

13. **Самойлова Г. С.** Ландшафтная структура физико-географических регионов Горного Алтая // Вопросы географии. — М.: Мысль, 1982. — Сб. 121. — С. 154–164.
14. **Алтай.** Республика Алтай. Природно-ресурсный потенциал / Под ред. А. М. Маринина. — Горно-Алтайск: РИО Горно-Алт. ун-та, 2005. — 336 с.
15. **Ландшафтное** планирование: принципы, методы, европейский и российский опыт. — Иркутск: Изд-во Ин-та географии СО РАН, 2002. — 141 с.
16. **Самойлова Г. С.** Ландшафтная карта Кош-Агачского района Республики Алтай. М-б 1:300 000 // Оценка местообитаний некоторых ключевых видов млекопитающих в Алтае-Хангае-Саянском регионе с помощью специализированной геоинформационной системы. — М.: Рос. представительство WWF, 2005.
17. **Сухова М. Г., Русанов В. И.** Климаты ландшафтов Горного Алтая и их оценка для жизнедеятельности человека. — Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2004. — 150 с.
18. **Малков Ю. П., Шитов А. В.** Териогеографический атлас Юго-Восточной Алтайской ландшафтной провинции. — Горно-Алтайск: РИО Горно-Алт. ун-та, 2004. — 95 с.

*Поступила в редакцию 4 февраля 2011 г.*

УДК 551.576.1

**Е. В. ЧИПАНИНА, И. В. ТОМБЕРГ, И. И. МАРИНАЙТЕ, Л. М. СОРОКОВИКОВА**

Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск

### **ВЛИЯНИЕ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ГОРОДА ШЕЛЕХОВА НА ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ РЕКИ ОЛХИ**

*Рассмотрен гидрохимический режим р. Олхи, водосборный бассейн которой последние 60 лет находится под интенсивной антропогенной нагрузкой Шелеховского промузла. Выделены участки реки с различными условиями формирования химического состава воды. Представлены данные по содержанию компонентов-трассеров промышленного загрязнения (фториды, сульфаты, полиароматические соединения) в почвах района, воде и донных осадках р. Олхи.*

Ключевые слова: гидрохимический режим, антропогенное воздействие, сульфаты, фториды, полиароматические соединения.

*We examine the hydrochemical regime of the Olkha river, the drainage basin of which has been under intense anthropogenic pressure from the Shelekhov industrial complex over the last 60 years. The study identified sections of the river with different formation conditions for chemical water composition. We present the data on contents of industrial pollution tracer components (fluorides, sulfates, and polyaromatic compounds) in the soils across the area, the water and bottom sediments of the Olkha river.*

Keywords: hydrochemical regime, anthropogenic impact, sulfates, fluorides, polyaromatic compounds.

Южное Прибайкалье — один из наиболее развитых в промышленном отношении районов Иркутской области. На его территории расположены крупные топливно-энергетические комплексы, предприятия нефтехимической и алюминиевой промышленности, являющиеся источниками поступления в окружающую среду различных загрязняющих веществ.

В настоящее время в сфере охраны и рационального природопользования наиболее приоритетны современные методы, которые базируются на системном анализе путей движения, трансформации и количественной оценке веществ-индикаторов от исходного сырья до конечного продукта, включая выбросы в атмосферу и сброс сточных вод в водотоки и водоемы. Цель данной работы — изучить гидрохимический режим р. Олхи и оценить влияние Шелеховского промузла на загрязнение объектов окружающей среды в ее бассейне.

#### **ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТА ИССЛЕДОВАНИЯ**

Исследования выполнены в бассейне р. Олхи, протекающей по юго-западной части Иркутско-Черемховской равнины. Олха — горная река с небольшим водосбором (590 км<sup>2</sup>). На территории бассейна преобладают серые лесные, дерново-карбонатные, луговые и болотные почвы. Особенностью

© 2011 **Чипанина Е. В.** (yelena@lin.irk.ru), **Томберг И. В.** (kaktus@lin.irk.ru), **Маринайте И. И.** (marin@lin.irk.ru), **Сороковикова Л. М.** (lara@lin.irk.ru)



Рис. 1. Схема отбора проб в бассейне р. Олхи.

1 — основные пункты отбора проб почв, воды и донных отложений; 2 — дополнительные пункты отбора в июне 2009 г.

района является инверсионное распределение температуры в нижнем слое атмосферы, преимущественно в зимний период, что увеличивает долю штилей, препятствует самоочищению воздуха и способствует накоплению загрязняющих компонентов в пределах водосбора. В регионе преобладают северо-западные и юго-восточные ветры [1].

В бассейне р. Олхи, в 20 км к юго-западу от г. Иркутска и в 65 км к северо-западу от оз. Байкал расположен г. Шелехов. Производственная и жилая зоны города находятся на относительно ровной местности вне влияния крупных водоемов, что не способствует усилению местной циркуляции. Основные источники антропогенных выбросов (до 95 %) в городе — это алюминиевый завод (ИрКАЗ) и крупная ТЭЦ. Выбросы и сточные воды этих предприятий обогащены специфическими химическими компонентами: сульфатами, фторидами и полициклическими ароматическими углеводородами (ПАУ) [2], которые нами использованы в качестве трассеров промышленного загрязнения объектов окружающей среды.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Комплексные исследования в бассейне р. Олхи проводились с мая 2008 г. по октябрь 2009 г. (всего 10 съемок). Пробы отбирались в четырех пунктах (рис. 1). В пределах каждого пункта отобраны и проанализированы пробы почв, поверхностных вод и донных отложений. Кроме того, в июне 2009 г. до-

полнительно отобраны пробы воды из двух левых притоков р. Олхи (см. рис. 1, руч. 1 и 2) и двух самоизливающихся минеральных скважин (см. рис. 1, скв. 1 и 2), а также на участках выше и ниже впадения этих водотоков в Олху.

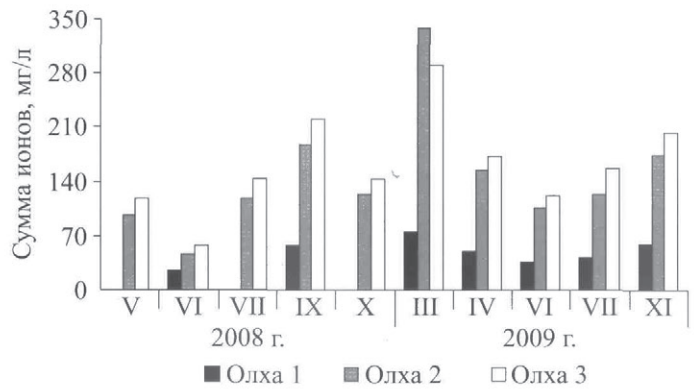
Химический анализ проб воды выполнялся по общепринятым в гидрохимии пресных вод методам [3–5]. Подготовку проб для анализа ПАУ в воде проводили по методике [6], в почве и донных отложениях — по методике [7]. Содержание ПАУ в экстрактах анализировали методом хромато-масс-спектрометрии [8]. Фтор растворимый определяли ионоселективным методом с помощью фторид-электрода (Элит-221) [9].

#### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

**Химический состав воды р. Олхи.** Полученные результаты показали, что концентрации главных ионов в речных водах изменяются в широких пределах, как в сезонном аспекте, так и по длине реки. Минимальные значения наблюдали во время затяжных дождей в июне, максимальные — в подледный период (рис. 2). По длине реки наиболее низкие концентрации компонентов зарегистрированы в верхнем течении, на Олхинском плато (см. рис. 1, Олха 1). Сумма ионов здесь в течение года изменялась от 25 до 75 мг/л (см. рис. 2), что типично для горных рек региона [10]. По составу главных ионов вода относится к гидрокарбонатному классу, группе кальция (рис. 3).

Ниже по долине в русло реки поступают воды минеральных источников и ручьев (табл. 1). Воды исследованных ручьев, как и р. Олхи, по составу ионов относятся к гидрокарбонатному классу, группе кальция. Однако концентрации ионов в воде ручьев были в три-пять раз выше таковых в воде Олхи. Минерализация воды исследованных источников (см. рис. 2, скв. 1 и 2) колебалась от 460 до 1785 мг/л; по составу ионов воды относятся к гидрокарбонатно-кальциево-магниевым или сульфатно-хлоридно-кальциевым с высоким содержанием натрия и магния. Поступающие высокоминерализо-

Рис. 2. Сезонная динамика суммы ионов в воде р. Олхи.



ванные воды ручьев и минеральных источников повышают концентрации главных ионов в воде р. Олхи в два-четыре раза по сравнению с фоновой. Их сумма на этом участке в сезонном аспекте 2008–2009 гг. изменялась от 50 до 340 мг/л. В воде увеличилось относительное содержание ионов магния и сульфатов (см. рис. 3), однако состав вод, как и на верхнем участке (Олха 1), соответствовал гидрокарбонатному классу, группе кальция.

Ниже по течению в реку поступают дренажные воды от золоотвала. Сумма ионов в них составляет 560 мг/л. Воды характеризуются высоким содержанием сульфатов (до 35 %-экв) и кальция (до 38 %-экв), обогащены фторидами, хлоридами, аммонийным азотом, что обусловило загрязнение этими компонентами нижнего участка реки и изменения в относительном составе главных ионов речных вод (см. рис. 3, Олха 3).

Содержание биогенных элементов в воде реки зависит как от гидрологической ситуации, так и от поступления этих компонентов в реку с промышленными и бытовыми стоками. В сезонном аспекте максимальные концентрации аммонийного и нитритного азота, а также минерального фосфора наблюдались во время половодья и летних паводков (рис. 4), что обусловлено их поступлением с территории водосбора, так как по берегам Олхи от пос. Ханчин до устья расположены многочисленные садоводческие участки. Максимальное содержание нитратного азота отмечено в осенне-зимний период (0,35–1,66 мг N/л), минимальное (0,01–0,03 мг N/л) — в мае–июле. Концентрации кремния в основном зависят от изменений водного стока: при повышении расходов концентрации снижаются.

Таблица 1

Содержание ионов (мг/л) в воде р. Олхи, ручьев и минеральных источников, июнь 2009 г.

Место отбора проб	$\text{HCO}_3^-$	$\text{Cl}^-$	$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$	$\text{Na}^+$	$\text{K}^+$	$\Sigma$ ионов
Олха 1	29,3	0,9	2,3	5,9	1,6	2,5	0,5	43,0
Ручей 1	249,5	0,3	3,4	46,8	24	0,8	0,5	325,3
Ручей 2	297,7	33,7	89,7	72,5	21	53	1,4	569
Скважина 1	294	1,2	50,5	76,3	33	4,7	1,0	460,7
Скважина 2	259,9	352,7	597,3	287,0	90	194	4,2	1785,1
Олха 2	83,0	1,6	9,4	19,2	7,1	2,7	0,6	123,6
Ручей золоотвала	147,0	21,3	264,6	110	23	22,3	2,4	590,6
Олха 3	101,3	4,1	13,7	22,7	8,7	4,9	0,7	156,1

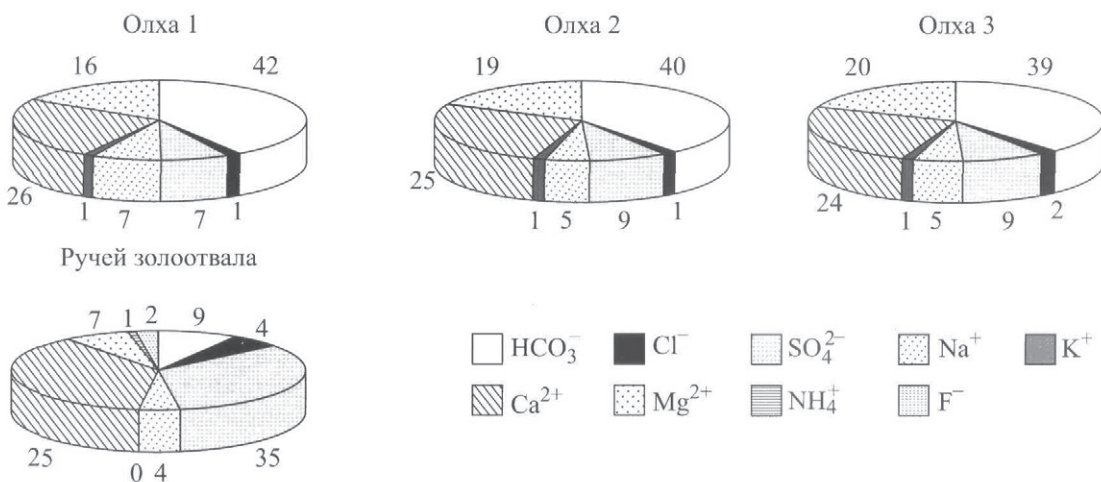


Рис. 3. Относительный состав вод р. Олхи и дренажного ручья с золоотвала ТЭЦ.

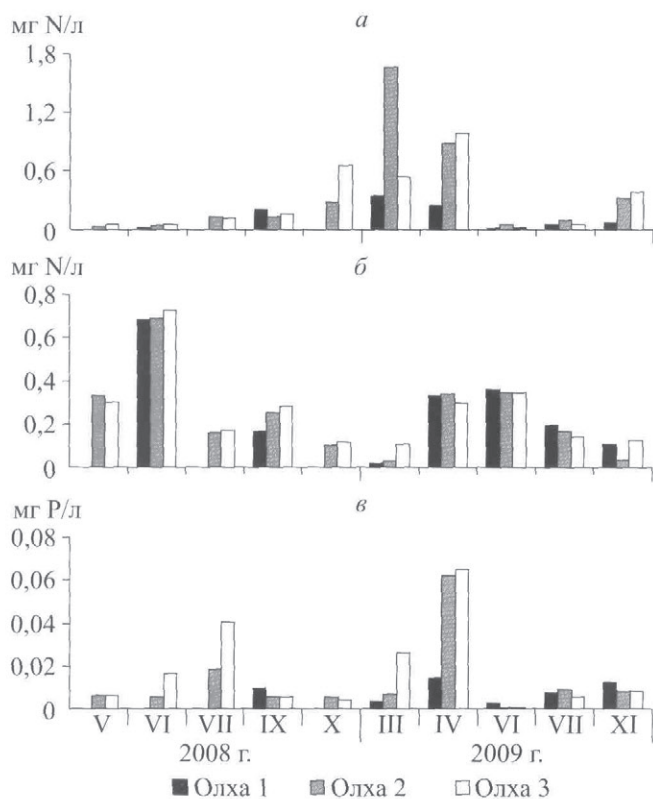


Рис. 4. Динамика концентраций нитратного (а) и аммонийного (б) азота и минерального фосфора (в) в воде р. Олхи.

Установлено, что только на верхнем участке реки (Олха 1) сезонные изменения концентраций биогенных элементов характерны для чистых водотоков, ниже по течению их формирование определяется антропогенными факторами. Зимой по длине реки наблюдается повышение концентрации аммонийного азота и минерального фосфора, что связано с поступлением бытовых стоков и вод золоотвала. Наиболее высокие концентрации нитратного азота отмечены зимой ниже впадения вод минеральных скважин (Олха 2), хотя в воде скважин содержание азота невысокое. Вероятно, есть на этом участке реки неучтенный источник концентрации азота. Во время половодья концентрации нитратов и фосфатов достаточно высокие по всей длине реки, тем не менее в верхнем течении, где отсутствуют садовые участки, их содержание ниже. Так, в апреле концентрация нитратного азота на фоновой станции равнялась 0,24 мг N/л, на станциях Олха 2 и Олха 3 — 0,88 и 0,98 мг N/л соответственно.

Концентрации фторидов (одного из трассеров промышленного загрязнения в воде р. Олхи) низкая — 0,06–0,64 мг/л. По длине реки наиболее низкие их концентрации отмечены в верхнем течении, высокие — в нижнем течении, что обусловлено влиянием стоков с золоотвала. В воде ручья золоотвала их содержание изменялось от 1 до 8,8 мг/л. Необходимо отметить, что источником фторидов являются также воды минеральных подземных вод. Концентрации фторидов в воде из скв. 2 достигала 2,58 мг/л, а руч. 2 — 0,74 мг/л.

Суммарное содержание 13 идентифицированных ПАУ в воде р. Олхи изменялось от 6,8 до 360 нг/л (табл. 2). Из индивидуальных компонентов преобладали хризен и фенантрен (3,0–32,7 нг/л), в наименьшем количестве отмечено содержание пирилена и дибенз[а, h]антрацена (0–10,3 нг/л). Максимальные концентрации ПАУ отмечены зимой в нижнем течении реки, что обусловлено поступлением дренажных вод золоотвала с суммарной концентрацией ПАУ до 2600 нг/л. Весной в период половодья повышенные концентрации ПАУ отмечены по всей длине реки, что связано с накоплением их в снежном покрове и поступлением в русло с тальми водами.

Вниз по течению концентрации ПАУ, как и зимой, повышаются и за счет поступления с водосбора, и с водами от золоотвала. Повышенный уровень экотоксикантов в реке отмечен во время летних паводков, что, вероятно, связано с поступлением их с водосбора при увеличении поверхностного стока. В осенний период с уменьшением расходов воды повышенные концентрации ПАУ определены в воде дренажного ручья золоотвала ТЭЦ и в воде реки ниже его устья.

Одним из нормируемых в нашей стране компонентов ПАУ является бенз(а)пирен, который относится к веществам I-го класса опасности. Его концентрации в воде р. Олхи и ручья золоотвала изменялись в широких пределах (см. табл. 2). Превышение ПДК в 1,3 и в 4,4 раза обнаружены в пробах воды у пос. Рассоха (Олха 1) в период летних паводков и у г. Шелехова в период весеннего половодья. Содержание бенз(а)пирена в остальных образцах летнего и осеннего периодов варьировало от 0,28 до 0,94 ПДК. Суммарное содержание шести ПАУ (бенз(а)пирен, бенз(б)флуорантен, бенз(к)флуорантен, бенз(г, h, i)перилен, индено(1,2,3-с, d)пирен, флуорантен) в Олхе отмечены до 42 нг/л, что в пять раз меньше ПДК (200 нг/л) для природных и питьевых вод, установленной в странах Европы [11].

**Содержание трассерных компонентов в почвах и донных отложениях.** Содержание суммы ПАУ в образцах почв изменялось в интервале от 340 до 9500 нг/г при среднем значении для всех проб 3680 нг/г. При этом уровни концентрации бенз(а)пирена превышали ориентировочно допустимые концентрации ОДК (20 нг/г [12]) в 56 раз. Уровень загрязнения почвы бенз(а)пиреном в районе рассеивания выбросов ИркаЗа, согласно классификации [13], можно оценить как значительно высокий (до 7500 нг/г, непахотные земли). При сравнении с данными, полученными ранее [14], отме-

Таблица 2

Содержание ПАУ (нг/г) в воде р. Олхи и дренажного ручья золоотвала

ПАУ	Июнь 2008 г.						Сентябрь 2008 г.						Март 2009 г.						Апрель 2009 г.						Июль 2009 г.					
	Олха			Ручей			Олха			Ручей			Олха			Ручей			Олха			Ручей			Олха			Ручей		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3			
Фенантрен	11	11	8,8	3,0	4,7	11	4,2	4,3	38	32	30	33	31	31	43	8,0	11	13	201											
Антрацен	1,2	1,2	1,0	< 0,2	0,0	0,7	< 0,2	< 0,2	2,8	2,1	3,0	5,7	5,3	5,3	7,3	< 0,2	2	0,9	17											
Флуорантен	4,8	4,8	8,8	2,0	2,5	12	< 0,2	2,5	32	53	7,9	12	15	15	32	4,2	16	8,3	414											
Пирен	2,8	2,8	5,0	1,8	1,4	7,7	< 0,2	2,0	23	48	4,9	8,9	9,4	9,4	17	3,2	6,5	4,5	239											
Бенз(а)антрацен	2,0	2,0	1,2	< 0,2	0,4	1,9	< 0,2	0,9	15	6,5	0,9	5,9	8,2	8,2	3,8	< 0,2	2,4	2,2	128											
Хризен	4,7	4,7	3,3	< 0,2	0,9	3,9	< 0,2	1,2	33	28	1,4	11	10	10	3,6	2,4	5,7	5,5	293											
Бенз(б)флуорантен	7,8	6,5	3,4	< 0,2	1,7	3,6	< 0,2	< 0,2	39	20	4,0	8,2	13	13	5,8	2,2	2,5	2,5	337											
Бенз(к)флуорантен	3,1	2,9	1,2	< 0,2	0,7	1,0	< 0,2	< 0,2	11	5,3	2,1	3,4	5,3	5,3	2,3	< 0,2	1,0	1,0	93											
Бенз(е)пирен	4,8	4,6	2,7	< 0,2	2,0	2,4	< 0,2	< 0,2	25	12	3,8	6,9	12	12	5,8	1,3	1,8	2,0	211											
Бенз(а)пирен	6,7	4,7	2,8	< 0,2	1,6	1,4	< 0,2	< 0,2	22	21	2,1	3,2	5,1	5,1	2,7	1,6	1,2	1,5	157											
Перилен	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	1,0	1,2	49											
Индено(1,2,3-с,д)пирен	7,1	2,5	2,7	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	34	15	3,2	4,4	15	15	8,6	< 0,2	1,0	2,2	98											
Бенз(г,н,и)перилен	6,9	2,6	3,0	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	38	16	4,4	5,4	19	19	12	< 0,2	< 0,2	4,7	119											
Сумма ПАУ	63	50	44	6,8	16	45	4,2	11	313	260	68	109	149	149	144	23	51	49	2350											

чено увеличение концентраций ПАУ на 23 %, что говорит о постепенном накоплении загрязняющих веществ в почвах. Содержание фторидов в почвах составляет (0,65–10,9 мг/кг) и незначительно превышает ПДК (10 мг/кг [15]). Наибольшие концентрации (26,2 мг/г) отмечены приблизительно в 600 м к северо-западу от факелов выбросов, в районе впадения дренажного ручья.

В исследованных образцах донных отложений концентрации ПАУ составляли 280–1440 нг/г. Более низкие концентрации, но превышающие ОДК по бенз(а)пирену в 1,1 раза, отмечены у пос. Олха (см. табл. 2, Олха 2). Максимальные значения отмечены ниже ручья золоотвала, где превышение ОДК по бенз(а)пирену увеличилось до 5,5 раз. В донных отложениях концентрации фторидов изменялись по течению реки от 0,5 до 3,95 мг/г с максимумом в зоне влияния дренажного стока.

### ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Комплексные исследования позволили получить современную гидрохимическую характеристику р. Олхи, бассейн которой в течение длительного времени испытывает интенсивную антропогенную нагрузку, и по содержанию компонентов-трассеров оценить влияние отдельных источников загрязнения на разные участки водосбора и объекты окружающей среды.

В фоновом районе (Олха 1) концентрации главных ионов и биогенных элементов в воде низкие. Повышенные концентрации компонентов-трассеров отмечаются в пробах почвы, что обусловлено влиянием выбросов Шелеховского промышленного узла. В зоне влияния комбината зарегистрированы высокие концентрации ПАУ, фторидов и сульфатов в аэрозоле и атмосферных осадках [1]. В исследованных пробах почв повышенное содержание бенз(б)флуорантена указывает на влияние выбросов ИркаЗа. В водах р. Олхи концентрации загрязняющих компонентов в фоновой точке незначительны, за исключением периодов половодья и паводков, когда с водосбора поступают воды с их повышенным содержанием.

Ниже по долине р. Олхи влияние выбросов промышленных объектов г. Шелехова на химический состав исследованных объектов увеличивается. На этом участке химический состав речных вод существенно изменяется в результате поступления высокоминерализованных вод минеральных источников, а также вод дренажного ручья с золоотвала ТЭЦ, обогащенного загрязняющими компонентами. В воде увеличиваются концентрации сульфатов, хлоридов, но относительный состав, как и на верхнем участке, остается гидрокарбонатно-кальциевым. Значительное поступление на этом участке водосбора загрязняющих веществ с атмосферными выпадениями [16] привело к накоплению в

почвах сульфатов (до 100 мг/кг), фторидов (26,2 мг/кг), ПАУ (суммарно до 9470 нг/г). Изменилось процентное содержание отдельных углеводородов в почвах, что указывает на их одновременное поступление от различных источников.

Поступление загрязняющих компонентов в русло Олхи с водосборной территории в составе взвешенных веществ приводит к накоплению ПАУ и ионов фтора в донных отложениях. В воде реки концентрации загрязняющих компонентов низкие, но независимо от сезона года их повышенные концентрации отмечены в нижнем течении. Существенное влияние на состав речных вод оказывает поступление дренажных вод от золоотвалов ТЭЦ, обуславливая повышение концентраций сульфатов, хлоридов, ПАУ ниже по течению реки, а также изменение относительного состава воды.

Таким образом, в ходе исследований определено содержание веществ-индикаторов промышленного загрязнения в различных природных средах в бассейне р. Олхи. Установлено, что наименьшие их концентрации наблюдаются в верхнем течении реки. Наиболее высокие концентрации ПАУ, фторидов и сульфатов, превышающие ПДК, отмечены в почвах и донных осадках на станциях, расположенных вблизи от источников загрязнения. Повышенные концентрации загрязняющих веществ в период половодья свидетельствуют о поступлении их в реку в составе снеговых вод.

Необходимо также отметить, что на состав главных ионов в воде р. Олхи оказывает влияние поступление вод минеральных источников. Увеличение концентраций минеральных форм азота и фосфора вниз по реке происходит в результате влияния хозяйственно-бытовых стоков многочисленных населенных пунктов, турбаз и дачных поселков, расположенных в долине реки.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (08-05-98058а и 08-08-00100).*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Фундаментальные** исследования в Восточной Сибири (к 50-летию Сибирского отделения Российской академии) / Под ред. Н. И. Воропая. — Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2007. — 547 с.
2. **Кучменко Е. В., Бальшев О. А., Зароднюк М. С. и др.** Идентификация источников выбросов загрязняющих веществ методами рецепторного моделирования. Препр. ИСЭМ СО РАН. — Иркутск, 2008. — 65 с.
3. **Барам Г. И., Верещагин А. Л., Голобокова Л. П.** Применение микроколоночной высокоэффективной жидкостной хроматографии с УФ-детектированием для определения анионов в объектах окружающей среды // Аналит. химия. — 1999. — Т. 54, № 9. — С. 962–965.
4. **Руководство** по химическому анализу поверхностных вод суши / Под ред. А. Д. Семёнова. — Л.: Гидрометеиздат, 1977. — 534 с.
5. **Wetzel Robert G. and Likens Gene E.** Limnological Analyses. — New York: Springer-Verlag, 1991. — 391 p.
6. **Маринайте И. И.** Полициклические ароматические углеводороды в воде притоков Южного Байкала // Оптика атмосферы и океана. — 2006. — Т. 19, № 6. — С. 499–503.
7. **Методика** выполнения измерений массовой доли нефтепродуктов в пробах почв и грунтов флуориметрическим методом с использованием анализатора жидкости «Флуорат-02». ПНД Ф 14.1:2:4 128–98. — М.: Госкомэкологии России, 2007. — 25 с.
8. **Gorshkov A. G., Marinaite I. I., Zhamsueva G. S., Zayakhanov A. S.** Benzopyrene isomer ratio in organic reaction of aerosols over water surface of Lake Baikal // Journ. Aerosol Sci. — 2004. — Vol. 2. — P. 1059.
9. **Определение** фторидов потенциометрическим методом. РД 52.24.360. Ч. 1: Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши. — Ростов-на-Дону: Гидрометеиздат, 1995. — С. 656–668.
10. **Сороковикова Л. М., Нецветаева О. Г., Томберг И. В. и др.** Влияние атмосферных осадков на химический состав речных вод Южного Байкала // Оптика атмосферы и океана. — 2004. — № 5–6. — С. 423–427.
11. **Keith L. H.** Organic pollutants in water: identification and analysis // Environmental Sci. and Technol. — 1981. — Vol. 15, № 2. — P. 156–162.
12. **Ориентировочно** допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве: ГН 2.1.7.2042–06. — Утверждено главным государственным врачом РФ 19.01.2006 г. Зарегистрировано в Минюсте РФ 07.02.2006, № 7456.
13. **Майстренко В. Н., Хамитов Р. З., Будников Г. К.** Эколого-аналитический мониторинг суперэкоотоксикантов. — М.: Химия, 1996. — 319 с.
14. **Белых Л. И., Горшков А. Г., Рябчикова И. А. и др.** Распределение и биологическая активность полициклических ароматических углеводородов в экосистеме «источник–снежный покров–почва–растение» // Сиб. экол. журнал. — 2004. — Т. 11, № 6. — С. 793–802.
15. **Контроль** химических и биологических параметров окружающей среды / Под ред. Л. К. Исаева. — СПб: Кримас, 1998. — 896 с.
16. **Филиппова У. Г., Маринайте И. И., Голобокова Л. П.** Состояние воздушной среды г. Шелехова // Аэрозоли Сибири. XV рабочая группа. К 100-летию теории МИ: Тезисы докладов. — Томск: Изд-во Ин-та оптики и атмосферы СО РАН, 2008. — 59 с.

*Поступила в редакцию 10 февраля 2011 г.*