

ГОРНОПРОМЫШЛЕННАЯ ГЕОЛОГИЯ, ГИДРОЛОГИЯ И ГЕОЭКОЛОГИЯ

УДК 556.531.3; 556.11

DOI:10.7242/echo.2020.2.1

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ И МАСШТАБ ДИФфуЗНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЙМЕННЫХ ОЗЁР В РАЙОНЕ КИРОВО-ЧЕПЕЦКОГО ПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

Ю.С. Ляхин, А.В. Богомолов, А.П. Лепихин, А.А. Возняк
Горный институт УрО РАН, г. Пермь

Аннотация: Рассмотрены особенности формирования диффузного загрязнения р. Вятка в условиях промывки пойменных водоемов (карьеры, озера) в районе Кирово-Чепецкого промышленного комплекса. На основе двухэтапного натурного обследования оценен масштаб и интенсивность поступления азотсодержащих соединений в рассматриваемые водные объекты. Предложен ряд возможных мероприятий, направленных как на снижение диффузного стока, так и на обеспечение нормативного качества воды на основном питьевом водозаборе г. Киров.

Ключевые слова: диффузные источники, отложенное загрязнение, пойма реки Вятка, водозабор, город Киров.

Введение

В настоящее время для понятия «диффузное загрязнение водоемов» не существует однозначного определения. Как отмечено в [6], диффузное загрязнение водных объектов – сложнейший процесс, обусловленный совокупностью многих частных гидрологических и геохимических процессов на водосборах водных объектов. Отсутствие однозначного определения [6] связывается с тем, что не выявлена значимость тех или иных частных процессов в различные периоды гидрологического года, масштаб водосборов водных объектов, для качества воды которых влияние этого вида загрязнения существенно. При решении прикладных задач под диффузным загрязнением, как правило, понимают не декларируемые, не регламентируемые, не точечные (рассредоточенные) источники загрязнения.

Диффузное загрязнение поверхностных водных объектов, формируемое крупными промышленными комплексами, имеет ряд специфических особенностей. В первую очередь эти потоки характеризуются высокой удельной плотностью, при этом они могут формироваться не вследствие функционирования актуальных производственных процессов, а реализовываться как отложенное ранее накопленное загрязнение. Таким характерным примером является Кирово-Чепецкий промышленный комплекс, расположенный на реке Вятка. Источником значительного диффузного загрязнения, формируемого этим комплексом, является не его текущая производственная деятельность, а реализация ранее накопленного загрязнения. Актуальность рассматриваемой проблемы в значительной мере определяется тем, что непосредственно ниже данного производственного комплекса по р. Вятке располагается основной питьевой водозабор г. Кирова. При этом проблема устойчивого обеспечения водой гарантированного качества данного населенного пункта непосредственно связана с минимизацией диффузного загрязнения от рассматриваемого производственного комплекса. В то же время решение задачи минимизации диффузного загрязнения требует прежде всего параметризации, оценки его масштаба на основе непосредственных натурных измерений. Данные оценки в дальнейшем могут являться основой для калибровки математических моделей рассматриваемых процессов.

В настоящее время Кирово-Чепецкий промышленный комплекс представляет собой группу предприятий, крупнейшими из которых являются ООО «Завод полимеров КЧХК» и филиал «КЧХК» АО «ОХК «УРАЛХИМ». Это ведущие предприятия в России по выпуску широкого спектра полимеров (фторопласты, фторкаучуки и др.), минеральных удобрений, аммиачной селитры, фреонов и другой химической продукции, медицинских изделий. Данные градообразующие предприятия имеют общую продолжительную историю промышленного производства (до 2003 года ОАО «Кирово-Чепецкий химический комбинат»). Датой основания в то время единого предприятия считается 8 октября 1946 года, когда было принято решение о строительстве промышленного комплекса по атомной тематике и о создании производственных мощностей по выпуску химической продукции на основе хлора и фтора.

За весьма продолжительный период работы предприятий на прилегающей территории (пойма р. Вятки) было организовано несколько крупных объектов по размещению отходов, среди которых следует выделить: участок размещения отходов 3-4 классов опасности, трехсекционный шламонакопитель, хвостохранилище мела, объекты размещения радиоактивных отходов (федеральная собственность), полигон подземного захоронения промышленных сточных вод и др. [2]. До 1987 г. сточные воды отводились в поверхностные водные объекты, с 1987 г. и по настоящее время используется закачка в подземные горизонты (пласт-коллектор залегает на глубинах 1125-1287 м). Особенности формирования гидрохимического режима водных объектов и состояние природного комплекса в сложившихся условиях рассматривались ранее в отдельных работах [1, 5].

Главный объект водопользования в зоне влияния Кирово-Чепецкого промышленного комплекса – Корчемкинский водозабор на р. Вятке, являющийся основным источником питьевого водоснабжения г. Кирова. Проблема качества воды на данном водозаборе заключается в том, что в меженный период содержание основного лимитирующего загрязняющего ингредиента аммиака существенно ниже питьевых ПДК – 2 мг/л, а в период прохождения весеннего половодья концентрации аммиака резко увеличиваются до 2-4 ПДК (рис. 1).

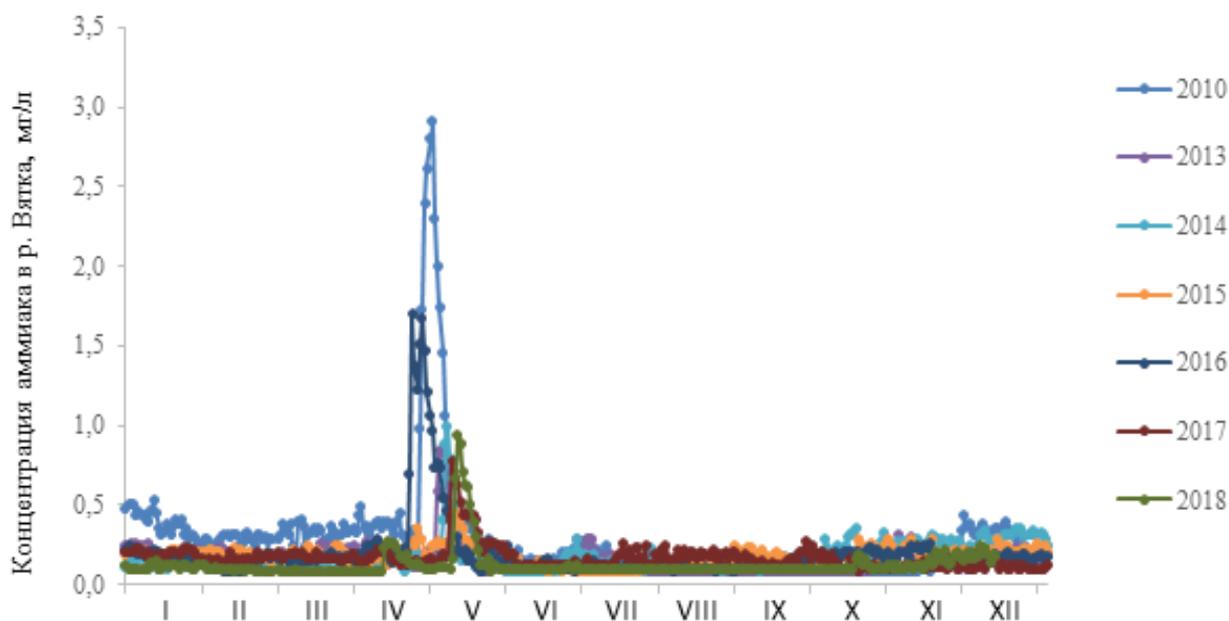


Рис. 1. Динамика содержания аммиака в воде р. Вятка в районе питьевого водозабора г. Кирова в отдельные годы

Источником загрязнения являются промываемые во время прохождения половодья водоемы, расположенные выше (около 20 км) на левобережной пойме р. Вятки. Пойменные водоемы, к которым относятся в данном случае карьеры и озера, выступают своеобразными накопителями загрязняющих веществ, а при прохождении достаточно высоких паводков (подъем уровня на 4,5-5 м) происходит их промывка и вынос накопленного загрязнения в р. Вятку (рис. 2). Различные модели промывки данных пойменных водоемов и формирования экстремально высоких уровней загрязнения р. Вятка в районе водозабора г. Кирова при прохождении высоких половодий рассматривалась ранее [3, 4].

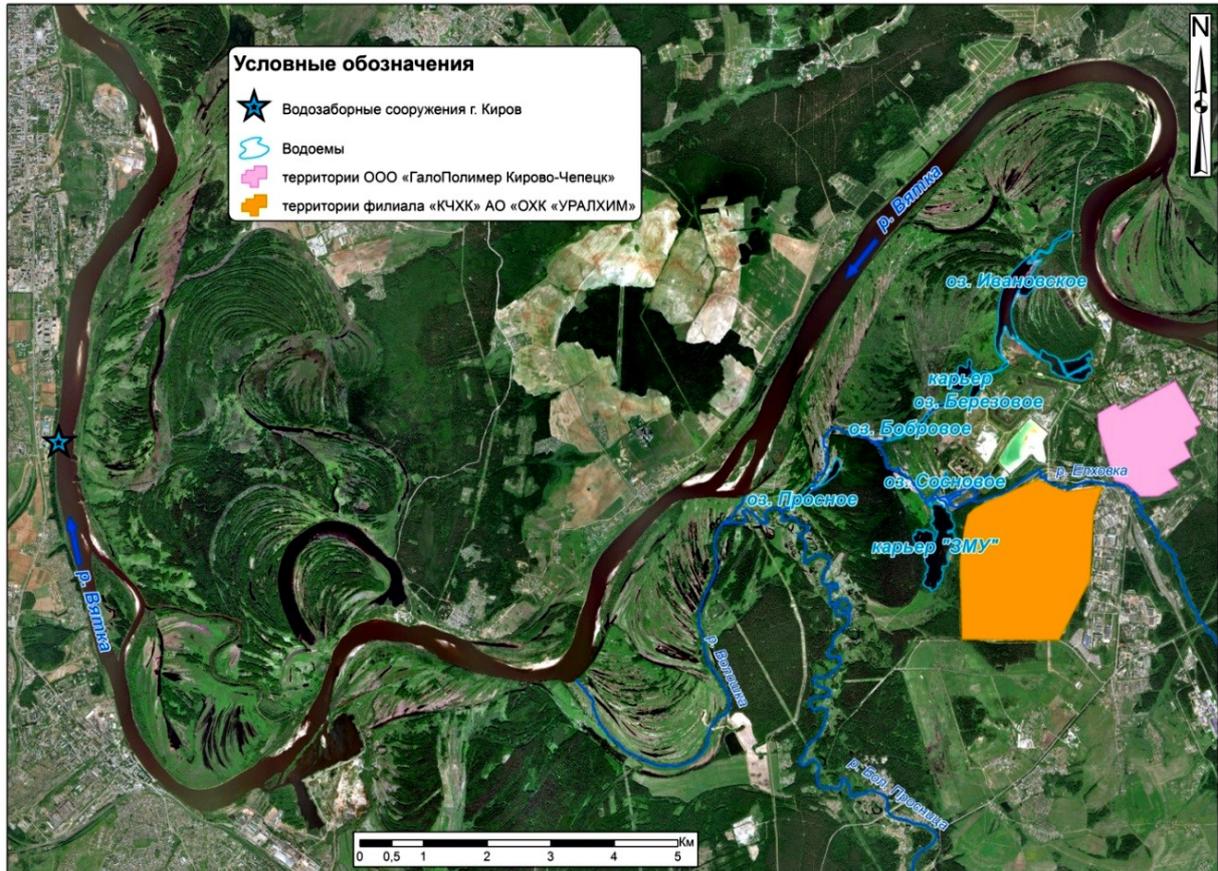


Рис. 2. Общая схема исследуемого участка р. Вятка в районе г. Кирова-Чепецк

Методы исследований

Натурное обследование в 2019 году было проведено на водных объектах, расположенных на пойме р. Вятки в районе г. Кирова-Чепецк. Изучение выполнялось в 2 этапа: в период зимней межени 4-6 марта и в период летней межени после прохождения весеннего половодья 25-27 июня 2019 года.

Цель работы заключалась в оценке масштабов неконтролируемых потоков диффузного загрязнения на поверхностные водные объекты поймы р. Вятка в районе Кирова-Чепецкого промузла.

Всего были исследованы 13 водных объектов:

- реки: Вятка, Просница, Елховка;
- озера: Березовое, карьер оз. Березового, Ивановское, Бобровое, Бобровое 2, оз. Без названия, Просное, Глухое, Охмайково, Сосновое.

Схема расположения водных объектов приведена на рисунке 3.

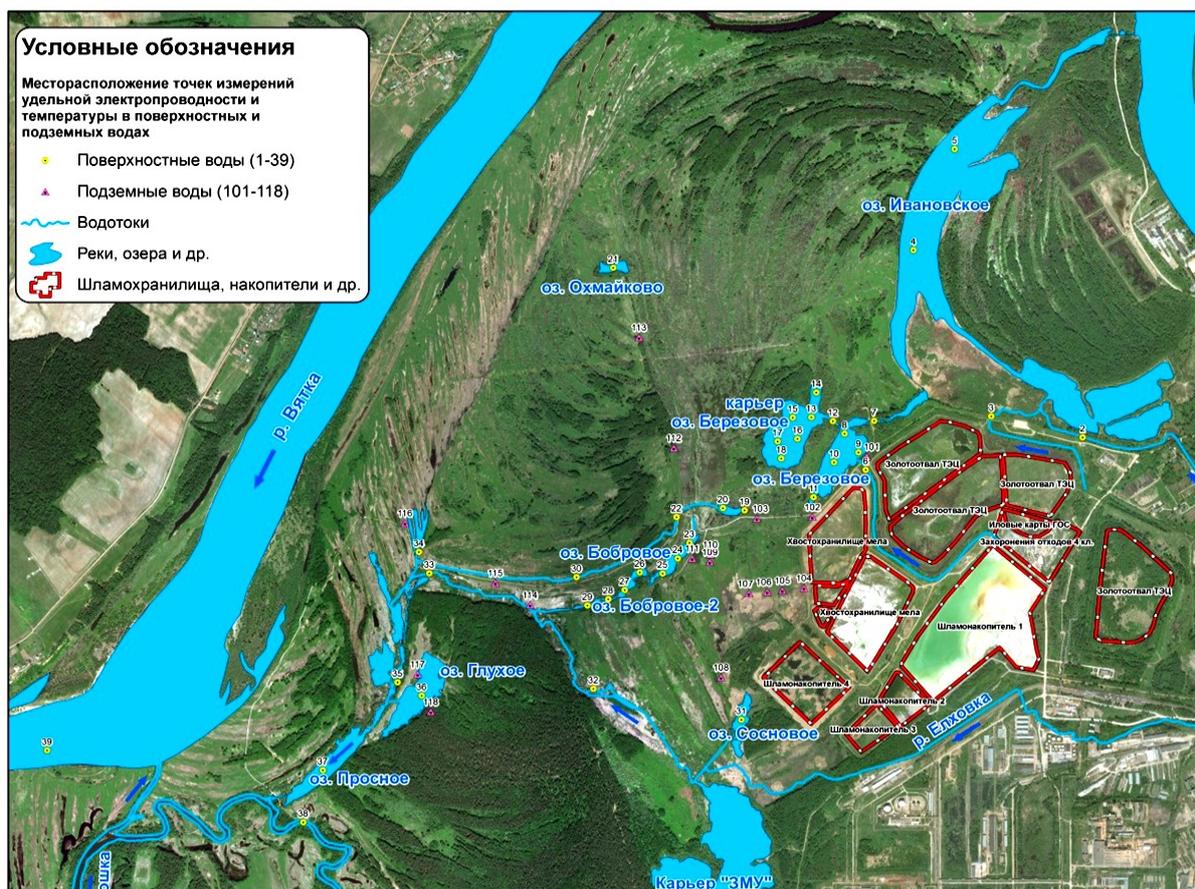


Рис. 3. Схема расположения обследуемых водных объектов

Комплекс полевых работ включал в себя топографо-геодезические и гидрологические работы.

Общая протяженность участка рекогносцировочного обследования по р. Вятке составила 15 км. Суммарная площадь пойменных озер ~ 31 га.

Для каждого водного объекта были выполнены работы по измерению удельной электропроводности с использованием профессионального полевого кондуктометра с совмещенным датчиком на кабеле (25 м) WTW ProfiLineCond 1970i.

Данные измерения позволили определить наиболее загрязненные участки и горизонты в водных объектах, с которых в дальнейшем были отобраны пробы на химический анализ. На основе химического анализа были оценены концентрации следующих компонентов: сухой остаток, сульфаты, хлориды, кальций, гидрокарбонаты, азот аммонийный, нитраты, нитриты. Характерной особенностью распределения компонентов в рассматриваемых пойменных водоемах является значительная вертикальная неоднородность распределения (рис. 4-5). Это связано с рядом факторов: разгрузкой минерализованных подземных вод, малой проточностью (водообменом) в течение большей части года, слабым перемешиванием за счет ветрового воздействия (сильное зарастание берегов) и др.

Промерные работы выполнялись согласно требованиям соответствующих нормативных документов для масштаба 1:5000. По их результатам были определены основные морфометрические параметры наиболее крупных и загрязненных водоемов, необходимые для дальнейших оценок по накоплению загрязняющих веществ (табл. 1).

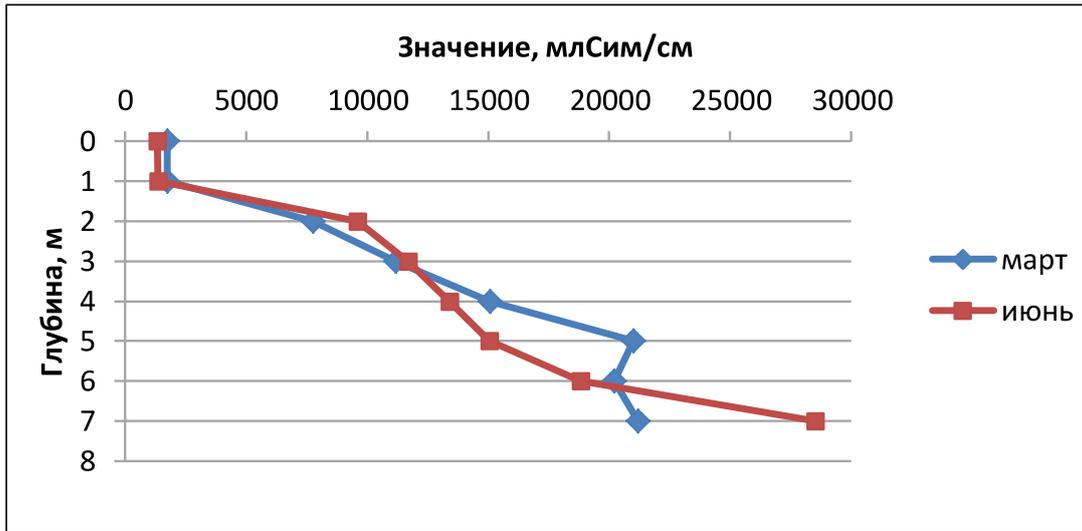


Рис. 4. Распределение удельной электропроводности по глубине оз. Березовое

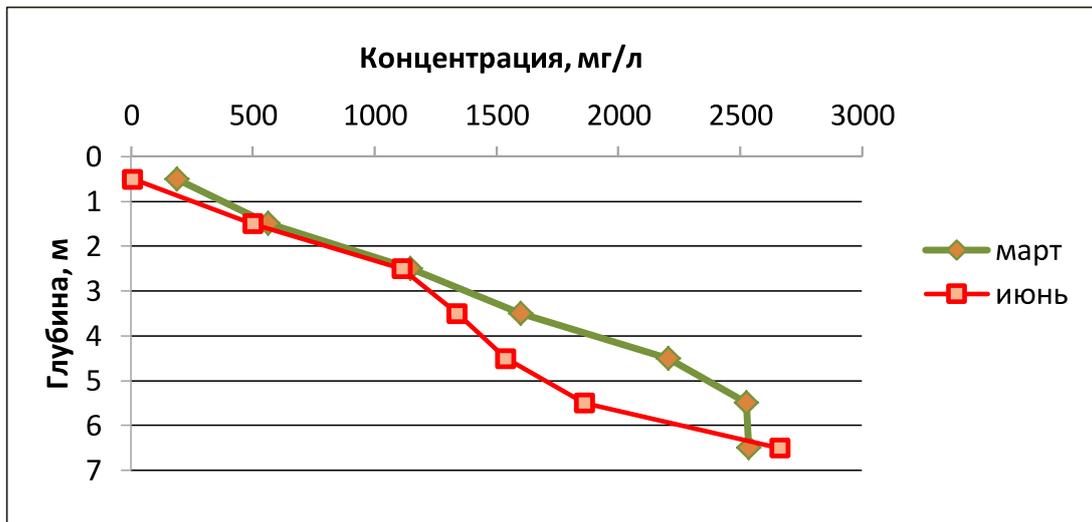


Рис. 5. Распределение содержания азота аммонийного по глубине оз. Березовое

Таблица 1

Основные морфометрические параметры
обследованных пойменных озер

Параметр	Водный объект				
	карьер озера Березовое	озеро Березовое	озеро Без названия	озеро Бобровое 1	озеро Бобровое 2
Площадь, га	8,76	6,37	0,86	1,52	0,98
Объем воды, тыс. м ³	485	256	6,46	48,1	31,3
Средняя глубина, м	5,53	4,02	0,75	3,17	3,19
Отметка уреза, м БС	108,75	108,73	108,92	109,0	109,03

По результатам полевого обследования были получены распределения удельной электропроводности по глубине и акватории водных объектов, изменения концентраций химических элементов по глубине, а так же площади и объемы озер и карьера (табл. 2).

Результаты

Используя полученные данные наблюдений, на основе балансовых оценок выполнен анализ интенсивности потоков диффузного загрязнения. Как следует из данных таблицы 2, изменение химического режима пойменных водоемов происходит неоднородно, в части озер содержание ряда ингредиентов уменьшается, в других увеличивается. Так как некоторые озера сообщаются друг с другом, общее накопление загрязняющих веществ рассчитывалось как алгебраическая сумма (с учетом отрицательных значений). В результате получилось, что за 112 дней, которые прошли между этапами работы в марте и в июне 2019 г., в озерах накопилось более 1000 т азота аммонийного, более 500 т нитратов и около 12 т нитритов. Здесь нужно учитывать тот факт, что в водоеме происходит постоянная трансформация рассматриваемых соединений азотной группы под воздействием биохимических и физико-химических процессов. Поэтому полученные результаты по суммарному накоплению (~1600 т) и интенсивности (~ 14 т/сут), следует рассматривать как общую оценку масштаба диффузии соединений азота с учетом того, что никаких промышленных сбросов в эти водные объекты не производится.

Таблица 2

Концентрация, интенсивность поступления и масса
загрязняющих веществ (азотная группа)
в исследуемых водных объектах в 2019 году

Водный объект	Месяц	Азот аммонийный		Нитрат-ион		Нитрит-ион	
		Масса, т	Ср. концентр., мг/л	Масса, т	Ср. концентр., мг/л	Масса, т	Ср. концентр., мг/л
<i>оз. Березовое</i>	март	275	1072	462	1805	2,22	8,67
	июнь	217	847	590	2305	2,14	8,35
	Δ	-58		128		-0,08	
<i>Карьер оз. Березовое</i>	март	294	607	1933	3989	0,75	1,54
	июнь	1395	2879	1160	2394	10,1	20,8
	Δ	1101		-773		9,4	
<i>оз. Бобровое-1</i>	март	292	6078	428	8902	0,16	3,40
	июнь	360	7489	1591	33076	2,39	49,6
	Δ	68		1163		2,2	
<i>оз. Бобровое-2</i>	март	1,9	62	42	1329	0,20	6,43
	июнь	23	719	45	1439	0,24	7,55
	Δ	21		3		0,04	
<i>оз. Без названия</i>	март	51	7844	17	2556	0,03	3,92
	июнь	1,02	158	4,4	679	0,03	4,1
	Δ	-50		-12		0,001	
Накопление общее, т		1082		509		12	
Интенсивность, т/сут		9,7		4,5		0,1	

В связи с тем, что в 2019 году во время прохождения весеннего половодья не наблюдалось затопления поймы р. Вятки, в пойменных озерах не произошло замещения водной массы (промывки). В период летней межени концентрации азота аммонийного, нитратов и нитритов в целом возросли. В то же время необходимо подчеркнуть, что, как показали результаты полевых исследований, не наблюдалось статистически значимого увеличения содержания загрязняющих веществ на участке р. Вятка в пределах Кирово-Чепецкого промышленного комплекса.

Полученные оценки достаточно объективно характеризуют масштабы потоков диффузного загрязнения, формируемых в рассматриваемом промышленном узле.

Приведенные оценки масштаба и интенсивности диффузного загрязнения пойменных озер соединениями азота доказывают необходимость в выработке мероприятий, направленных на снижение данного неконтролируемого воздействия. В качестве принципиальных мер могут рассматриваться следующие.

1. Промывка пойменных озер. Организация регулируемого сброса в р. Вятку в зависимости от гидрологического и гидрохимического режимов приемника сточных вод.
2. Закачки загрязненных вод в подземные горизонты:
 - 2а) закачки в подземные горизонты загрязненных вод из пойменных озер;
 - 2б) закачки в подземные горизонты загрязненных вод из накопителей отходов.
3. Поиск новых источников питьевого водоснабжения г. Кирова.
4. Организация противотрационных экранов между объектами накопления и р. Вяткой.
5. Комбинированный подход, то есть использование одновременно нескольких из выше перечисленных схем.

В настоящее время и в обозримой перспективе решение вопроса утилизации жидких отходов возможно только на основе комплексного подхода, включающего в себя как регулируемое отведение в поверхностные водные объекты, так и безопасную закачку в подземные горизонты.

Заключение

Диффузное загрязнение поверхностных водных объектов, формируемое крупными промышленными комплексами, имеет ряд специфических особенностей. В первую очередь эти потоки характеризуются высокой удельной плотностью, при этом они могут формироваться не вследствие функционирования актуальных производственных процессов, а реализовываться как отложенное ранее накопленное загрязнение. Такими особенностями характеризуется влияние Кирово-Чепецкого промышленного комплекса на р. Вятку и пойменные озёра.

Основную угрозу качеству воды р. Вятка, как основного источника питьевого водоснабжения г. Киров, представляет накапливаемое в результате фильтрационных разгрузок в пойменные водоемы загрязнение, поступающее в водоток в результате промывки при прохождении высоких половодий.

Оценена на основе натурных измерений суммарная интенсивность накопления загрязняющих веществ в пойменных водоемах. По соединениям азота она ~ 14 т/сут.

Предложен и проанализирован ряд мероприятий по минимизации воздействия данного диффузного загрязнения на р. Вятку и повышению устойчивости функционирования источника питьевого водоснабжения г. Кирова.

*Статья составлена в рамках выполнения работ по государственной теме
№ 0422-2019-0149-С-01.*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ашихмина Т.Я., Дабах Е.В., Кантор Г.Я., Лемешко А.П., Скугорова С.Г., Адамович Т.А. Изучение состояния природного комплекса в зоне влияния Кирово-Чепецкого химического комбината // Теоретическая и прикладная экология. – 2010. – № 3. – С. 18-26.
2. Отчет по результатам комплексной оценки влияния хозяйственной деятельности ОАО «КЧХК» и прилегающей к нему площади водосбора на режим формирования качества и количества стоков: в 3 т. / Дружинин Г.В., Лемешко А.П., Нечаев В.А., Хитрин С.В.; ООО «Геосервис». – Киров, 2006. – Т. 1. – С.
3. Кантор Г.Я., Ашихмина Т.Я. Моделирование весеннего паводка в пойме р. Вятка на территории размещения объектов Кирово-Чепецкого отделения ФГУП «РосРАО» // Теоретическая и прикладная экология. – 2014. – № 3. – С. 29-35.
4. Лепихин А.П., Любимова Т.П., Ляхин Ю.С., Тиунов А.А., Богомолов А.В., Перепелица Д.И., Паршакова Я.Н. Гидродинамическое моделирование реки Вятки в среднем течении: постановка задачи, результаты расчетов // Водное хоз-во России: проблемы, технологии, управление. – 2013. – № 3. – С. 16-32.
5. Лепихин А.П., Ляхин Ю.С. Влияние «отложенных» загрязнений на формирование гидрохимического режима водных объектов (на примере промышленного комплекса г. Кирово-Чепецк) / А.П. Лепихин, Ю.С. Ляхин // Водное хоз-во России: проблемы, технологии, управление. – 2011. – № 3. – С. 59-69.
6. Ясинский С.В., Веницианов Е.В., Вишневская И.А. Диффузное загрязнение водных объектов и оценка выноса биогенных элементов при различных сценариях землепользования на водосборе // Водные ресурсы. – 2019. – Т. 46, № 2. – С. 232-244. DOI: 10.31857/S0321-0596462232-244.

УДК 069.014

DOI:10.7242/echo.2020.2.2

ГИПС В КОЛЛЕКЦИЯХ И ЭКСПОЗИЦИИ МУЗЕЯ КАРСТА И СПЕЛЕОЛОГИИ ГОРНОГО ИНСТИТУТА УрО РАН

Д.В. Наумкин

Горный институт УрО РАН, г. Пермь

Аннотация: В статье рассказывается о коллекции гипса в музее карста и спелеологии ГИ УрО РАН. Поскольку город Кунгур расположен в зоне интенсивного развития сульфатного карста, гипс занимает особое место в его собрании каменного материала. Всего в настоящее время на музейный учет поставлено 405 единиц хранения гипса, более половины из которых – 220 единиц хранения – представлены образцами из гипсовых пещер. Основные источники поступления – пещеры трех наиболее известных регионов с развитием сульфатного карста: Пермского Предуралья (121 образец из 12 пещер, в т.ч. 90 образцов – из Кунгурской ледяной пещеры); Архангельской области (50 образцов из 7 пещер); Подолии (19 образцов из 5 пещер, включая длиннейшую гипсовую пещеру планеты – Оптимистическую). Остальные гипсовые пещеры представлены единичными образцами. Их география – Россия, Казахстан, Абхазия, Италия, Мексика, Польша и Индия. Остальной объем гипса приходится на образцы, взятые из обнажений, карьеров и рудников из 15 регионов России и 10 иностранных государств. В музее образцы гипса представлены в составе минералогической коллекции и в постоянной экспозиции, наиболее полно характеризуют разделы, посвященные гипсовым пещерам мира и Кунгурской ледяной пещере.

Ключевые слова: музей карста и спелеологии, коллекция гипса, сульфатный карст, гипсовые пещеры, Подолия, Пинево-Кулойское плато, Кунгурская ледяная пещера.

На протяжении веков (от Теофраста и Плиния) по научным трактатам кочевала формула: «Сородное извести вещество есть гипс». Он веками оставался «известной землей», и лишь в 1746 г. немец И. Потт впервые доказал, что гипс (водный сульфат кальция $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) и известь (карбонат кальция CaCO_3) – это разные минералы. В юго-восточной части Пермского края гипс широко распространен и как основной слагающий элемент земной коры, и как минеральное сырье. Город Кунгур расположен в зоне интенсивного развития сульфатного карста. В Кунгурском и прилегающих к нему соседних административных районах насчитывается более сотни гипсовых пещер, многочисленные береговые гипсовые обнажения, здесь сосредоточены и крупные дей-