

УДК 911.52: 551.482.214 (571.53)

DOI: 10.15372/GIPR20240509

**Н.В. ВЛАСОВА, И.Б. ВОРОБЬЁВА, И.А. БЕЛОЗЕРЦЕВА**

Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 664033, Иркутск, ул. Улан-Баторская, 1, Россия,  
vlasova@irigs.irk.ru, Irina-Vorobyeva@yandex.ru, beloza@mail.ru

## **СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД И ПОЧВ ВЕРХНЕГО ПРИАНГАРЬЯ**

*Приведены данные ландшафтно-геохимических исследований на территории Верхнего Приангарья. Изучены химические свойства почв и вод малых рек правобережья р. Ангары. Установлены различия характеристик почв, сформировавшихся в двух округах Прибайкальской провинции и одном округе Иркутско-Черемховской провинции. Общий гидрохимический анализ показал принципиальные различия поверхностных вод двух образующих правобережную часть бассейна верхнего участка р. Ангары природных структур — Байкальской рифтовой зоны и южной части Сибирской платформы. Полученные данные подтвердили и дополнили сделанные 20 лет назад выводы о ландшафтно-геохимических характеристиках территории.*

**Ключевые слова:** ландшафтно-геохимические исследования, Верхнее Приангарье, почвы, водотоки.

**N.V. VLASOVA, I.B. VOROBYEVA, I.A. BELOZERTSEVA**

V.B. Sochava Institute of Geography, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences,  
664033, Irkutsk, ul. Ulan-Batorskaya, 1, Russia, vlasova@irigs.irk.ru, Irina-Vorobyeva@yandex.ru,  
belozia@mail.ru

## **THE CURRENT STATE OF SURFACE WATERS AND SOILS OF THE UPPER ANGARA REGION**

*The paper presents data from the landscape-geochemical studies in the Upper Angara region. The chemical properties of soils and waters of small rivers on the right bank of the Angara River have been studied. Differences in the characteristics of soils formed in two districts of the Pribaikalskaya province and one district of the Irkutsk-Cheremkhovskaya province have been established. The general hydrochemical analysis showed fundamental differences between the surface waters of two natural structures forming the right-bank part of the basin of the upper section of the Angara River, namely: the Baikal rift zone and the southern part of the Siberian platform. The data obtained confirmed and supplemented the conclusions made 20 years ago about the landscape-geochemical characteristics of the territory.*

**Keywords:** landscape-geochemical research, the Upper Angara region, soils, watercourses.

### **ВВЕДЕНИЕ**

По данным Всемирной метеорологической организации, Сибирь является регионом с наибольшими изменениями температуры в пределах Северного полушария (+1,39 °C/100 лет). Установленная очень высокая изменчивость температур является важной особенностью сибирского климата. В последние два десятилетия наблюдается рост среднегодовых температур воздуха. Наиболее быстрый рост характерен для весеннего и летнего периодов. Рассчитанные на основе современных климатических моделей прогнозы предполагают, что систематическое повышение температуры в Сибири (тенденции) станет одним из крупнейших в мире [1].

Потепление ведет к серьезным изменениям в состоянии природы и вынуждает общество дать адекватный ответ. Важнейшие задачи географии и геоэкологии в этом плане — обоснование и разработка мероприятий по предупреждению (или минимизации) снижения качества среды обитания человека и возникновения экологических рисков. Для этого необходимы контроль за состоянием компонентов природы и прогнозирование их изменений, чему должен служить геоэкологический мониторинг.

Настоящая работа является продолжением ландшафтно-геохимических исследований на территории Верхнего Приангарья, начатых под руководством В.А. Снытко в 2004 г. [2]. Главная цель данной публикации — характеристика современного состояния почв и водотоков правобережья р. Ангары от ее истока до устьевых участка р. Иды.

Приоритетная роль в пространственной дифференциации вещества и структурно-функциональной организации ландшафтов принадлежит речным долинам. Это сложные взаимосвязанные системы природных комплексов, где возможно наблюдать продвижение вещества с водами из южных ландшафтов на север. Долинные комплексы р. Ангары в ее верхнем течении, согласно схеме физико-географического районирования юга Средней Сибири, предложенной В.А. Снытко и Т.И. Коноваловой [3], относятся к Предсаянской горно-таежной и Верхнеприангарской подгорной подтаежной провинциям. Ландшафтные различия на столь небольшой по протяженности территории обусловлены ее тектоническим строением. Область исследования — от истока Ангары (пос. Листвянка) до впадения в нее р. Иды (дер. Каменка) — располагается на примыкающих друг к другу Байкальской рифтовой зоне и южном выступе Сибирской платформы (Иркутский амфитеатр), которыми и определяются основные орографические и ландшафтные единицы.

Ландшафты Байкальской рифтовой зоны представлены главным образом сосново-лиственничными рододендровыми травяно-брусничными лесами равнинно-увалистых, предгорных и горных территорий в сочетании с долинными болотами с елью и кедром. Для Иркутского амфитеатра типичны сосновые с рододендром даурским травяные леса и остепненные территории на возвышенно-равнинных, склоновых и низкоравнинных поверхностях в сочетании с долинным комплексом лугов и травяных парковых редколесий [4].

Территория рассматриваемых районов, в соответствии с почвенно-экологическим районированием Байкальского региона [5], относится к трем округам: Приморскому и Лено-Ангарскому Прибайкальской провинции и Иркутско-Черемховскому провинции Иркутского амфитеатра. Согласно административному делению Иркутской области, территория исследования принадлежит Иркутскому и Боханскому районам, в целом различающимся по природно-климатическим условиям, которые в первом более благоприятны для лесохозяйственной деятельности, а во втором районе — для земледелия.

## ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Объектами исследования являются природные комплексы бассейна Ангары (правобережье), а также правого берега Иркутского водохранилища.

Среди почв средне- и низкогорных Приморского и Лено-Ангарского округов преобладают дерново-подзолистые в сочетании с подзолистыми, торфяно-подзолами, подбурами оподзоленными, дерново-подбурами, серыми, буроземами грубогумусовыми, торфяно-криоземами, темногумусовыми и серогумусовыми. Они сформировались на продуктах выветривания красноцветных карбонатно-силикатных мергелей и песчаников, известняков, доломитов, бескарбонатных песчаников и аргиллитов. По долинам рек распространены почвы аллювиальные гумусовые, слоисто-аллювиальные (гумусовые), аллювиальные торфяно-глеевые и аллювиальные перегнойно-глеевые. Аллювиальные гумусовые и темногумусовые почвы на низких выровненных поверхностях долин крупных рек, частично пригодные для ведения сельского хозяйства, занимают менее 1 % территории. Строение рельефа провинции обуславливает аэральный перенос загрязняющих веществ в летнее время года по долине р. Ангары в оз. Байкал. Вместе с тем на побережье Байкала имеются и свои незначительные источники загрязнения природной среды (котельные, печное отопление, автотранспорт и др.).

Почвенный покров равнинного Иркутско-Черемховского округа представлен серыми, темногумусовыми, черноземами, дерново-подзолистыми и подзолисто-глеевыми почвами. Также здесь встречаются перегнойно-гидроморфические, гумусово-гидроморфические и торфяные эутрофные почвы. Почвообразующими породами служат продукты выветривания аргиллитов, алевролитов, бескарбонатных песчаников, известняков и красноцветные карбонатно-силикатные отложения. По долинам рек сформировались почвы аллювиального отдела. Большие площади черноземов, серых и темногумусовых почв ранее были распаханы, но в настоящее время эти пашни заброшены [6]. Почвы в основном средне- и маломощные, преимущественно суглинистые, в зависимости от пород кислые, нейтральные или слабощелочные. Многолетняя мерзлота на территории округов отсутствует.

Работы на данном маршруте с расширением территории исследования ведутся в режиме мониторинга в полевой период весна—осень с 2009 г. В статье приводятся данные, полученные в осенний период 2023 г. Было отобрано в соответствии с действующими ГОСТ [7–9] 89 образцов почв на зем-

лях, подверженных антропогенному воздействию, а также на фоновых участках. Систематический список почв составлен по принципам «Классификации и диагностики почв России» [10]. Наиболее динамичная система в геохимическом плане — вода, анализ ее химических показателей проводился нами ежегодно в заявленные сроки. Отбиралось, согласно ГОСТ [11–13], более 50 проб воды как в Ангаре, так и во впадающих в нее реках второго порядка, протекающих по территории исследования.

Аналитические работы проводились в лаборатории геохимии ландшафтов и химико-аналитическом центре Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН (Иркутск) по стандартизованным методикам на современном аналитическом оборудовании [14–18]. Элементный состав проб природных компонентов определялся с использованием ИСП-спектрометра Optima 2000 DV фирмы Perkin Elmer. Концентрация нефтепродуктов определена с помощью анализатора жидкости «Флюорат-02-5М».

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Физико-химические свойства естественных и антропогенно нарушенных почв обуславливают интенсивность миграции и аккумуляции загрязняющих веществ. Рассмотрим показатели почв ключевых участков.

Дерново-подзолистые, серые и почвы аллювиального отдела, а также их антропогенные аналоги на большинстве ключевых участков Иркутского района имеют близкую к нейтральной реакцию, редко кислую ( $\text{pH}_{\text{водн}}$  от 7,4 до 5,6). Почвы ключевых участков Боханского района в основном слабощелочные, иногда встречаются нейтральные ( $\text{pH}_{\text{водн}}$  6,4–8,3) (табл. 1).

Содержание органического углерода колеблется от 1,5–1,8 % (в агроземах и аллювиальных гумусовых) под луговой и культурной растительностью до 3,5–15,1 % (в черноземе и аллювиальной торфяно-глеевой почвах) под степной и лугово-болотной растительностью. В большей части исследованных почв эти показатели имеют значения выше среднего — 2,9–4,7 %. В агроземе под паром (Боханский район) и в аллювиальной гумусовой почве (Иркутский район) зафиксировано самое низкое содержание  $\text{C}_{\text{орг}}$ .

Концентрация одного из основных элементов питания растений — подвижных форм фосфора — в гумусовых горизонтах исследованных почв большинства ключевых участков варьирует от очень низкого до среднего уровня (4–87 мг/кг). Аномально высокое содержание  $\text{P}_2\text{O}_5$  (704–1078 мг/кг) обнаружено в почвах залежей на пониженных элементах рельефа в долине р. Иды (дер. Морозова Боханского района), что может быть связано с былым нерациональным внесением минеральных фосфорных удобрений.

Большинство изученных почв имеют очень низкий и низкий уровень содержания подвижных форм калия (40–150 мг/кг). Высокий и средний (более 200 мг/кг) уровень концентрации установлен в почвах, которые выделились по высокому содержанию  $\text{K}_2\text{O}$ , что может быть связано с разнообразием пород, излишним внесением минеральных удобрений и часто повторяющимися пожарами.

Содержание аммиачного азота в верхних горизонтах колеблется от 3 до 39 мг/кг. Концентрация нитратов в почвах не превышает гигиенической нормы (130 мг/кг). На территории Иркутского района показатели низкие (0,7–3,6 мг/кг). Самые высокие значения нитратов — до 82,8 мг/кг — встречаются на залежах (как следствие применения удобрений) вблизи заброшенных крупных скотоводческих ферм (дер. Морозова, с. Вершина).

По содержанию физической глины (фракции частиц <0,001 мм от 34 до 59 %) почвы Боханского района в основном средне- и тяжелосуглинистые, находятся в плохом состоянии, что связано с естественными факторами и наследовано от подстилающих пород. Лучшие значения данного показателя в почвах Иркутского района (фракции частиц <0,001 мм от 11 до 41 %). Почвы в основном легко- и среднесуглинистые.

В торфяно-минеральных, глеевых и дерновых горизонтах почв аллювиального отдела побережья Иркутского водохранилища и устья р. Ангары выявлено повышенное содержание Ti, Mo, Pb, Zn и Co — до 4026, 11, 32, 122 и 35 мг/кг соответственно. Также в дерновом горизонте почв среднесуглинистого состава долины р. Куды обнаружена высокая концентрация никеля — до 114 мг/кг. Содержание свинца, никеля, цинка и кобальта в почвах исследуемого района находится на уровне или превышает ПДК. В торфяных, темногоhumусовых, карбонатных горизонтах почв Боханского района более тяжелого гранулометрического состава накопились Ba, Mo, V, Zn, Sr и Cd — до 703, 11, 124, 80, 267 и 0,6 мг/кг соответственно. Концентрации цинка и кадмия в почвах превышают санитарно-гигиенические нормы.

Таблица 1

## Физико-химические показатели почв ключевых участков Иркутского и Боханского районов

Местоположение	Почва	Гори- зонт	pH	C <sub>орг</sub> , ППП*, %	Фрак- ция физ. глины <0,01, %	NO <sub>3</sub> , мг/кг	NH <sub>4</sub> , мг/кг	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг	K <sub>2</sub> O, мг/кг	Нефте- продук- ты, мг/кг
Иркутский район										
Устье р. Крестовки (пос. Листвянка)	Аллювиальная торфяно-глеевая торфяно-минеральная	TmrG	7,3	15,1/45,2*	34,3	1,6	9,1	4	240	29
		C	5,6	0,4	18,6	0,9	4,3	5	150	19
Залив Еловый, 21-й км Байкаль- ского тракта	Аллювиальная торфяно-глеевая торфяно-минеральная	Tmr	6,9	—	—	1,4	12,5	13	123	55
		CG	7,4	0,5	27,3	0,5	10,2	69	121	11
		C	5,0	0,3	25,0	0,5	4,1	21	105	0
Залив Чертугеев- ский (Иркутск, мкр-н Солнечный)	Слоисто-аллюви- альная гумусовая глееватая	WCg~~	6,7	2,2	35,7	0,9	8,0	15	102	294
		Cg	6,6	0,4	36,8	0,9	3,8	25	130	19
Долина р. Куды	Аллювиальная гумусовая	AY	6,9	1,8	40,7	1,5	9,8	46	122	4
		C	7,3	0,5	26,8	0,6	4,0	16	115	2
Боханский район										
2 км на северо- восток от дер. Ида, долина р. Иды, пар	Агрозем	P	6,4	1,5	57,6	4,1	7,3	14	64	0
		C	6,7	0,4	54,2	0,5	0,6	87	84	0
дер. Ида, залежь 10 лет	Агрочернозем	PU	7,7	4,2	52,0	12,0	12,0	71	19	0
		AU	8,0	2,3	59,6	15,3	15,6	63	19	0
Склон к долине р. Иды, с. Вершина	Темно-серая	AU	7,7	3,2	58,8	51,8	17,5	41	268	0
		BEL	7,6	1,1	58,8	0,7	7,2	48	364	0
Вблизи с. Новая Ида, пастбище	Чернозем	AU	7,7	3,5	56,8	2,7	12,5	10	55	6
		BCA	8,0	1,2	50,7	0,6	4,1	40	47	0
с. Каменка	Чернозем	AU	8,1	3,1	34,0	11,9	16,3	32	304	9
		BCA	8,2	1,1	40,1	1,6	6,0	42	420	0
дер. Морозова, долина р. Иды, пастбище, залежь более 15 лет	Аллювиальная агроторфяно- глеевая торфяно- минеральная	PT	7,1	72,1*	—	41,4	39,0	77	1300	11
		Tmr	7,9	6,6	39,2	82,8	15,5	1078	3425	0
дер. Хандагай	Агрочернозем	PU	8,3	3,4	43,6	8,2	15,0	63	250	6
		AU	8,0	2,9	40,2	7,6	15,8	42	182	0

Примечание. Показатель в данных горизонтах не определяется.

\* Потеря при прокаливании.

Если рассматривать фоновое содержание микроэлементов, то концентрации Ba, V и Cг в почвах Боханского района выше, чем в Иркутском районе, что связано с почвообразующими породами (табл. 2). Содержание нефтепродуктов в почвах Иркутского района превышает фоновое [20] — варьирует от 2 до 294 мг/кг, в Боханском районе низкое — от 0 до 11 мг/кг. Высокие показатели выявлены в почвах вблизи крупных автомагистралей и побережья Иркутского водохранилища.

Наиболее подвижным компонентом природной среды являются водотоки, они быстро реагируют на любое внешнее воздействие как природного, так и техногенного характера. Актуальная реакция воды на территории Байкальской рифтовой зоны в осенний период изменяется от нейтральной до слабощелочной (pH 7,16–7,92), а на территории Иркутского амфитеатра значения колеблются от 8,18 до 8,43 (слабощелочные) (табл. 3). По сравнению с 2004 г. в 2023 г. отмечено увеличение значения pH поверхностных вод в условиях Байкальской рифтовой зоны на 1,7 ед., а в южной части Сибирской платформы оно незначительно [2]. В то же время величина pH в Ангаре изменилась незначительно — от 8,15 до 8,18, также наблюдалось увеличение показателя на 0,83 ед. Это равномерное распределение имеет место и в электропроводности: на истоке — 130,6, а ниже — 125,3 мкСм/см. По данной характеристике реки сопряженных территорий также различаются. Воды притоков, впадающих в Ангару,

Таблица 2  
Содержание микроэлементов в почвах ключевых участков Иркутского и Боханского районов, мг/кг

Местоположение	Почва	Гори-зонг	Mn	Ba	Ti	Mo	Pb	Ni	Cu	Be	V	Cr	Zn	Sr	Co	Cd	As
Иркутский район																	
Устье р. Крестовки (пос. Листвянка)	Аллювиальная торфяно-глие-ральная	TmгG	557	320	3384	3,25	11	47	18	0,82	56	57	53	139	16	0,1	0,5
	торфяно-минеральная	C	560	308	3181	3,22	10	45	19	0,84	50	57	52	140	16	0,1	0,0
Залив Еловый, 21-й км Байкальского тракта	Аллювиальная торфяно-глие-ральная	Tmг	235	179	779	10,52	32	19	15	0,47	22	19	98	186	7	0,2	0,5
	торфяно-минеральная	CG	691	360	2624	1,78	32	38	15	0,73	46	45	48	152	16	0,2	0,2
Залив Чертуговский (Иркутск, мкр-н Солнечный)	Слоисто-аллювиальная гумусовая глееватая	WCg	783	492	4026	0,94	28	48	19	0,80	62	61	55	174	17	0,3	0,4
			1003	447	3262	3,54	25	42	25	0,82	47	54	122	149	35	0,3	0,9
Долина р. Куды, дер. Столбово	Аллювиальная гумусовая	Cg	681	459	4018	1,76	22	42	18	0,81	55	59	61	148	16	0,2	0,6
		AУ	604	363	775	3,84	11	114	12	0,90	30	27	52	157	9	0,2	0,1
		C	499	455	766	3,84	10	111	13	0,97	32	28	54	192	10	0,1	0,1
Боханский район																	
2 км на северо-восток от дер. Ида, долина р. Иды, пар	Агрозем	P	455	322	610	4,32	15	63	16	0,28	93	44	65	58	7	0,2	0,0
		C	387	716	530	0,00	14	35	9	0,23	91	26	53	85	6	0,2	0,0
дер. Ида, залежь 10 лет	Агрочернозем	PU	385	212	520	0,35	16	25	17	0,57	94	53	54	75	8	0,2	0,0
		AU	503	703	670	0,00	15	63	13	0,79	119	43	65	258	9	0,2	0,0
Склон к долине р. Иды, с. Вершина	Темно-серая	AU	340	487	460	6,20	24	34	15	0,79	124	79	56	267	9	0,6	0,0
		BEL	262	189	450	0,89	20	26	11	0,67	112	54	50	216	6	0,2	0,1
Вблизи с. Новая Ида, пастбище	Чернозем	AU	370	457	411	5,21	21	13	13	0,78	112	68	38	78	5	0,2	0,1
		BCA	342	627	367	8,82	20	17	16	0,54	91	57	40	79	8	0,2	0,0
Около с. Каменка	Чернозем	AU	273	199	435	7,13	19	32	12	0,59	94	50	52	118	9	0,3	0,1
		BCA	250	204	427	8,23	20	29	15	0,88	103	52	49	61	10	0,2	0,1
дер. Морозова, долина р. Иды, пастбище, залежь более 15 лет	Аллювиальная агро-торфяно-глие-вальная торфяно-минеральная	T	412	146	501	11,25	29	18	12	0,51	107	54	80	102	5	0,3	0,1
		Tmг	547	215	590	0,44	28	19	16	0,57	106	57	84	76	5	0,2	0,0
дер. Хандагай	Агрочернозем	PU	525	381	440	0,14	22	41	21	0,79	103	76	58	78	9	0,2	0,1
		AU	510	405	420	0,00	20	40	20	0,70	112	73	53	79	10	0,2	0,1
Класс опасности Фон [20]			3	—	—	—	1	2	2	—	3	2	1	—	2	1	1
			1046	—	—	—	10	44	51	—	100	100	—	265	17	—	0,5
ПДК, ОДК [19]			1500	—	—	—	32–130	20–80	33–132	—	150	100	55–220	—	17	0,5–2,0	2,0

Примечание. Прочерк — класса опасности у химического элемента не имеется, фон и санитарно-гигиенические нормативы не установлены.



Таблица 3

Содержание основных ионов в водах рек Верхнего Приангарья, мг/дм<sup>3</sup>

Место отбора проб	pH	Минерализация	Анионы						Катионы					
			HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	F <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>
Исток р. Ангары	7,84	55,7	79,3	0,009	0,05	4,5	3,39	0,000	0,334	0,180	19,6	3,6	2,23	0,598
	7,92	36,9	36,6	0,000	0,24	18,0	2,36	0,021	0,103	0,377	92,44	22,26	1,03	0,339
	7,83	97,6	91,5	0,000	0,29	37,7	1,89	0,017	0,094	0,416	29,18	7,45	1,68	0,298
р. Тальца	7,6	110	109,3	0,005	0,14	31,0	4,71	0,000	0,203	0,144	34,6	10,3	4,17	0,438
р. Бурдугуз	7,23	48,4	67,1	0,001	0,30	11,0	2,83	0,039	0,233	0,861	12,1	4,5	2,16	0,220
р. Королок	7,16	89,3	125,1	0,000	0,34	11,4	7,54	0,025	0,268	0,984	22,3	7,4	3,82	0,408
р. Еловая	7,42	59	91,5	0,717	0,08	4,9	4,71	0,053	0,280	0,894	21,0	4,1	3,26	1,079
Залив Чертуговский	8,26	285	274,5	0,032	0,01	74,9	12,08	0,013	0,382	0,003	86,3	22,3	12,60	1,071
р. Кула	8,4	296	341,6	0,000	0,28	37,5	25,14	0,042	0,501	0,096	89,3	26,0	16,80	0,884
р. Балей	8,43	205	314,15	0,000	0,00	8,6	4,35	0,240	0,686	0,006	65,8	20,8	4,19	0,537
р. Олонка	8,37	199	207,4	0,000	0,00	36,2	2,08	0,190	0,620	0,120	68,9	17,0	4,24	0,616
р. Тараса	8,23	183	195,2	0,075	0,35	20,9	2,57	0,015	0,119	0,015	73,5	10,1	2,56	0,206
р. Ила, дер. Ила	8,34	352	204,35	0,000	0,66	117,2	2,67	0,005	0,137	0,105	142,6	22,5	4,53	0,755
р. Ила, пос. Бохан	8,18	358	244,0	0,011	0,69	114,8	4,34	0,000	0,245	0,084	113,6	20,5	4,12	0,676
р. Ила, дер. Морозово	8,18	65,2	88,45	0,002	0,08	4,2	2,97	0,033	0,298	0,156	20,3	4,2	3,18	0,682
р. Ангара, дер. Каменка														

Таблица 4

Содержание макро- и микроэлементов в водах рек Верхнего Приангарья, мг/дм<sup>3</sup>

Место отбора проб	Mn	Ba	Al	Pb	Ni	Cu	V	Cr	Fe	Si	Zn	Sr	Ti	Co	Cd
Исток р. Ангары	0,000	0,035	0,000	0,000	0,000	0,004	0,000	0,001	0,000	0,774	0,009	0,423	0,000	0,005	0,000
р. Большая	0,004	0,021	0,074	0,000	0,000	0,003	0,000	0,000	0,000	3,424	0,003	1,452	0,000	0,001	0,000
р. Тальца	0,006	0,039	0,093	0,000	0,000	0,003	0,000	0,000	<b>0,084</b>	6,059	0,004	0,602	0,011	0,000	0,001
р. Бурдугуз	0,000	0,049	0,000	0,000	0,000	0,014	0,004	0,001	0,000	6,980	0,007	1,022	0,000	0,005	0,002
р. Королок	0,001	0,020	0,004	<b>0,023</b>	0,000	0,003	0,000	0,001	<b>0,515</b>	8,026	0,002	0,308	0,005	0,002	0,000
р. Еловая	0,000	0,028	0,000	<b>0,025</b>	0,000	0,003	0,000	0,001	0,056	8,409	0,004	0,472	0,000	0,001	0,000
Залив Чертуговский	0,000	0,041	0,000	0,000	0,000	0,010	0,007	0,001	0,000	0,701	0,004	0,464	0,000	0,005	0,001
р. Кула	0,000	0,135	0,060	0,000	0,002	0,003	0,000	0,000	0,000	5,149	0,001	4,377	0,000	0,003	0,000
р. Балей	0,001	0,073	0,051	0,000	0,005	0,014	0,007	0,002	0,000	5,921	0,001	5,094	0,000	0,003	0,001
р. Олонки	0,006	0,084	0,049	0,000	0,002	0,006	0,000	0,000	0,000	6,277	0,000	2,107	0,000	0,002	0,000
р. Тараса	0,000	0,060	0,035	<b>0,023</b>	0,003	0,002	0,009	0,001	0,000	8,087	0,000	2,146	0,000	0,002	0,001
р. Ила, дер. Ила	0,000	0,325	0,048	0,002	0,001	0,005	0,000	0,000	0,000	5,118	0,000	1,412	0,000	0,003	0,000
р. Ила, пос. Бохан	0,000	0,208	0,090	<b>0,012</b>	0,000	0,001	0,006	0,001	0,000	5,258	0,000	<b>7,065</b>	0,000	0,006	0,000
р. Ила, дер. Морозова	0,000	0,187	0,071	0,005	0,000	0,003	0,000	0,001	0,000	2,920	0,003	6,664	0,000	0,002	0,000
р. Ангара, дер. Каменка	0,000	0,040	0,003	0,007	0,000	0,003	0,003	0,001	0,000	0,976	0,002	0,447	0,000	0,002	0,000
ПДК, ОДК [21]	0,1	0,7	0,2	0,01	0,02	1	0,1	—	0,3	25	—	7	—	0,1	0,001

Примечание. Жирным шрифтом выделены значения, превышающие ПДК. Прочерк — санитарно-гигиенические нормативы не установлены.

в ее верхнем течении обладают электропроводностью от 99,3 до 177,1 мкСм/см (за исключением р. Большой с показателем 56,2, что могло оказаться результатом полноводности водотока в период отбора проб). Реки Иркутского амфитеатра показывают более высокие показатели — от 331 до 714 мкСм/см.

Четкое разделение основных ионов выражено у гидрокарбонатов, сульфатов, фторидов, катионов кальция и магния. Высокие значения хлорид-ионов и натрия выявлены в реках Куде и Балее, фосфат-ионов — в реках Олонке и Тарасе. Река Большая выделяется среди рек Байкальской рифтовой зоны значительным содержанием кальция и магния, а залив Чертуговский — калия. Водотоки, впадающие в Ангара в ее верховьях, отличаются высоким содержанием аммония. Сравнение полученных результатов с данными 2004 г. показало, что за 20-летний период увеличилось содержание гидрокарбонатов, сульфатов, кальция и магния и уменьшилось — хлоридов, аммония, натрия и калия [2]. Микроэлементный состав вод исследуемых водотоков представлен в табл. 4.

Выявлено, что в основном все определяемые элементы присутствуют в образцах в той или иной степени, распределение марганца, алюминия, меди, ванадия, хрома, кобальта и кадмия по водотокам колеблется в одних и тех же пределах. В то же время реки Байкальской рифтовой зоны имеют более высокие концентрации железа, кремния, цинка и титана, а Иркутского амфитеатра — бария, никеля и стронция. В р. Королок наблюдается достаточно высокое содержание железа в течение всего года, но превышение ПДК отмечено только в осенний период [22]. Незначительное превышение ПДК отмечается и для стронция в р. Иде в окрестностях пос. Бохан. Появление в реках Королок, Еловая, Тараса и Ида (в районе пос. Бохан) свинца со значительным превышением ПДК связано с его высоким фоновым содержанием в почвах Боханского района.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований охарактеризовано современное состояние почв правобережья р. Ангары на территории Иркутского и Боханского районов — от истока до устья р. Иды.

Полученные данные подтверждают различие физико-химических свойств почв, сформированных в Байкальской рифтовой зоне и Иркутском амфитеатре. Вследствие этого наблюдаются и неодинаковые условия аккумуляции и миграции загрязняющих веществ в почвах. Биогеохимическими барьерами на пути миграции загрязняющих веществ выступают органические и суглинистые горизонты почв. Концентрации тяжелых металлов в почвах побережья Иркутского водохранилища, долины р. Куды, долины р. Иды у с. Вершина превышают санитарно-гигиенические нормы. Фоновое содержание ряда микроэлементов в почвах Боханского района выше, чем в почвах Иркутского района, что связано с составом почвообразующих пород.

Динамика гидрохимических характеристик водотоков за 20-летний период указывает на возрастание антропогенного воздействия. Увеличилось содержание тяжелых металлов в воде рек Верхнего Приангарья, изменились кислотно-щелочные условия, повысилось содержание гидрокарбонатов, сульфатов, кальция и магния. Однако следует отметить уменьшение количества ионов хлора и аммония в водах рек, что может говорить об улучшении качества очистки хозяйственно-бытовых сточных вод.

*Работа выполнена за счет средств государственного задания (AAAA–A21–121012190055–7, FWEM–2021–0002).*

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Доклад о состоянии климатического обслуживания в 2020 году: от заблаговременных предупреждений к заблаговременным действиям [Электронный ресурс]. — <https://wmo.int/ru/news/media-centre/doklad-o-sostoyanii-klimati-cheskogo-obslyuzhivaniya-v-2020-godu-ot-zablagovremennykh-preduprezhdeniy> (дата обращения 20.09.2024).
2. Нечаева Е.Г., Снытко В.А., Напрасникова Е.В., Коновалова Т.И., Власова Н.В. Индикационная роль долинных геосистем в ландшафтно-геохимической оценке Верхнего Приангарья // Изв. РАН. Сер. геогр. — 2010. — № 2. — С. 90–99.
3. Снытко В.А., Коновалова Т.И. Устойчивость и антропогенная трансформация таежных геосистем юга Средней Сибири // Сиб. экол. журн. — 2005. — Т. 12, № 4. — С. 651–661.
4. Михеев В.С., Ряшин В.А. Ландшафты юга Восточной Сибири. Карта м-ба 1:1 500 000. — М.: ГУГК, 1977. — 4 л.

5. Белозерцева И.А., Сороковой А.А. Почвенно-экологическое районирование Байкальского региона // Геодезия и картография. — 2018. — Т. 79, № 10. — С. 54–64.
6. Белозерцева И.А., Зверева Н.А., Скоырский Н.А., Козин А.В. Состояние плодородия почв Предбайкалья // Биосфера. — 2023. — № 3. — С. 220–228. — DOI: 10.24855/biosfera.v15i3.815
7. ГОСТ 28168–89. Почвы. Отбор проб [Электронный ресурс]. — <https://ohranatruda.ru/upload/iblock/3a5/4294826619.pdf?ysclid=m2sjhvdqx2194540399> (дата обращения 10.04.2024).
8. ГОСТ Р 58595–2019. Почвы. Отбор проб [Электронный ресурс]. — <https://files.stroyinf.ru/Data/719/71989.pdf?ysclid=m2sjkdw7rg516871420> (дата обращения 10.04.2024).
9. ГОСТ 17.4.4.02–84. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа [Электронный ресурс]. — [https://www.np-ciz.ru/userfiles/17\\_4\\_4\\_02-84.pdf?ysclid=m2sjllasl472120056](https://www.np-ciz.ru/userfiles/17_4_4_02-84.pdf?ysclid=m2sjllasl472120056) (дата обращения 10.04.2024).
10. Классификация и диагностика почв России / Отв. ред. Г.В. Добровольский. — Смоленск: Ойкумена, 2004. — 341 с.
11. ГОСТ Р 59024–2020. Вода. Общие требования к отбору проб [Электронный ресурс]. — <https://ural-gidro.com/upload/files/normdocs/GOST-R-590242020.-pdf?ysclid=m2slu9sbwg710107372> (дата обращения 10.04.2024).
12. ГОСТ 17.1.5.04–81. Охрана природы. Гидросфера. Приборы и устройства для отбора, первичной обработки и хранения проб природных вод [Электронный ресурс]. — <https://ohranatruda.ru/upload/iblock/bc9/4294835624.pdf?ysclid=m2sm05oibk845185843> (дата обращения 10.04.2024).
13. ГОСТ 2874–82. Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством [Электронный ресурс]. — <http://gostvoda.ru/d/677526/d/4-gost-2874-82.pdf> (дата обращения 10.04.2024).
14. Агрохимические методы исследования почв / Отв. ред. А.В. Соколов. — М.: Наука, 1975. — 656 с.
15. Алексин О.А., Семенов А.Д., Скопинцева Б.А. Руководство по химическому анализу вод суши. — Л.: Гидрометеиздат, 1973. — 269 с.
16. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1970. — 487 с.
17. Теория и практика химического анализа почв / Ред. Л.А. Воробьева. — М.: ГЕОС, 2006. — 399 с.
18. Шпейзер Г.М., Минеева Л.А. Руководство по химическому анализу вод. — Иркутск: Изд-во Иркут. ун-та, 2006. — 55 с.
19. Перельман А.И., Касимов Н.С. Геохимия ландшафта. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1999. — 610 с.
20. Гребенщикова В.И., Лустенберг Э.Е., Китаев Н.А., Ломоносов И.С. Геохимия окружающей среды Прибайкалья. Байкальский геоэкологический полигон. — Новосибирск: Акад. изд-во «Гео», 2008. — 234 с.
21. СанПиН 1.2.3685–21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и(или) безвредности для человека факторов среды обитания [Электронный ресурс]. — [https://ds278-krasnoyarsk-r04.gosweb.gosuslugi.ru/netcat\\_files/19/8/SP123685\\_21\\_0.pdf](https://ds278-krasnoyarsk-r04.gosweb.gosuslugi.ru/netcat_files/19/8/SP123685_21_0.pdf) (дата обращения 10.04.2024).
22. Воробьева И.Б., Власова Н.В., Белозерцева И.А., Воробьев А.Н. Иркутское водохранилище: история и современное состояние по геохимическим показателям // Водные ресурсы. — 2024. — Т. 51, № 2. — С. 179–190.

*Поступила в редакцию 14.10.2024*

*После доработки 24.10.2024*

*Принята к публикации 31.10.2024*