



УДК 504.06 (571.53)

DOI <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2018.26.125>

## **Геохимические особенности и экологическое состояние малых рек Приангарья (на примере рек Боханского района)**

М. С. Янчук

*Институт географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, г. Иркутск*

**Аннотация.** На основе данных исследования малых рек Боханского района, проведенного в октябре 2014–2017 гг., получена общая характеристика химического состава и качества поверхностных вод рек Балей, Ирей, Качиг, Олонка, Тараса, Ида в осенний период. Исследуемые водные объекты протекают по территории Боханского района Иркутской области и относятся к рекам лесостепной, малоувлажненной зоны. Оценка эколого-химического состояния малых рек Боханского района была произведена по следующим критериям: показатель рН, степень минерализации вод, содержание растворенного кислорода, концентрации главных ионов, содержание ряда микроэлементов, таких как Zn, Cu, Al, Ba, Pb, Ni, Sr. Также были определены уровни концентраций биогенных веществ и нефтепродуктов. В результате исследования установлено, что на ионный состав малых рек Боханского района главным образом влияют природные факторы – породы, слагающие водосборные бассейны рек, и климатические особенности региона. Показано, что воды малых рек Боханского района характеризуются превышением установленных нормативов для водоемов рыбохозяйственного назначения по содержанию Zn, Cu, Co, Al, Sr, биогенных веществ и нефтепродуктов. Повышенные концентрации минеральных соединений азота и фосфора в речных водах связаны с поступлением их с водосборной территории, включая приусадебные участки и пашни. Кроме того, источником биогенных элементов служат органические вещества, при деструкции которых в воде повышается содержание как минеральных, так и органических соединений азота и фосфора. Повышение концентраций фосфатов в р. Качиг обусловлено поступлением в русло хозяйственно-бытовых стоков.

**Ключевые слова:** малые реки, Боханский район, эколого-геохимическое состояние, качество вод, поверхностные воды.

**Для цитирования:** Янчук М. С. Геохимические особенности и экологическое состояние малых рек Приангарья (на примере рек Боханского района) // Известия Иркутского государственного университета. Серия Науки о Земле. 2018. Т. 26. С. 125–138. <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2018.26.125>

### **Введение**

Речная сеть Иркутской области представлена 65 041 рекой общей протяженностью 309 355 км (густота речной сети – 0,26 км/км<sup>2</sup>) [О состоянии и об охране ... , 2017], большая часть их относится к малым рекам и ручьям. Малыми считаются те реки, бассейны которых расположены в одной гидрографической зоне и длины которых не превышают 10–200 км. Гидрологиче-

ский режим таких водных объектов, зависящий от многих факторов, может быть несвойственен крупным рекам этой зоны. Малые реки отличаются от крупных рядом особенностей, вследствие чего существует особый подход к их изучению и хозяйственному освоению. Они в гораздо большей степени чувствительны к процессам, происходящим на водосборной площади, а также в береговой зоне. Малые реки обладают пониженной способностью к самоочищению, следовательно, степень уязвимости экосистем таких водных объектов очень высока.

Малые реки выполняют важную экологическую роль, формируют гидрологический режим более крупных рек. Они участвуют в процессе перераспределения влаги, а также влияют на природное разнообразие окружающих ландшафтов. Химический состав природных вод, в том числе и малых рек, является показателем зональных и региональных условий их формирования, а также он отражает глобальные антропогенные процессы, происходящие в окружающей среде. В естественных условиях, без воздействия антропогенных факторов, формирование элементного состава вод обусловлено совокупностью физических, химических и биологических процессов, происходящих как на территории водосбора, так и в самом водном объекте [Алёкин, 1970]. Антропогенные факторы, которые по значимости в последнее время становятся сопоставимыми с природными, влияют на химический состав вод как в результате непосредственного сброса сточных вод промышленного и хозяйственно-бытового типа, так и вследствие глобальных изменений окружающей среды и климата. Загрязняющие вещества также поступают с атмосферным переносом от промышленных центров, от котельных и с выбросами автотранспорта.

Озабоченность химическим и экологическим состоянием поверхностных вод растет во всем мире. Множество исследований посвящено разработке комплексных стратегий по защите водосборных бассейнов малых рек в целях улучшения экологического состояния окружающих их ландшафтов и качества речных вод [Beman, Arrigo, Matson, 2005; Riverine nitrogen export ... , 2006; How green is ... , 2006; Jordan, Cassidy, 2011]. Для оценки качества природных вод существует определенный ряд параметров, по которым устанавливается степень их загрязненности [Measuring in-stream productivity ... , 2003]. Изучение химического состава вод малых рек, а также их экологического состояния является важной и актуальной задачей.

Цель исследования заключалась в геохимическом анализе состава вод малых рек Боханского района и оценке их качества.

### **Материалы и методы исследования**

В октябре 2014–2017 гг. было отобрано более 60 образцов поверхностной воды малых рек Боханского района (рек Балей, Ирей, Качиг, Олонка и Ида) для оценки их эколого-химического состояния (рис. 1). Отбор проб был произведен в соответствии с требованиями ГОСТ 31861-2012 «Вода. Общие требования к отбору проб».

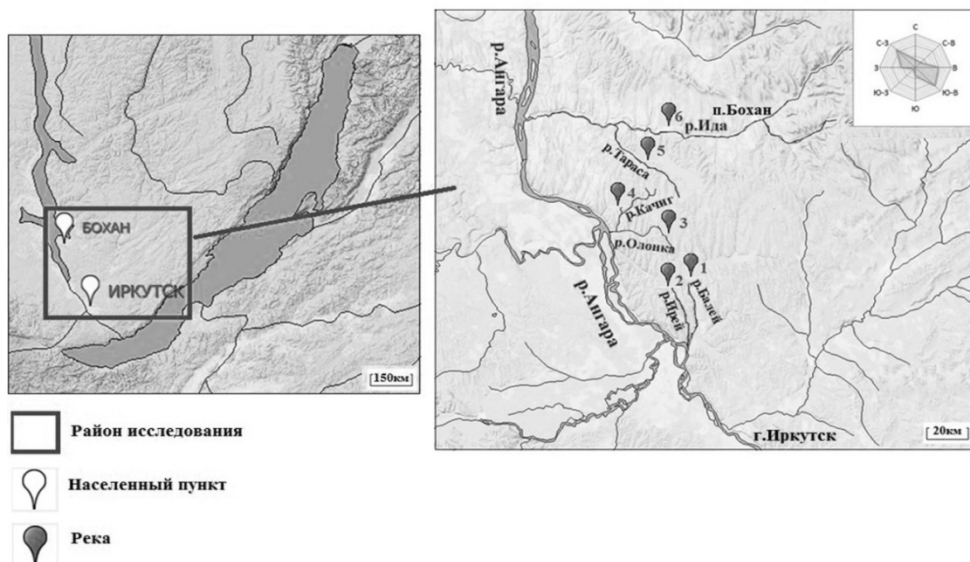


Рис. 1. Схема отбора проб

Оценка эколого-химического состояния малых рек Боханского района выполнена по результатам исследований, осуществленных в октябре 2014–2017 гг. Качество воды оценивалось в соответствии с установленными санитарными правилами и нормами охраны поверхностных вод от загрязнения для водоемов двух категорий – водоемов рыбохозяйственного назначения и водоемов питьевого и культурно-бытового назначения.

В образцах поверхностной воды определялись:

- рН;
- основные ионы:  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ;
- содержание микроэлементов (Zn, Cu, Al, Ba, Pb, Ni, Sr);
- содержание биогенных веществ и нефтепродуктов.

Определение вышеперечисленных компонентов выполнено согласно стандартным гостированным методикам [Руководство по химическому анализу ... , 2009]. Анализ на содержание нефтепродуктов в поверхностных водах проведен флуориметрическим методом с использованием прибора «Флюорат-02».

Исследуемые водные объекты Боханского района относятся к рекам лесостепной зоны. Реки Балей, Олонка и Ида являются правыми притоками Ангары. Ирей впадает в Балей, Качиг – в Олонку, Тараса является притоком Иды. Малые реки Боханского района формируют свой сток в лесостепной, малоувлажненной зоне. Изучению эколого-гидрологической специфики малых рек лесостепных районов посвящены работы Е. Г. Нечаевой, В. А. Снытко, Т. И. Коноваловой, Н. В. Власовой и др. [Индикационная роль долинных ... , 2010; Кононов, 2007; Загорулько, 2014].

Климат района исследования резко континентальный с продолжительной холодной зимой и относительно жарким и коротким летом. Средние

температуры зимнего периода составляют  $-16,7$  °С. Самые низкие значения отмечаются в январе и составляют  $-34$  °С. Зимой на территории преобладает малооблачная и малоснежная погода со слабыми ветрами. В летний период атмосферный воздух прогревается до  $20-21$  °С, в некоторые годы температура может достигать  $+37$  °С. Вегетативный период теплый и умеренно теплый, начинается в начале мая и заканчивается в начале сентября, его продолжительность  $140-150$  дней. Рассматриваемая территория относится к зоне недостаточного увлажнения. Годовая сумма осадков здесь не превышает  $350-400$  мм. Во второй половине лета выпадает полугодовая норма осадков, составляющая  $9-10$  см в месяц. Для района исследования характерны засушливые явления, наступающие в весенне-летний период, и весенние и раннеосенние заморозки. В течение года на территории преобладают ветры северо-западного и юго-восточного направлений. Осень определяется как почти безветренный, с малым количеством осадков ( $35-40$  мм) и ранними заморозками период [Боханский район].

Реки Балей, Ирей, Качиг, Олонка, Тараса и Ида расположены на пересечении юго-восточной части Иркутско-Черемховской равнины и Лено-Ангарского плато. Территория равнины сложена осадочными породами, среди которых широко распространены песчаники, алевролиты, аргиллиты, реже встречаются известняки, а также красноцветные карбонатно-силикатные отложения. Плато сложено карбонатно-терригенными породами периодов кембрия и ордовика, сформированными песчаниками, доломитами, известняками и базальтами.

Сток малых рек Боханского района формируется в равнинно-лесостепных, малоувлажненных условиях. Водный режим рек характеризуется высоким весенним половодьем, низкой и продолжительной летней и зимней меженью. Летние паводки в отдельные годы значительно превышают весеннее половодье. Малые реки Боханского района являются постоянными водотоками, однако по причине небольшой площади водосбора в зимний период они промерзают до дна, и сток прекращается. Речная сеть на исследуемой территории характеризуется малой густотой ( $0,1-0,3$  км/км<sup>2</sup>), небольшими уклонами, не превышающими  $1-2$  %, и большой извилистостью ( $1,5-2$  %). Долины рек в верховьях выражены неясно, имеют пологие, заболоченные склоны.

Течение малых рек Боханского района слабое, поймы заболочены, закустарены, с редкой березой. Русла рек извилистые, дно песчано-галечное, берега преимущественно открытые, сложенные из песчано-илистых отложений. Питание рек происходит в основном за счет атмосферных осадков, роль грунтовых вод в данном отношении незначительна [Бочкарев, 1959]. Данные о протяженности малых рек Боханского района представлены в табл. 1. Таблица построена по информации сайта Государственного водного реестра. Самой крупной рекой является Ида – правый приток Ангары, ее длина составляет  $153$  км.

Таблица 1

Протяженность малых рек Боханского района

Название реки	Протяженность, км	Название реки	Протяженность, км
Балей	57,0	Олонка	12,0
Ирей	14,0	Тараса	16,0
Качиг	6,5	Ида	153,0

Ландшафтная структура района исследования представлена подгорно-подтаежными светлохвойными ландшафтами плоских и волнистых равнин, а также горно-таежными светлохвойными ландшафтами предгорно-горных и холмистых плато, склоновых и низкогорных форм рельефа, с мерзлотными формами. Почвы – дерново-подзолистые, серые лесные и дерново-лесные. Вдоль р. Ида встречаются черноземы, выщелоченные на суглинистых отложениях пологих склонов с бугристо-западным микрорельефом, преимущественно распаханые [Почвенная карта Иркутской ... , 1988]. Территория относится к Среднесибирскому подтаежно-лесостепному району лесостепной лесорастительной зоны. Растительный покров выражен осиново-березовыми разнотравными устойчивыми лесами, сосновыми и лиственнично-сосновыми рододендровыми бруснично-травяными лесами на выровненных поверхностях и пологих склонах, а также сосновыми остепненными бруснично-травяными лесами [Атлас. Иркутская область ... , 2004].

### Результаты исследования и их обсуждение

*Водородный показатель.* При контроле качества состояния водного объекта особое значение приобретает водородный показатель. Концентрации ионов водорода играют большую роль в химических и биологических процессах, протекающих в водоемах. Так, например, от значений рН зависит жизнедеятельность организмов и растений, обитающих в водах, устойчивость различных форм элементов к миграции и превращение биогенных элементов в вещества, обладающие токсическими свойствами. Для живых организмов минимальная величина рН равна 5,0. Для питьевой воды норма значения водородного показателя варьируется от 6,0 до 9,0 единиц, в водоемах культурно-бытового и хозяйственно-питьевого назначения данная величина составляет от 6,5 до 8,5 (ГН2.1.5.689-98). В рассмотренных образцах воды значения рН обнаружены на уровне допустимых и варьируются от 7,3 до 8,1 (табл. 2). Воды р. Балей относятся к нейтральным, реакция воды рек Ирей, Качиг, Олонка, Тараса и Ида – слабощелочная. Щелочные воды распространены в лесостепных и степных ландшафтах, а также в ландшафтах, где подстилающими породами являются известняки и доломиты.

На формирование щелочной реакции вод также влияет антропогенный фактор. Подщелачивание вод происходит в результате накопления в почвах продуктов сжигания угля в виде золы и шлаков, поступающих на рассматриваемую территорию с техногенными выбросами от промышленных предприятий Иркутско-Черемховского промышленного узла, а также с выбросами от местных котельных.

Таблица 2

Физико-химическая характеристика малых рек Боханского района

Показатель	ПДК		Балей	Ирей	Качиг	Олонка	Тараса	Ида
	Рыб.-хоз.	Хоз.-питьевое						
рН	6,50–8,50 ед.		7,30	8,10	7,70	7,54	7,74	7,81
мг/дм <sup>3</sup>								
Сумма ионов	–	–	189,80	181,60	209,24	149,20	238,27	251,26
Cl <sup>-</sup>	300,00	350,00	6,1	0,10	0,11	1,80	0,12	0,12
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	100,0	500,0	32,0	3,2	8,5	9,5	41,0	98,3
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	-	-	102,0	125,0	141,2	101,0	134,0	89,4
Na <sup>+</sup>	120,0	200,0	2,3	3,5	2,2	2,1	4,3	1,7
Ca <sup>2+</sup>	180,0	-	34,2	35,0	40,0	24,1	40,3	42,1
K <sup>+</sup>	50,00	-	0,90	0,71	0,23	0,6	0,35	0,34
Mg <sup>2+</sup>	40,0	50,0	12,3	14,1	17,0	10,1	18,2	19,3
Растворенный кислород	> 6,00	> 4,00	–	11,20	–	–	22,72	17,60
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0,080	3,000	–	0,006	0,017	–	0,600	0,102
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	40,00	45,00	–	0,18	Не обнаружено	–	0,10	7,78
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,050; 0,150; 0,200	3,500	–	Не обнаружено	0,844	–	0,120	0,020
Si <sup>2+</sup>	–	10,00	4,60	1,40	4,30	5,94	5,05	2,70
Zn <sup>2+</sup>	0,010	1,000	0,020	0,002	0,005	0,026	0,002	0,004
Co	0,001	0,100	0,001	0,001	0,005	0,001	Не обнаружено	0,001
Cu <sup>2+</sup>	0,005	1,000	0,020	0,002	0,001	0,003	0,002	0,001
Al <sup>3+</sup>	0,040	0,200	-	0,120	0,083	0,136	0,070	0,130
Ba <sup>2+</sup>	0,740	0,700	-	0,030	0,013	0,026	0,018	0,022
Pb <sup>2+</sup>	0,010	0,010	0,002	0,006	0,007	0,005	0,001	0,001
Ni <sup>2+</sup>	0,010	0,020	0,002	0,006	0,004	0,004	0,006	0,003
Sr <sup>2+</sup>	0,400	7,000	0,142	1,326	0,464	0,640	0,414	0,688

*Макрокомпоненты.* Химический состав речных вод формируется в процессе выветривания изверженных и осадочных пород, слагающих водосбор. Также он зависит от почвенных особенностей водосборной территории и биологических процессов, протекающих в самом водном объекте.

Согласно гидрогеологическому районированию малые реки рассматриваемого района относятся к Восточно-Сибирской артезианской области. По сумме ионов они делятся на воды с малой минерализацией (< 200 мг/дм<sup>3</sup>) – реки Балей, Ирей и Олонка и воды со средней степенью минерализации (200–500 мг/дм<sup>3</sup>) – реки Качиг, Тараса и Ида. Согласно классификации О. А. Алёкина [1970], сочетающей в себе принцип деления речных вод по преобладающим анионам и катионам, природные воды распределяются на три класса: гидрокарбонатные, сульфатные и хлоридные. Каждый класс воды по преобладающему катиону подразделяется на три группы: кальциевую, магниевую и натриевую. Воды рек Балей, Ирей, Качиг, Олонка и Тараса относятся к гидрокарбонатно-кальциевым. Воды Иды – к сульфатному классу,

группе кальция. Аналогичные результаты были получены ранее П. Ф. Бочкаревым [Бочкарев, 1959].

Химический состав воды рек Балей и Ирей формируется в результате выветривания среднеюрских отложений присаянской свиты, сложенных песчаниками и алевролитами. В ионном составе воды р. Балей преобладают гидрокарбонаты, на их долю приходится 77 % экв., преобладающим катионом является кальций – 55 % экв. Доминирующим анионом в составе воды р. Ирей является гидрокарбонат-ион (98 % экв.), среди катионов преобладает кальций (54 % экв.).

Реки Качиг и Олонка формируют свой состав среди нижнеюрских отложений заларинской свиты. Доминирующим анионом в водах рек Качиг и Олонка является гидрокарбонат-ион, на его долю приходится 91–96 % экв., среди катионов преобладает кальций (55–57 % экв.). В водах р. Качиг значительную долю также составляет магний – 40 % экв.

Ионный состав р. Тараса формируется при дренировании отложений черемховской свиты, среди анионов большую долю составляют гидрокарбонаты – 83 % экв., преобладающим катионом является кальций – 58 % экв.

Химический состав воды р. Ида формируется среди верхнечетвертичных и современных аллювиальных отложений. В ионном составе ее вод преобладают сульфаты, на их долю приходится более 52 % экв. Данный тип химического состава рек, с доминирующим сульфат-анионом, не свойственен для Восточной Сибири, где в составе большинства рек преобладают гидрокарбонатно-кальциевые ионы. Особенности ионного состава воды р. Ида связаны с дренированием сильно загипсованных верхнекембрийских отложений. В бассейне Иды интенсивно протекают карстовые процессы [Бочкарев, 1959].

В водах малых рек Боханского района хлорид-ионы присутствуют в небольших количествах. Их доля составляет 0,5–2 % экв., исключением является р. Балей, содержание хлоридов в ней достигает 8 % экв.

Качество вод рассматриваемых малых рек по содержанию преобладающих анионов и катионов соответствует установленным нормам предельно допустимых концентраций для водоемов рыбохозяйственного<sup>1</sup>, хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначений<sup>2</sup> (см. табл. 1).

*Растворенный кислород.* Содержание в воде растворенного кислорода имеет важное значение для оценки экологического и санитарного состояния водного объекта. Основными источниками кислорода для воды являются фотосинтезирующие растения и атмосфера. Кислород должен содержаться в воде в достаточном количестве, обеспечивая условия для дыхания гидробионтов, а также процессы самоочищения водоемов. Снижение концентрации растворенного кислорода в воде свидетельствует об изменении биологических процессов, происходящих в водном объекте, и органическом загрязнении. Нарушение процессов самоочищения и жизнедеятельности гидробионтов наблюдается при содержании кислорода в воде водоема менее

<sup>1</sup> Приказ от 28 апреля 1999 г. № 96.

<sup>2</sup> ГН2.1.5.689-98.

4 мг/дм<sup>3</sup>. Уменьшение концентраций растворенного кислорода до 2 мг/дм<sup>3</sup> вызывает гибель гидробионтов [Руководство по химическому ... , 2009]. Максимальное содержание кислорода в реках приходится на осень, минимальное наблюдается зимой, когда из-за ледостава прекращается поступление кислорода из атмосферы.

Концентрации растворенного кислорода определялись в реках Ирей, Тараса и Ида. Здесь содержание растворенного кислорода варьировало от 11 до 23 мг/дм<sup>3</sup> (табл. 2). В реке Ирей степень насыщения кислородом составляла 88 %, тогда как в реках Тараса и Ида уровень насыщения изменялся от 128 до 165 %. Пресыщение воды кислородом неблагоприятно сказывается на состоянии гидробионтов. Рост концентраций кислорода в реках наблюдается в осенний период, что связано со снижением температуры воды и повышением растворимости кислорода, с уменьшением затрат кислорода на дыхание гидробионтов и снижением интенсивности деструкционных процессов.

*Биогенные элементы.* Реки Ирей, Качиг, Тараса и Ида были исследованы на содержание соединений азота, фосфора и кремния. Данные элементы имеют особое значение для развития жизни в водных объектах. Следствием отсутствия в воде биогенных соединений является прекращение роста и развития водной растительности, избыток данных веществ также сказывается негативно и может привести к эвтрофикации водоема.

В результате анализа поверхностных вод малых рек Боханского района было установлено, что в рассмотренных водных объектах содержание биогенных элементов не превышает предельно допустимые концентрации для водоемов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения. В водах рек Качиг, Тараса и Ида установлены превышения допустимых концентраций по содержанию нитритов для водоемов рыбохозяйственного назначения (см. табл. 2). В природные водоемы биогенные элементы поступают в результате процессов жизнедеятельности и посмертного распада водных организмов, с бытовыми и промышленными сточными водами, атмосферными выпадениями [The seasonality of ... , 2012]. Неорганические соединения азота – нитриты и нитраты – присутствуют в воде в растворенном виде, они могут поступать в реки с выделениями гидробионтов и в результате жизнедеятельности азотфиксирующих бактерий. Соединения фосфора могут вымываться из пород, содержащих фосфаты [Highresolution phosphorus transfers ... , 2005; Characterising phosphorus transfers ... , 2007; Spatial and temporal ... , 2012]. В сравнении с исследованными реками Боханского района высокое содержание нитратов отмечается в р. Ида (см. табл. 2). Нитратный азот представляет собой конечную форму цепи превращений минеральных форм азота, более распространен в незагрязненных природных водах.

Повышенное в 16 раз (для олиготрофных водоемов) содержание фосфатов с превышением ПДК для водоемов рыбохозяйственного назначения обнаружено в р. Качиг. Обычно фосфаты присутствуют в водоемах в небольшом количестве, повышенное их содержание в р. Качиг указывает на антропогенный характер загрязнения. Источниками поступления  $\text{PO}_4^{3-}$  могут служить хозяйственно-бытовые стоки поселения, вблизи которого протекает река.



*Микроэлементы и тяжелые металлы.* В настоящее время термином «тяжелые металлы» обозначают ряд химических элементов, обладающих определенными химическими свойствами, токсичными как для человеческого организма, так и для флоры и фауны водоемов [Verma, 1980]. Данные элементы достаточно распространены в природе. Источники поступления тяжелых металлов делятся на природные (выветривание горных пород и минералов, вулканическая деятельность) и антропогенные (выбросы объектов энергетики, промышленных предприятий и т. д.). Тяжелые металлы участвуют в определенных биологических процессах и необходимы для организмов в небольших количествах.

Сравнение полученных данных микроэлементного состава вод малых рек Боханского района с установленными нормативами выявило двукратное превышение ПДК для водоемов рыбохозяйственного назначения по содержанию цинка в реках Балей и Олонка. Также в воде р. Балей отмечено превышение предельно допустимых концентраций по содержанию меди. Превышение установленных рыбохозяйственных нормативов по содержанию кобальта определено в р. Качиг. Вероятно, повышенные концентрации Zn, Cu, Co в речных водах связаны с выносом их из коренных пород, почв и подземных вод.

В результате анализа проб в реках Балей, Ирей, Качиг, Олонка, Тараса и Ида установлено превышение ПДК для водоемов рыбохозяйственного назначения по содержанию алюминия (табл. 2). Высокое содержание Al связано с составом осадочных, карбонатных пород, слагающих район исследования [Индикационная роль долинных ... , 2010].

В воде рек Ирей, Качиг, Олонка, Тараса и Ида установлено превышение ПДК для водоемов рыбохозяйственного назначения по содержанию стронция (см. табл. 2). Высокие концентрации Sr в водах рассмотренных рек обусловлены подтоком по зонам разломов Сибирской платформы подземных соленых вод, широко распространенных на территории водосбора р. Ангары. Об этом свидетельствуют выходы многочисленных соленых родников в ее долине [Геохимия окружающей среды ... , 2008]. При поднятии подземных вод по местам разлома наблюдается смешение с сульфатными водами. Возникает сульфатный барьер, на котором происходит осаждение Sr [Перельман, Касимов, 1999].

При сравнении данных о содержании стронция в водах рек Ирей, Тараса и Ида в октябре 2014 и 2016 гг. было обнаружено увеличение его концентраций в 2016 г. Самые высокие концентрации Sr ( $5,67 \text{ мг/дм}^3$ ) определены в р. Ида в 2016 г. По сравнению с данными, полученными в результате гидрохимического анализа за 2014 г., содержание стронция в водах Иды увеличилось в два раза (рис. 2). Повышение концентраций Sr в октябре 2016 г., возможно, связано с засушливым периодом и дефицитом осадков в рассматриваемой лесостепной зоне, где протекает р. Ида. В период осенней межени питание реки в основном происходит за счет грунтовых вод, вследствие чего содержание стронция в воде возрастает, отсутствие атмосферных осадков ведет к дальнейшему повышению его концентраций.

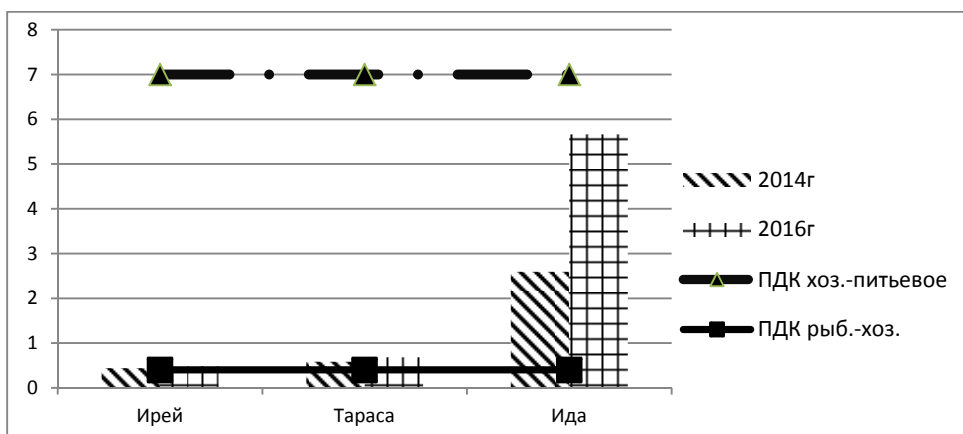


Рис. 2. Содержание стронция в водах рек Ирей, Тараса Ида, мг/дм<sup>3</sup>

**Нефтепродукты.** Основой нефтепродуктов является сырая нефть, в состав которой входят углеводороды, а также кислород, азот, сера, нафтеновая и карбоновые кислоты, сложные эфиры, фенолы и др. [Odu, 1981]. Данные органические вещества поступают в водоемы со сточными водами промышленных предприятий и хозяйственно-бытовыми стоками. Также источниками нефтепродуктов служат выхлопные газы автотранспорта. Некоторые количества углеводородов поступают в воду в результате выделений растениями и животными, а также являются продуктами разложения живых организмов. Нефтепродукты обладают меньшей плотностью по сравнению с водой и почти не растворяются в ней. Углеводороды в водной среде находятся в свободном состоянии, образуют плавающую пленку или слой. В большинстве рассмотренных образцов природной воды концентрации нефтепродуктов определены на уровне ниже предельно допустимых значений для водоемов рыбохозяйственного назначения (0,05 мг/дм<sup>3</sup>) (рис. 3).

В реках Ирей и Качиг в 2014 г. содержание нефтепродуктов отмечено на уровне, превышающем ПДК для водоемов рыбохозяйственного назначения. Увеличение концентрации нефтепродуктов, предположительно, вызвано как природными факторами – углеводороды образуются при разложении остатков растений, так и антропогенными – реки расположены вблизи дорог и могут загрязняться выхлопными газами автомобилей. В последующие годы в реках содержание нефтепродуктов снизилось и находится на уровне, не превышающем ПДК (см. рис. 3).

### Заключение

В результате исследований, проведенных осенью 2014–2017 гг., были получены данные по гидрохимическому составу рек Балей, Ирей, Качиг, Олонка, Тараса и Ида. Определено, что воды рек Балей, Ирей, Качиг, Олонка и Тараса относятся к гидрокарбонатно-кальциевым. Река Ида принадлежит к сульфатному классу, группе кальция. Реакция воды изученных малых рек слабощелочная, по сумме ионов реки маломинерализованные и среднeminерализованные. Ионный состав малых рек Боханского района во

многим зависит от природных особенностей рассматриваемой территории, в частности от подстилающих пород и климата.

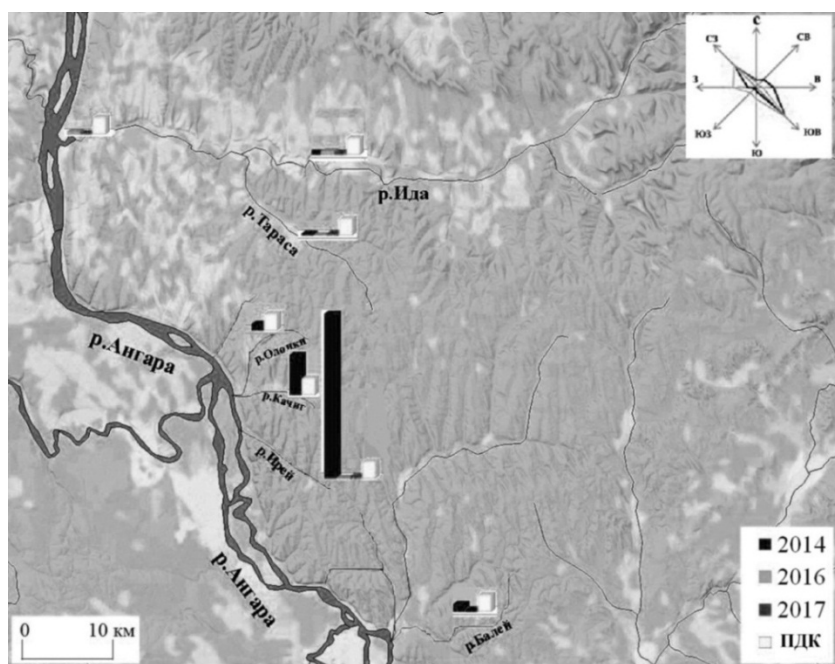


Рис. 3. Содержание нефтепродуктов в малых реках Приангарья (Боханский район) по данным 2014, 2016 и 2017 гг., мг/дм<sup>3</sup>

Качество вод малых рек Боханского района в целом соответствует установленным нормативам для водоемов хозяйственно-бытового и культурно-питьевого назначения, но также характеризуется превышением установленных рыбохозяйственных нормативов по содержанию Zn, Cu, Co, Al, Sr, биогенных веществ и нефтепродуктов. Повышенные содержания данных веществ в водах малых рек Боханского района в значительной степени связаны с природными факторами. Тяжелые металлы, биогенные вещества поступают в реки при вымывании горных пород с частицами почвогрунтов и продуктов трансформации органического материала природного происхождения. Установленные в р. Качиг высокие концентрации фосфатов с превышением ПДК для водоемов рыбохозяйственного назначения также обусловлены как природными причинами (разложение остатков растительности), так и антропогенными – поступлением хозяйственно-бытовых сточных вод с территории поселения, вблизи которого протекает река.

#### Список литературы

- Алёкин О. А. Основы гидрохимии. Л. : Гидрометиздат, 1970. 442 с.  
 Атлас. Иркутская область: экологические условия развития. М. ; Иркутск, 2004. 90 с.  
 Боханский район [Электронный ресурс]. URL: <http://www.pribaikal.ru/bohanskij.html>. (дата обращения 20.03.2018).

*Бочкарев П. Ф.* Гидрохимия рек Восточной Сибири. Иркутск : Вост.-Сиб. книж. изд-во, 1959. 156 с.

Геохимия окружающей среды Прибайкалья (Байкальский экологический полигон) / В. И. Гребенщикова, Э. Е. Лустенберг, Н. А. Китаев, И. С. Ломоносов. Новосибирск : Гео, 2008. 234 с.

*Загорюлько Н. А.* Особенности основного ионного состава поверхностных вод бассейна реки Кудя // Вестн. ИрГТУ. 2014. № 2(85). С. 61–67.

Индикационная роль долинных геосистем в ландшафтно-геохимической оценке Верхнего Приангарья / Е. Г. Нечаева, В. А. Снытко, Е. В. Напрасникова, Т. И. Коновалова, Н. В. Власова // Изв. РАН. Сер. Географическая. 2010. № 2. С. 90–99.

*Кононов В. И.* Особенности формирования качества воды малых рек Восточного Забайкалья // Экология человека 2007. № 9. С. 7–11.

О состоянии и об охране окружающей среды Иркутской области в 2016 г. : гос. докл. Иркутск : Мегапринт, 2017. 274 с.

*Перельман А. И., Касимов Н. С.* Геохимия ландшафта : учеб. пособие. 3-е изд. М. : Астрель-2000, 1999. 768 с.

Почвенная карта Иркутской области. М-б 1:1 500 000 / авт.: В. Т. Колесниченко [и др.]. М. : ГУГК, 1988. 2 л.

Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши / под ред. Л. В. Боевой. Ростов н/Д : Из-во НОК, 2009. Ч. 1. 1045 с.

*Beman J. M., Arrigo K. R., Matsen P. A.* Agricultural runoff fuels large phytoplankton blooms in vulnerable areas of the ocean // Nature. 2005. 434. P. 211–214. <https://doi.org/10.1038/nature03370>

*Berman E.* Toxic Metals and their Analysis, John Wiley & Sons Canada, Limited, 1980. P. 304.

Characterising phosphorus transfers in rural catchments using a continuous bank-side analyser / P. Jordan, A. Arnscheidt, H. McGrogan, S. McCormick // Hydrol. Earth Syst. Sci. 2007. 11. P. 372–381. <https://doi.org/10.5194/hess-11-372-2007>.

High-resolution phosphorus transfers at the catchment scale: the hidden importance of non-storm transfers / P. Jordan, J. Arnscheidt, H. McGrogan, S. McCormick // Hydrol. Earth Syst. Sci. 2005. 9. P. 685–691. <https://doi.org/10.5194/hess-9-685-2005>

How green is my river? A new paradigm of eutrophication in rivers / J. Hilton, M. O'Hare, M. J. Bowes, J. I. Jones // The science of the total environment. 2006. P. 365. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2006.02.055>.

*Irion W. W., Neuwirth O. S.* Oil Refining in Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry 2005, Wiley-VCH, Weinheim. [https://doi.org/10.1002/14356007.a18\\_051](https://doi.org/10.1002/14356007.a18_051).

*Jordan P., Cassidy R.* Technical Note: Assessing a 24/7 solution for monitoring water quality loads in small river catchments // Hydrol. Earth Syst. Sci. 2011. 15. P. 3093–3100. <https://doi.org/10.5194/hess-15-3093-2011>

Measuring in-stream productivity: the potential of continuous chlorophyll and dissolved oxygen monitoring for assessing the ecological status of surface waters / H. P. Jarvie, A. J. Love, R. J. Williams, C. Neal // Water Sci. Technol. 2003. 48. P. 191–198.

*Odu C. T.* Degradation and Weathering of crude oil under Tropical Condition. International Seminar on Petroleum Industry and the Nigerian Environment. 1981. P. 143–153.

Riverine nitrogen export from the continents to the coasts / E. W. Boyer, R. W. Howarth, J. N. Galloway, F. J. Dentener, P. A. Green, C. J. Vorosmarty // Global Biogeochemical Cycles. 2006. P. 20.

Spatial and temporal changes in chlorophyll-a concentrations in the River Thames basin, UK: are phosphorus concentrations beginning to limit phytoplankton biomass / M. J. Bowes, E. Gozzard, A. C. Johnson, P. M. Scarlett, C. Roberts, D. S. Read, L. K. Armstrong, S. Harman, H. Wickham // Sci. Total Environ. 2012. 426. P. 45–55.

The seasonality of phosphorus transfers from land to water: Implications for trophic impacts and policy evaluation / P. Jordan, A. R. Melland, P.-E. Mellander, G. Shortle, D. Wall // Sci. Total Environ. 2012. 434. P. 101–109. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2011.12.070>, 2012

## Ecological and Chemical Status of Small Rivers Angara Region (for Example Bokhan District)

M. S. Yanchuk

*V. B. Sochava Institute of Geography SB RAS, Irkutsk*

**Abstract.** The article presents the data of ecological and chemical monitoring of small rivers of the Angara region, held in October 2014–2017. The chemical composition and ecological state of the rivers flowing through the territory of the Bohan district of the Irkutsk region are considered: Baley, Ira, Kachig, Olonka, Taras and Ida. Assessment of ecological and chemical state of small rivers of Bohansky district was carried out according to the following criteria: pH, degree of water salinity, concentration of basic ions, content of some microelements, such as Zn, Cu, Al, Ba, Pb, Ni, Sr. Concentrations of nutrients and petroleum products were also determined. It was found that the water in the rivers corresponds to the standards of water bodies of household and cultural-drinking appointments. However, in some rivers the exceedances of MPC for fishery water bodies were determined by the content of Zn, Cu, Co, Al, Sr, nutrients and oil products. This is mainly due to natural factors. Anthropogenic impact on the studied rivers is insignificant.

**Keywords:** small rivers, Bokhan district, ecological and geochemical state, water quality, surface waters.

**For citation:** Yanchuk M.S. Ecological and Chemical Status of Small Rivers Angara Region (for Example Bokhan District). *The Bulletin of Irkutsk State University. Series Earth Sciences*, 2018, vol. 26, pp. 125–138. <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2018.26.125> (in Russian)

### References

- Alekin O.A. *Osnovy gidrohimii* [Basics of hydrochemistry]. Leningrad, Gidrometizdat Publ., 1970, 442 p. (in Russian)
- Atlas. Irkutskaya oblast': ehkologicheskie usloviya razvitiya* [Atlas. Irkutsk region: ecological conditions of development]. Moscow, Irkutsk, 2004. 90 p. (in Russian)
- Bohanskij rajon* [Bokhansky district]. Available at: URL: <http://www.pribaikal.ru/bohanskij.html> (data obrashcheniya 20.03.2018)
- Bochkarev P.F. *Gidrohimiya rek Vostochnoj Sibiri* [Hydrochemistry of the rivers of Eastern Siberia]. Irkutsk, Vostochno-Sibirskoe knizhnoe izdatel'stvo, Publ., 1959, 156 p. (in Russian)
- Grebenshchikova V.I., Lustenberg E.H.E., Kitaev N.A., Lomonosov I.S. *Geohimiya okruzhayushchej sredy Pribajkal'ya* (Bajkal'skij ehkologicheskij poligon) [Geochemistry of the environment of Baikal region (the Baikal ecological landfill)]. Novosibirsk, Geo Publ., 2008, 234 p. (in Russian)
- Zagorul'ko N.A. *Osobennosti osnovnogo ionnogo sostava poverhnostnyh vod bassejna reki Kuda* [Features of the basic ionic composition of surface waters of the Kuda river basin]. *Vestnik IrGTU* [Messenger IrGTU], 2014, no. 2(85), pp. 61-67. (in Russian)
- Nechaeva E.G., Snytko V.A., Naprasnikova E.V., Konovalova T.I., Vlasova N.V. *Indikacionnaya rol' dolinnyh geosistem v landshaftno-geohimicheskoy ocenke Verhnego Priangar'ya* [Indicative role of valley geosystems in a landscape-geochemical assessment of Upper Angara region]. *Izvestiya RAN. Seriya geograficheskaya* [Izv. Series geographic], 2010, no. 2, pp. 90-99. (in Russian)
- Kononov V.I. *Osobennosti formirovaniya kachestva vody malyh rek Vostochnogo Zabajkal'ya* [Features of formation of water quality of small rivers of Eastern Transbaikalia] *Ehkologiya cheloveka* [Human ecology], 2007, no. 9, pp. 7-11. (in Russian)
- Gosudarstvennyj doklad «O sostoyanii i ob ohrane okruzhayushchej sredy Irkutskoj oblasti v 2016 godu»* [State report on the state and environmental protection of the Irkutsk region in 2016]. Irkutsk, Megaprint Publ., 2017, 274 p. (in Russian)

- Perelman A.I., Kasimov N.S. *Geohimiya-landshafta* [Geochemistry of the landscape]. Izdanie 3. Moscow, Astreya-2000, 1999, 768 p. (in Russian)
- Pochvennaya karta Irkutskoj oblasti* [Soil map of Irkutsk region]. Moscow, GUGK Publ., 1988. (in Russian)
- Rukovodstvo po himicheskomu analizu poverhnostnyh vod sushi* [Guidance on chemical analysis of surface waters of the land.]. Ch. 1. I.V. Boevaya (red.). Rostov-na-donu, 2009, pp. 1045 (in Russian)
- Beman J. M., Arrigo K. R., Matson P. A. Agricultural runoff fuels large phytoplankton blooms in vulnerable areas of the ocean. *Nature*, 2005, N 434, pp. 211-214. <https://doi.org/10.1038/nature03370>
- Berman E. Toxic Metals and their Analysis, John Wiley & Sons Canada, Limited, 1980, P. 304.
- Jordan P., Arnscheidt A., McGrogan H., McCormick S. Characterising phosphorus transfers in rural catchments using a continuous bank-side analyser. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 2007, N 11, pp. 372-381. <https://doi.org/10.5194/hess-11-372-2007>,
- Jordan P., Arnscheidt J., McGrogan H., McCormick S.: Highresolution phosphorus transfers at the catchment scale: the hidden importance of non-storm transfers. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 2005, N 9, pp. 685-691. <https://doi.org/10.5194/hess-9-685-2005>
- Hilton J., O'Hare M., Bowes M. J., Jones J. I. How green is my river? A new paradigm of eutrophication in rivers. *The science of the total environment*, 2006, p. 365. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2006.02.055>
- Irion W.W., Neuwirth O.S. Oil Refining in Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry 2005, Wiley-VCH, Weinheim. [https://doi.org/10.1002/14356007.a18\\_051](https://doi.org/10.1002/14356007.a18_051)
- Jordan P., Cassidy R. Technical Note: Assessing a 24/7 solution for monitoring water quality loads in small river catchments. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 2011, N 15, pp. 3093-3100. <https://doi.org/10.5194/hess-15-3093-2011>
- Jarvie H.P., Love A.J., Williams R.J., Neal C. Measuring in-stream productivity: the potential of continuous chlorophyll and dissolved oxygen monitoring for assessing the ecological status of surface waters. *Water Sci. Technol.*, 2003, no. 48, pp. 191-198.
- Odu C. T. Degradation and Weathering of crude oil under Tropical Condition. International Seminar on Petroleum Industry and the Nigerian Environment, 1981, pp. 143-153.
- Boyer E. W., Howarth R. W., Galloway J. N., Dentener F. J., Green P. A., Vorosmarty C. J. Riverine nitrogen export from the continents to the coasts. *Global Biogeochemical Cycles*, 2006, p. 20.
- Bowes M. J., Gozzard E., Johnson A. C., Scarlett P. M., Roberts C., Read D. S., Armstrong L. K., Harman S., Wickham H. Spatial and temporal changes in chlorophyll-a concentrations in the River Thames basin, UK: are phosphorus concentrations beginning to limit phytoplankton biomass. *Sci. Total Environ*, 2012, N 426, pp. 45-55.
- Jordan P., Melland A.R., Mellander P.-E., Shortle G., Wall D. The seasonality of phosphorus transfers from land to water: Implications for trophic impacts and policy evaluation. *Sci. Total Environ.*, 2012, 434, pp. 101-109. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2011.12.070>

**Янчук Мария Сергеевна**

младший научный сотрудник  
Институт географии им. В. Б. Сочавы  
СО РАН  
Россия, 664033, г. Иркутск,  
ул. Улан-Баторская, 1  
тел.: (3952)42-70-89  
e-mail: m\_s\_yanchuk@mail.ru

**Yanchuk Maria Sergeevna**

Junior Researcher  
V. B. Sochava Institute of Geography SB RAS  
1, Ulan-Batorskaya st., Irkutsk, 664033,  
Russian Federation  
tel.: (3952)42-70-89  
e-mail: m\_s\_yanchuk@mail.ru

**Дата поступления:** 18.07.2018

**Received:** July, 18, 2018