение гидрохимического режима горных рек Азербайджана под воздействием антропогенных факторов // III Междунар. науч. конф. «Восстановление нарушенных природных экосистем». Донецк, 2008. С. 30–33.

2. Абдуев М. А. Исследование ионного стока горных рек Азербайджана // Известия РГО. 2009.Т. 141, вып. 1. С. 72–76.

3. Абдуев М. А. Охрана от загрязнения трансграничных водных ресурсов Азербайджана // Материалы V Междунар. конф. «Стратегия качества в промышленности и образовании». Варна (Болгария), 2009. С. 9–12.

4. Гидрохимический бюллетень ГГМ по окружающей среде 1995–2008 гг.

5. Ежегодные данные о качестве поверхностных вод суши. 1950–1994 гг. Ч. 1: Реки.

ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ оз. ЧЕТЫРЕХВЕРСТНОГО

Н. В. Крутских, М. В. Кричевцова

Институт геологии КарНЦ РАН

Введение

Озеро Четырехверстное расположено на юго-восточной окраине г. Петрозаводска (61°47′ с. ш., 34°21′ в. д., абс. отм. 105 м), в пределах холмистой моренной равнины [3]. Питание озера осуществляется за счет атмосферных осадков, поверхностного стока и подземных вод; разгрузка происходит в ручей Каменный. Вопросы питания и разгрузки озера являются малоизученными и для гидрогеологов представляют значительный интерес. Озеро имеет неправильную овальную форму, слегка вытянутую с северо-запада на юго-восток. Максимальная длина озера примерно 650 м, наибольшая ширина около 270 м.

С северо-западной и юго-западной стороны озеро окружает небольшой лесной массив, пересекаемый с запада-юго-запада Октябрьской железной дорогой, с юго-восточной стороны проходит узкоколейная железная дорога. С северо-восточной стороны к озеру прилегает гражданская застройка. До 90-х гг. XX в. на северо-восточном берегу находилась фабрика валяльно-войлочного производства, длительное время все жидкие отходы этой фабрики поступали в озеро. В летнее время отмечается высокая антропогенная нагрузка на данную территорию в виде использования озера Четырехверстного и ручья Каменного для помывки автомобилей горожанами. Русло ручья практически по всему течению загрязнено ТБО.

В связи с высокой сорбционной способностью донные отложения могут рассматриваться как интегральный индикатор техногенной нагрузки на озеро и его водосбор. Они показывают среднее загрязнение за длительный промежуток. Химический состав донных отложений водных бассейнов играет существенную роль в определении состояния водных экосистем и здоровья человека [5].

Материалы и методы

С целью геоэкологической оценки состояния водоема по берегу озера и по течению вытекающего из него ручья Каменного были отобраны пробы воды и донных отложений для определения их микроэлементного состав. Пробы донных отложений отбирались в среднем на расстоянии одного метра от берега, по всему периметру озера. В исследованных образцах донных осадков отмечается преобладание илистого материала.

Лабораторные испытания проб воды и донных отложений на химический анализ проведены в аналитической лаборатории Института геологии КарНЦ РАН методом ICP-MS.

Результаты и обсуждение

Анализ химического состава поверхностных вод показал, что концентрация тяжелых металлов находится в пределах нормы и не превышает ПДК. Исключение составляет Mn и Fe, содержание которых в некоторых пробах составляют 1,2–1,8 ПДК, пространственно они относятся к северо-западной части озера.

По полученным данным микроэлементного состава отобранных проб донных отложений определен коэффициент опасности ($К_о$), который представляет собой отношение концентрации контролируемых веществ в донных отложениях к их ПДК (ГН 6229-91). Также установлен уровень загрязнения водоема каждым элементом в соответствии с его классом опасности [2]. Анализ полученных данных показал, что самыми распространенными загрязнителями являются As, Pb, Zn, Cu, Sb, Mn. Содержание этих элементов в донных отложениях превышает ПДК от 1 до 20,5 раза (табл. 1).

Таблица 1

Коэффициенты опасности химических элементов ($К_о$) в пробах оз. Четырехверстного

№ пробы	As	Pb	Zn	Cu	Sb	Mn
0	11,68	4,36	3,61	1,57	0,78	0,62
1	20,26	1,62	9,51	2,86	0,32	0,35
2	6,74	1,07	1,42	0,91	0,25	0,57
3	12,00	2,07	2,66	3,79	0,51	3,28
4	16,78	1,73	1,95	1,78	0,44	2,19
5	11,20	1,11	0,77	0,85	0,31	1,13
6	20,54	14,62	5,39	2,32	1,00	1,61
7	8,48	1,08	2,98	1,31	0,43	3,23
8	12,57	1,10	1,47	1,26	0,32	0,91
9	12,56	1,17	1,50	0,88	0,30	2,79
10	15,37	1,37	1,96	1,43	0,40	1,05
11	4,06	1,06	1,29	0,84	0,54	18,87
12	3,46	0,95	1,74	0,98	0,59	15,15
Среднее	11,98	2,56	2,79	1,6	0,48	3,98

Наиболее высокий уровень загрязнения выявлен среди элементов первого класса опасности (As, Pb, Zn) практически в каждой пробе для данных элементов $К_о > 1$ (табл. 2).

Таблица 2

Уровни загрязнения донных отложений для элементов разных классов опасности

Уровень загрязнения	1 класс опасности				2 класс опасности			3 класс опасности	
	$К_о$	As, кол-во проб	Pb, кол-во проб	Zn, кол-во проб	$К_о$	Cu, кол-во проб	Sb, кол-во проб	$К_о$	Cu, кол-во проб
Очень высокий	>3	13	2	3	>5	–	–	>10	2
Высокий	От 2 до 3	–	1	2	От 3 до 5	1	–	От 5 до 10	–
Средний	От 1,5 до 2	–	2	4	От 2 до 3	7	–	От 3 до 5	2
Низкий	От 1 до 1,5	–	7	4	От 1 до 2	–	1	От 1 до 3	5
Минимальный	<1	–	1	–	<1	5	12	<1	4

Самым распространенным загрязнителем донных отложений оз. Четырехверстного является мышьяк. Во всех пробах отмечается превышение по ПДК от 3 до 20,54 раза, что характеризует уровень загрязнения по данному элементу как «очень высокий» (рис. 1, a). Высокий уровень загрязнения ($К_о$ > 15) наблюдается в пробах, взятых с северо-западного, северо-восточного берега озера, вдоль которого находятся здания бывшего валяльно-войлочного комбината и жилые постройки. На остальных берегах озера $К_о$ варьирует от 10 до 15. Невысокий $К_о$ (от 3 до 5) отмечен в пробах, взятых из области питания (проба № 2) и области разгрузки (пробы № 7, 11). В пробах, взятых из ручья Каменного, концентрация As снижается с удаленностью от озера. Средние концентрации мышьяка в почвах в пределах г. Петрозаводска и прилегающих территорий составляют примерно 6,4 и являются повышенными относительно нормирующих показателей и кларковых значений. Это позволяет определить природный характер источников поступления мышьяка в объект исследования. Донные отложения озера являются локальным геохимическим барьером на пути миграции соединений мышьяка, что в значительной мере обусловлено высоким содержанием органического вещества, связывающим его в труднорастворимые формы.

Загрязнение донных отложений цинком относится к «высокому» уровню, так как средний $К_о$ по всем пробам равен 2,74. Наибольшая нагрузка приходится на северо-западный и северо-восточный берег озера, где в среднем уровень загрязнения характеризуется как «очень высокий» ($К_о$ = 3,62) (рис. 1, b). Высокий уровень содержания цинка в компонентах природной среды определяются его активной миграционной способностью.

Уровень загрязнения донных отложений по свинцу также относится к «высокому» (средний $К_о$ = 2). Наибольшие содержание свинца ($К_о$ от 2 до 14,6) приурочено к северо-северо-восточному (пробы № 0, 6) и северо-западному берегу (проба № 3) озера. Пробы на юго-западном, юго-восточном берегу, а также по течению ручья Каменного характеризуется «низким» уровнем загрязнения (рис. 1, c).

Из данных загрязняющих элементов, относящихся ко второму классу опасности (Cu, Sb), наибольший уровень загрязнения у меди. В большей части проб он отмечен значениями $К_о$ от 1 до 3,5, но в целом характеризуется как низкий (средний $К_о$ = 1,6). Высокие $К_о$ отмечаются в пробах на северном, северо-восточном (пробы № 0, 1, 6) и северо-западном берегу озера (№ 3) (рис. 2, a).

Загрязнение сурьмой на исследуемой территории в целом «минимальное» и имеет незначительное превышение только по одной пробе № 6, находящейся возле свалки отходов валяльно-войлочной фабрики (рис. 2, b).

Содержание марганца – элемента, относящегося к третьему классу опасности, – по оз. Четырехверстному характеризуется низким уровнем загрязнения (средний $К_0$ = 1,61) (рис. 3). Пробы, отобранные ниже по течению ручья Каменного, отмечаются высоким $К_о$, равным 18,8 и 15,1 (пробы № 11, 12), по уровню загрязнения относятся к «очень высокому».

В целом наибольшее загрязнение тяжелыми металлами по донным отложениям наблюдается по северо-западному берегу озера, вдоль которого расположены здания бывшей валяльно-войлочной фабрики и жилые застройки. Минимальный уровень загрязнения практически по всем элементам характерен для юго-западного, юго-восточного берега озера, окруженного лесным массивом.

В связи с поликомпонентностью зон техногенного загрязнения для их характеристики используется суммарный показатель загрязнения (Zc), рассчитываемый по формуле:

$$Zc = \sum Ko - (n-1),$$

где K_o – коэффициент опасности элемента в пробе, n – количество элементов, превышающих предельно допустимые значения [5].

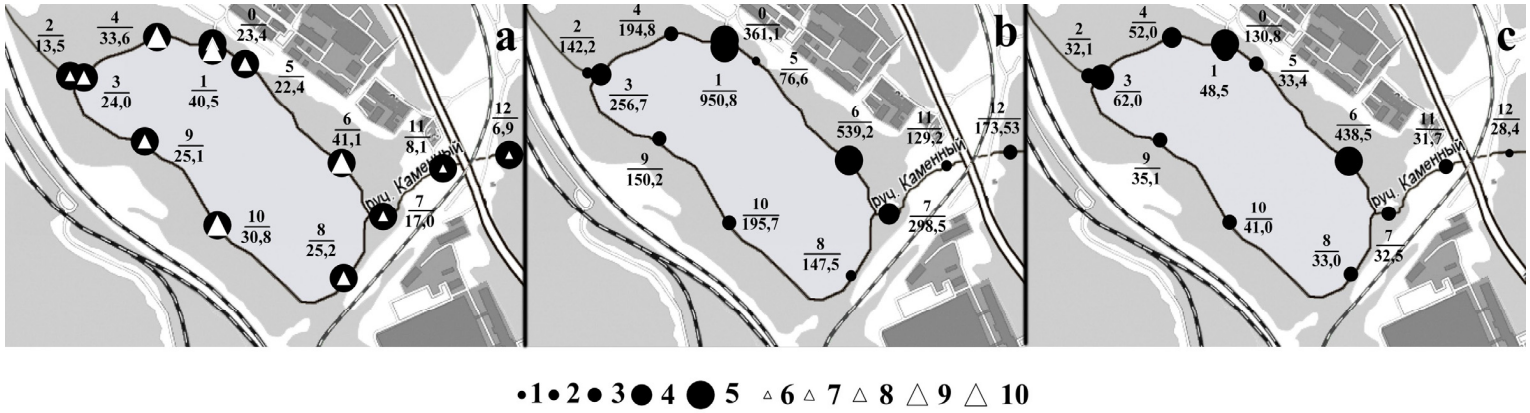

Рис. 1. Загрязнение донных отложений оз. Четырехверстного элементами первого класса опасности:

a – As, b – Pb, c – Zn. Уровни загрязнения: 1 – очень высокий, $K_o > 3$; 2 – высокий, $2 < K_o < 3$; 3 – средний, $1,5 < K_o < 2$; 4 – низкий, $1 < K_o < 1,5$; 5 – минимальный, $K_o < 1$; K_o для As: 6 – $3 < K_o < 5$; 7 – $5 < K_o < 10$; 8 – $10 < K_o < 15$; 9 – $15 < K_o < 20$; 10 – $K_o > 20$. Цифра в числителе – номер пробы, в знаменателе – содержание элемента в пробе, мг/кг

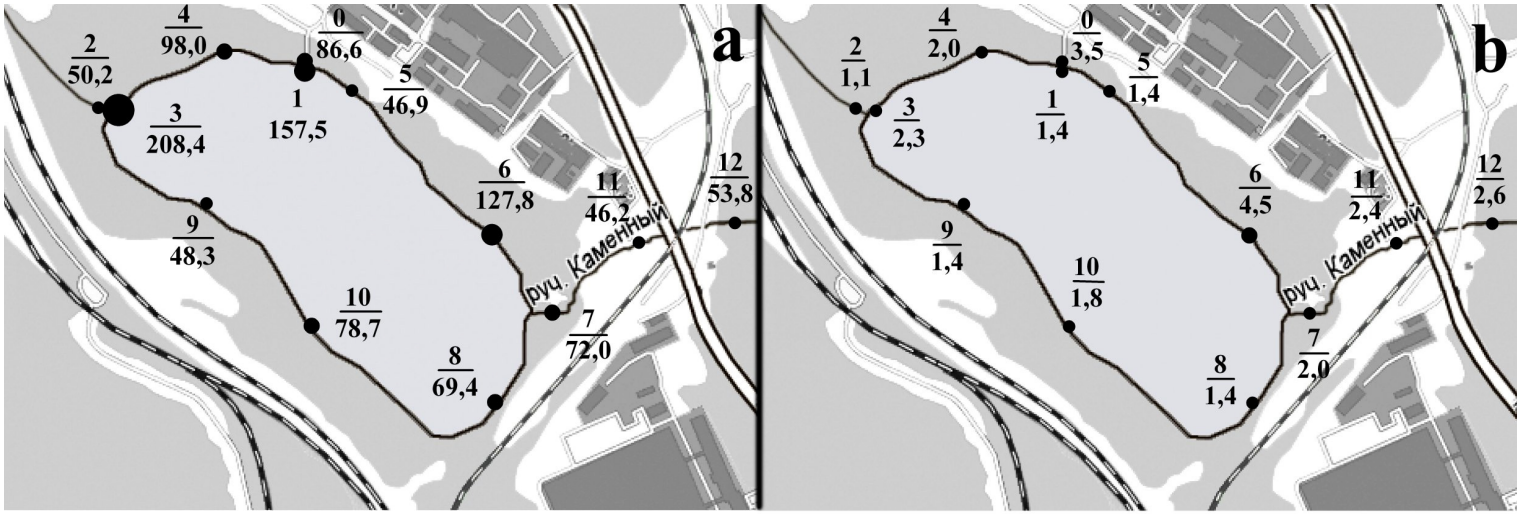

Рис. 2. Загрязнение донных отложений оз. Четырехверстного элементами второго класса опасности:

a – Cu, b – Sb. Уровни загрязнения: 1 – очень высокий, $K_o > 5$; 2 – высокий, $3 < K_o < 5$; 3 – средний, $2 < K_o < 3$; 4 – низкий, $1 < K_o < 2$; 5 – минимальный, $K_o < 1$. Цифра в числителе – номер пробы, в знаменателе – содержание элемента в пробе, мг/кг

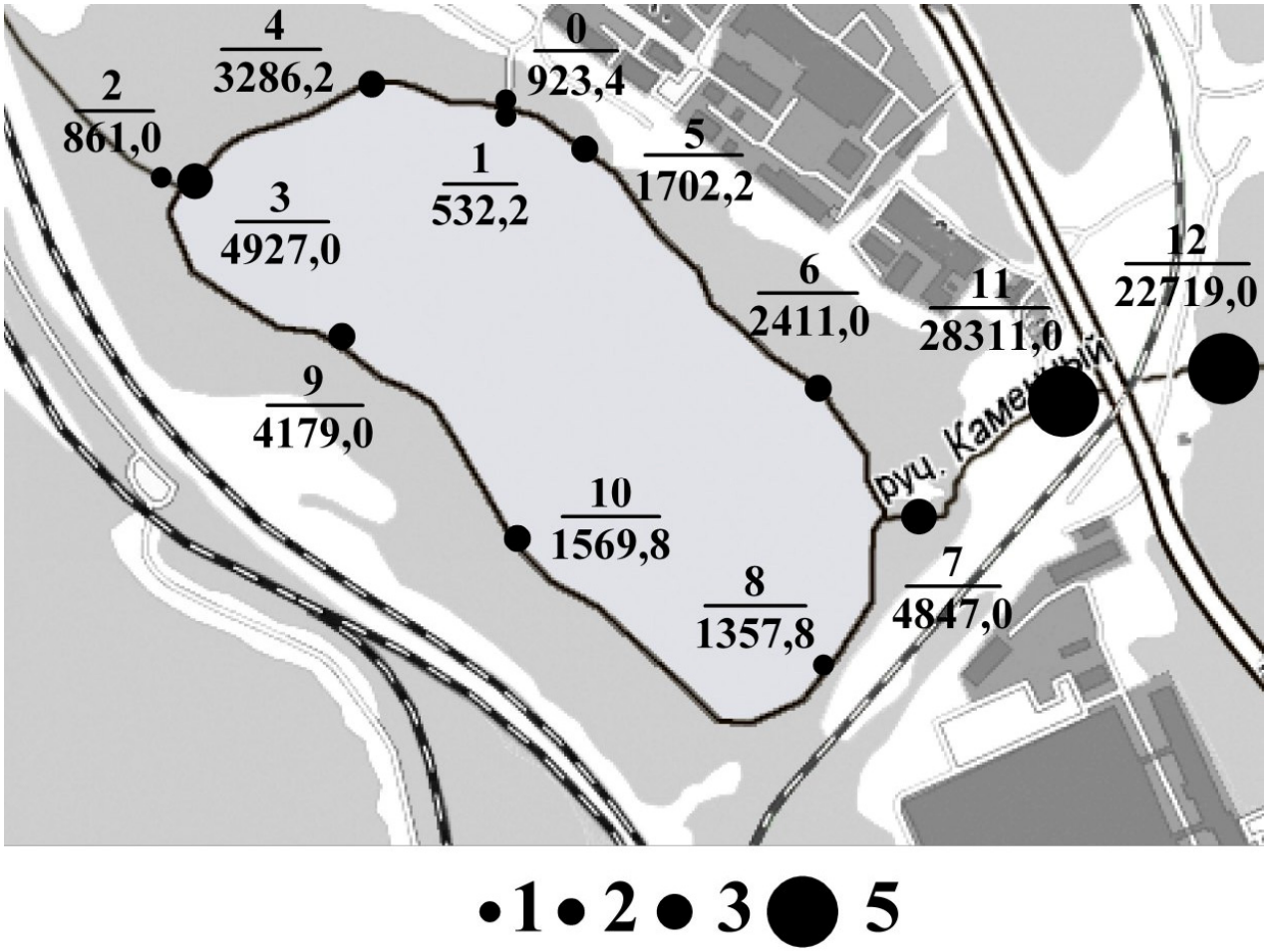

Рис. 3. Загрязнение донных отложений оз. Четырехверстного элементами третьего класса опасности:

уровни загрязнения: 1 – очень высокий, $K_o > 10$; 2 – высокий, $5 < K_o < 10$; 3 – средний, $3 < K_o < 5$; 4 – низкий, $1 < K_o < 3$; 5 – минимальный, $K_o < 1$. Цифра в числителе – номер пробы, в знаменателе – содержание элемента в пробе, мг/кг

Полученные значения сопоставлены с ориентировочно-оценочной шкалой опасности загрязнения почв по суммарному показателю загрязнения (МУ 2.1.7.730-99), в соответствии с которой опасной считается величина свыше 32 условных единиц (табл. 3).

Таблица 3

Оценка экологической обстановки по суммарному показателю загрязнения

Zc	Уровень загрязнения	Оценка экологической обстановки	Количество соответствующих проб
>8	Минимальный	Относительно удовлетворительная	1
От 8 до 16	Слабый		4
От 16 до 32	Средний	Напряженная	7
От 32 до 128	Высокий	Критическая	1
>128	Максимальный	Катастрофическая	–

Самый высокий суммарный показатель загрязнения, составляющий 40,48, отмечен в пробе № 6, взятой вблизи свалки твердых отходов фабрики валяльно-войлочного производства. Низкий суммарный показатель загрязнения, равный 7,23, в пробе № 2, взятой в ручье, питающем озеро. В большинстве отобранных проб суммарный показатель загрязнения варьирует от 16 до 32, что соответствует среднему уровню загрязнения и напряженной экологической обстановке. Средний показатель суммарного загрязнения донных отложений озера также находится в этих пределах и составляет 19,07.

Заключение

Загрязнение донных отложений оз. Четырехверстного, в основном, носит техногенный характер, связанный с близостью расположения бывших промышленных объектов, городской застройки, железнодорожного полотна. Однако загрязнение по As носит природный характер и связано с особенностями геологического строения и составом почвообразующих пород. Повышенные концентрации Mn, Zn, Pb, отмеченные, как правило, по течению ручья Каменного, свидетельствуют о влиянии автомобильной и железной дорог, пересекающих водоток.

Литература

1. ГН 6229-91 «Перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно допустимых количеств (ОДК) химических веществ в почве». М., 1991.
2. Головин А. А., Самаев С. Б., Соколов Л. С. Эколого-геохимическая оценка урбанизированных территорий // Прикладная геохимия. Вып. 7. М., 2008. С. 289–299.
3. Лаврова Н. Б. Некоторые особенности состава спорово-пыльцевых спектров позднеледниковых отложений Олонецкого плато // Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып. 9. Петрозаводск, 2006. С. 184.
4. МУ 2.1.7.730-99 «Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест», Минздрав России. М., 1999.
5. Экологические функции литосферы / В. Т. Трофимов, Д. Г. Зилинг, Т. А. Барабошкина и др.; Под ред. В. Т. Трофимова. М., 2000. 432 с.

ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ РАЙОНА КОСТОМУКШИ ПО КРАТНОСТИ РАЗБАВЛЕНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ ВОД

Н. Е. Кулакова

Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН

На сегодняшний день существует достаточно много подходов к оценке загрязненности водных объектов, ряд которых был ранее рассмотрен и практически применен к конкретному водному объекту – к системе р. Кенти [3]. Оценить состояние того или иного водоема также можно с использованием кратности разбавления сточных вод: $K_{разб}=\frac{C_{ст}-C_{фон}}{C_{набл}-C_{фон}}$, где $C_{ст}$ – концентрация приоритетного консервативного вещества в сточной воде, $C_{фон}$ и $C_{набл}$ – его фоновая и наблюдаемая концентрация в водном объекте.

С использованием этого показателя рассмотрено загрязнение системы р. Кенти, принимающей техногенные воды Костомукшского ГОКа (ОАО «Карельский окатыш»), характеризующиеся высоким содержанием минеральных веществ. Определенную сложность представляет выбор консервативных химических показателей, по которым возможен расчет. Для этих целей подходят только те компоненты, концентрация которых в сточных водах существенно отличается от их концентрации в природных водах.

Определение средневзвешенного состава техногенных вод

Ввиду того что концентрации калия и сульфатов в техногенных водах Костомукшского ГОКа значительно превышают природные (содержание калия в 300 раз, сульфатов – 100 раз), их можно считать приоритетными консервативными химическими показателями и по их содержанию судить о разбавлении техногенных вод в системе р. Кенти. Поскольку в систему поступает четыре вида техногенных вод, то прежде чем оценить их разбавление, необходимо определить их средневзвешенный состав (табл. 1) по формуле: $C_{ср} = \Sigma C_i \rho_i$, где C_i – концентрация компонента, ρ_i – доля водного притока.

С использованием данных по среднемноголетнему притоку в озера системы р. Кенти и по средневзвешенным концентрациям K^+ и SO_4^{2-} в техногенных водах (табл. 1) были рассчитаны концентрации этих компонентов в водоемах системы (табл. 2) по указанной выше формуле. Сравнение полученных результатов с натурными данными (табл. 2) показало хорошую сходи-