

## ИССЛЕДОВАНИЯ В БАССЕЙНЕ БАЙКАЛА

УДК 504.4.054

DOI: 10.21782/GIPR0206-1619-2020-4(95-104)

**Б.О. ГОМБОЕВ\*., \*\*, А.Б. ЦЫБИКОВА\*, И.Д. УЛЬЗЕТУЕВА\*, Д.Ц.-Д. ЖАМЬЯНОВ\***

\*Байкальский институт природопользования СО РАН, 670047, Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6, Россия, bgom@binm.ru, ryushaz@yandex.ru, idulz@yandex.ru, daba@binm.ru

\*\*Бурятский государственный университет, 670000, Улан-Удэ, ул. Смолина, 24а, Россия, bgom@binm.bscnet.ru

### ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ В БАССЕЙНЕ РЕКИ СЕЛЕНГИ НА ТЕРРИТОРИИ МОНГОЛИИ И РОССИИ В РЕЗУЛЬТАТЕ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

*Представлены результаты исследования современного состояния и моделирования трансграничного переноса загрязняющих веществ со стоком рек бассейна р. Селенги. На основе методики расчета коэффициента загрязненности дана оценка степени загрязненности бассейна р. Селенги на территориях Монголии и Республики Бурятия (РФ) на линейных участках реки и ее притоков в границах соседних створов по данным государственного мониторингового наблюдения в обеих странах. Результаты оценки воздействия объектов хозяйственной деятельности, расположенных в бассейне трансграничной р. Селенги, на водотоки по  $\alpha$ -показателю коэффициента загрязненности и последующему ранжированию по четырем рангам загрязненности свидетельствуют о продолжающемся загрязнении водосборного бассейна и непосредственно оз. Байкал недостаточно очищенными сточными водами предприятий промышленности и жилищно-коммунального хозяйства. Проведенные расчеты показали, что наиболее нарушены водные экосистемы рек Кяхтинки (Хиага), Модонкуля, Селенги в приграничной зоне вдоль границы России и Монголии в районе Наушки–Сухэ-Батор, Кяхта–Алтанбулаг и в районе пос. Новоселенгинска. На территории российской части бассейна ниже по течению р. Селенги степень загрязненности вод увеличивается в районах Гусиноозёрского и Улан-Удэнского промышленных узлов. Средний показатель коэффициента загрязненности, по расчетам на российской части бассейна р. Селенги, был выше, чем на монгольской, что позволяет сделать вывод, что степень загрязнения по рассматриваемым веществам на территории Монголии ниже, чем на российской.*

**Ключевые слова:** загрязняющие вещества, трансграничный перенос, оценка качества воды, коэффициент загрязненности вод, антропогенное загрязнение, мониторинг.

**B.O. GOMBOEV\*., \*\*, A.B. TSYBIKOVA\*, I.D. UL'ZETUEVA\*, D.TS.-D. ZHAMYANOV\***

\*Baikal Institute of Nature Management, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, 670047, Ulan-Ude, ul. Sakhyanovoi, 6, Russia, bgom@binm.bscnet.ru, ryushaz@yandex.ru, idulz@yandex.ru, daba@binm.ru

\*\*Buryat State University, 670000, Ulan-Ude, ul. Smolina, 24a, Russia, bgom@binm.bscnet.ru

### ASSESSING THE ANTHROPOGENICALLY CAUSED POLLUTION OF WATER BODIES WITHIN THE SELENGA RIVER BASIN ON THE TERRITORY OF MONGOLIA AND RUSSIA

*Presented are the results from studying the current state, modeling and forecasting of the transboundary transport of pollutants with the flow of the rivers within the Selenga river basin. The method for calculating the pollution coefficient was used to assess the degree of pollution of the Selenga river basin on the territories of Mongolia and the Republic of Buryatia (RF) on the linear sections of the river and its tributaries within the boundaries of the adjacent river sections according to data of state monitoring observation in both countries. Results from assessing the impact of economic entities located within the transboundary Selenga river basin on the streams according to the  $\alpha$ -indicator of the pollution coefficient and subsequent ranking by four levels of pollution indicate that the catchment and Lake Baikal itself continue to be polluted by insufficiently treated wastewater from industrial enterprises and housing and communal services. Calculations showed that the aquatic ecosystems of the Kyakhtinka*

*(Khiagt) river, the Modonkul river and the Selenga river in the border zone along the border of Russia and Mongolia in the area of Naushki – Siikhbaatar and Kyakhta – Altan-Bulak, and in the area of the settlement of Novoselenginsk are most disturbed. On the territory of the Russian part of the basin, the Selenga river downstream, the degree of water pollution is increasing in the areas of industrial centers, such as Gusinoozersk and Ulan-Ude. The average indicator of the pollution coefficient as calculate for the Russian part of the Selenga river basin was higher than that for the Mongolian part, which suggests the conclusion that the degree of pollution by the pollutants under consideration is higher on the Mongolian territory than on the Russian territory.*

**Keywords:** *pollutants, transboundary transport, water quality assessment, water pollution coefficient, anthropogenic pollution, monitoring.*

## ВВЕДЕНИЕ

Протяженность границы между Российской Федерацией и Монголией составляет 3485 км, в том числе речной — 588,3 км и озерной — 8,1 км. Линию российско-монгольской границы в ту или иную сторону пересекает около 100 водных объектов. Крупнейший из них — это р. Селенга, исток которой находится на территории Монголии.

Бассейн р. Селенги — самый развитый регион Монголии с максимальной концентрацией населения и промышленного производства, что обуславливает значительную нагрузку на окружающую среду. Наиболее сильному воздействию подвергаются поверхностные водные ресурсы, в первую очередь крупные реки, входящие в бассейн Селенги, в частности Туул, Орхон, Хараа. К источникам антропогенного воздействия относятся: добыча полезных ископаемых, в основном цветных руд, редких и благородных металлов, бурого угля и других полезных ископаемых в городах Булган, Дархан, Мурэн, Улан-Батор, Шарынгол и Эрдэнэт, топливно-энергетическая, легкая и пищевая промышленность. На территории России источниками антропогенного загрязнения являются крупные промышленные узлы, расположенные в бассейне р. Селенги: Кяхтинский, Закаменский, Гусиноозёрский, Улан-Удэнский, Селенгинский.

Трансграничный бассейн р. Селенги играет очень важную роль не только в формировании и функционировании природных систем на значительной части Монголии и субъекта РФ — Республики Бурятия, но и в социально-экономическом развитии данных территорий, дальнейшее хозяйственное освоение которых в перспективе может повлиять на состояние водных объектов. В этой связи актуален анализ их загрязненности, результаты которого в дальнейшем можно использовать для оценки изменения качества природной среды.

## ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ

Река Селенга, представляющая собой основной приток оз. Байкал, относится к трансграничным водным объектам, поскольку ее водосборная площадь расположена на территории двух государств — Российской Федерации (РФ) и Монголии. Бассейн реки занимает 80 % всего водосбора Байкала, сток составляет почти 50 % общего притока в озеро. От места слияния рек Идэр и Мурэн на территории Монголии Селенга протекает в восточном и северо-восточном направлениях, а в пределах России меняет направление на северное, затем, в самом низовье, — на западное. Длина реки 1024 км, а с учетом р. Идэр — 1480 км, в пределах РФ — 409 км. Площадь бассейна 447 060 км<sup>2</sup>, в том числе на территории РФ — 166 060 км<sup>2</sup> (37 %), на территории Монголии — 281 000 км<sup>2</sup> (63 %) [1]. Регулярные исследования р. Селенги и ее основных притоков проводятся с 1930-х гг. и до настоящего времени [2–15].

Для анализа водохозяйственной обстановки на территории монгольской и российской частей бассейна р. Селенги и определения степени антропогенной нагрузки на водные объекты была проведена оценка качества воды р. Селенги и ее притоков. Оценка степени антропогенного воздействия на водные объекты проводилась на основе методики расчета коэффициента загрязненности (КЗ), разработанной В.Р. Лозанским, В.П. Белогуровым, С.А. Песиной [16, 17].

Авторами [17] были предложены две модификации указанного показателя:  $\alpha$ -показатель КЗ, ориентированный на учет отклонений от ПДК по отдельным ингредиентам, и  $\beta$ -показатель КЗ, учитывающий одновременное присутствие в воде нескольких веществ с одинаковым лимитирующим признаком вредности (ЛПВ) в соответствии с [18].

Для измерения и ранжирования антропогенного воздействия на водные объекты бассейна р. Селенги был использован  $\alpha$ -показатель КЗ. Для его расчета можно использовать широкий ряд характеристик загрязняющих веществ с добавлением новых, и в дальнейшей работе предполагается расширить этот ряд, дополнив их тяжелыми металлами [19, 20]. В табл. 1 показан пример результата расчета

Таблица 1  
 Результаты расчетов ранга и  $\alpha$ -показателя коэффициента загрязненности (КЗ) по створам рек в бассейне р. Селенги, 2011 г.

Река	Створ	$\alpha$ -показатель КЗ по ингредиентам										Средний КЗ по створу	Ранг
		I группа – кислородный показатель		II группа – токсикологический показатель			III группа – санитарно-токсикологический показатель		IV группа – органические примеси				
		раствор. кислород	БПК5	азот аммония	азот нитритный	железо	азот нитратный	фтор	ХПК				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Идэр	Зурх	0	0	0	0	0,11	0	0	0	0,01	1		
Дэлгэр мурэн	Мурэн	0	0	0	0	0,15	0	0	0	0,02	1		
Чулуут	Ундэр-улаан	0	0	0,08	0	0,08	0	0,06	0	0,03	1		
Суман	Тариат	0	0	0,29	0	0	0	0,50	0,02	0,10	2		
Селенга	Тосонцэнгэл	0	0	0	0	0,25	0	0	0	0,03	1		
Уур	Цагаан-Уур	0	0	0	0	0,12	0	0	0,04	0,02	1		
Эг	Хангай	0	0	0,12	0	0	0	0	0,01	0,02	1		
Селенга	Зуунбурэн	0	0	0	0,07	0	0	0	0	0,01	1		
Хангал	Хангал	0	0,52	0	0	0	0	0,24	0	0,09	1		
Хойт тамир	Их тамир	0	0	0,04	0	0	0	0	0,02	0,01	1		
Орхон	Хархорин	0	0	0,20	0,13	0,88	0	0,03	0,05	0,16	2		
Зуунгуруун	Булган	0	0	0	0,09	0	0	0,10	0	0,02	1		
Орхон	Орхон	0	0	0	1,37	0,04	0	0	0,07	0,18	2		
»	Сухбаатар	0,03	0,19	0	0	0,13	0	0	0,09	0,05	1		
Хараа	Дархан	0	0,37	0,06	0	0,08	0	0	0,49	0,12	2		
Шарын гол	Жимсний станц	0	0,40	0,15	0	0,45	0	0,11	0,63	0,22	2		
Еро	Дулаанхаан	0	0	0,03	0,02	0,14	0	0	0,06	0,03	1		
Хулэр	Хулэр	0	0	0	0	0,13	0	0	0,30	0,05	1		
Тэрэлж	Тэрэлж	0	0	0	0	0	0	0	0,08	0,01	1		
Туул	Зайсан	0	0,39	0	0	0	0	0	0,01	0,05	1		
»	Лун	–	–	0,25	1,94	0	0	0	0,05	0,37	2		
»	Орхонтуул	–	–	0,08	0,11	0	0	0	0,13	0,05	1		
Кяхтинка	Алтанбулаг	0,02	0,54	7,10	13,34	0,38	0,01	0,19	0,21	2,72	4		
Буур	Сухбаатар	0,11	0	0,54	0	0,68	0	0,29	1,25	0,36	2		
Желтура	Желтура	–	–	0,45	0,17	0,30	0	0	0,67	0,26	2		
Селенга	пос. Наушки	0	0	0	0	–	0	–	0,43	0,07	1		
»	пос. Новоселенгинск	0	0,07	–	0	7,54	0	–	0,37	1,33	4		
»	г. Улан-Удэ, 2,0 км выше города	0	0,03	0	0	2,03	0	0,23	0,12	0,30	2		

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
»	1 км ниже г. Улан-Удэ, 3 км выше с. Сотниково	0	0,02	0	0,16	4,71	0	—	0,17	0,72	3
»	3,7 км ниже рзд. Мостовой	0	0	0	0,08	2,85	0	0,24	0,11	0,41	2
»	с. Кабанск, 23,5 км выше с. Кабанск, 4,3 км выше впадения р. Виллюйки	0	0	0	0	3,59	0	—	0,11	0,53	3
»	с. Кабанск, 19,7 км выше с. Кабанск, 0,5 км ниже впадения р. Виллюйки	0	0,12	0	0,16	4,32	0	—	0,91	0,79	3
»	с. Кабанск, 0,5 км ниже с. Кабанск	0	0	0	0,03	3,57	0	—	0,09	0,53	3
»	с. Мурзино, 4,0 км ниже села	0	0,01	0	0	3,29	0	—	0,17	0,49	2
Модонкуль	г. Закаменск, 2,0 км выше города	0	0,11	0	0	9,37	0	7,07	0,00	2,07	4
»	г. Закаменск, 1,0 км ниже сброса сточных вод ГОС	0	0	0	0,15	7,10	0	8,25	0,10	1,95	4
Джида	с. Хамней, 4,0 км выше села	0	0,12	0	0	0,30	0	—	0,41	0,12	2
»	ст. Джида 3,5 км к ЮЗ от станции	0	0,07	0	0	0,20	0	—	0,31	0,08	1
Чикой	с. Чикой, 1,0 км выше Чикойского коззавода	0	0	0	0	1,50	0	—	0,39	0,27	2
»	с. Поворог, 0,5 км выше села	0	0,14	0	0	4,01	0	—	0,31	0,64	3
Хилок	заимка Хайластуй, на уровне заимки	0	0,25	0	0	2,81	0	—	0,49	0,51	3
Темник	улус Улан-Удунга, 1,0 км к ЮЗ от улуса	0	0,06	0	0	0,10	0	—	0,09	0,04	1
оз. Гусиное	ст. Гусиное Озеро	0	0,18	0	0	0,35	0	—	0,36	0,13	2
р. Она	с. Нижняя Майла, 0,2 км выше станции	0	0	0	0	2,00	0	—	0,32	0,33	2
р. Брянка	ст. Заиграво, 0,2 км выше станции	0	0,28	0	0	2,90	0	—	0,06	0,46	2
р. Уда	г. Улан-Удэ, 1,0 км выше города	0	0	0	0	1,80	0	0,41	0,01	0,28	2
»	в черте города Улан-Удэ	0	0	0	0	2,49	0	0,58	0,04	0,39	2
р. Куйтунка	с. Тарбагатай, 0,2 км выше села	0	0,55	0,35	1,40	—	0	—	0,97	0,55	3

Примечание. Прочерк – элемент отсутствует.

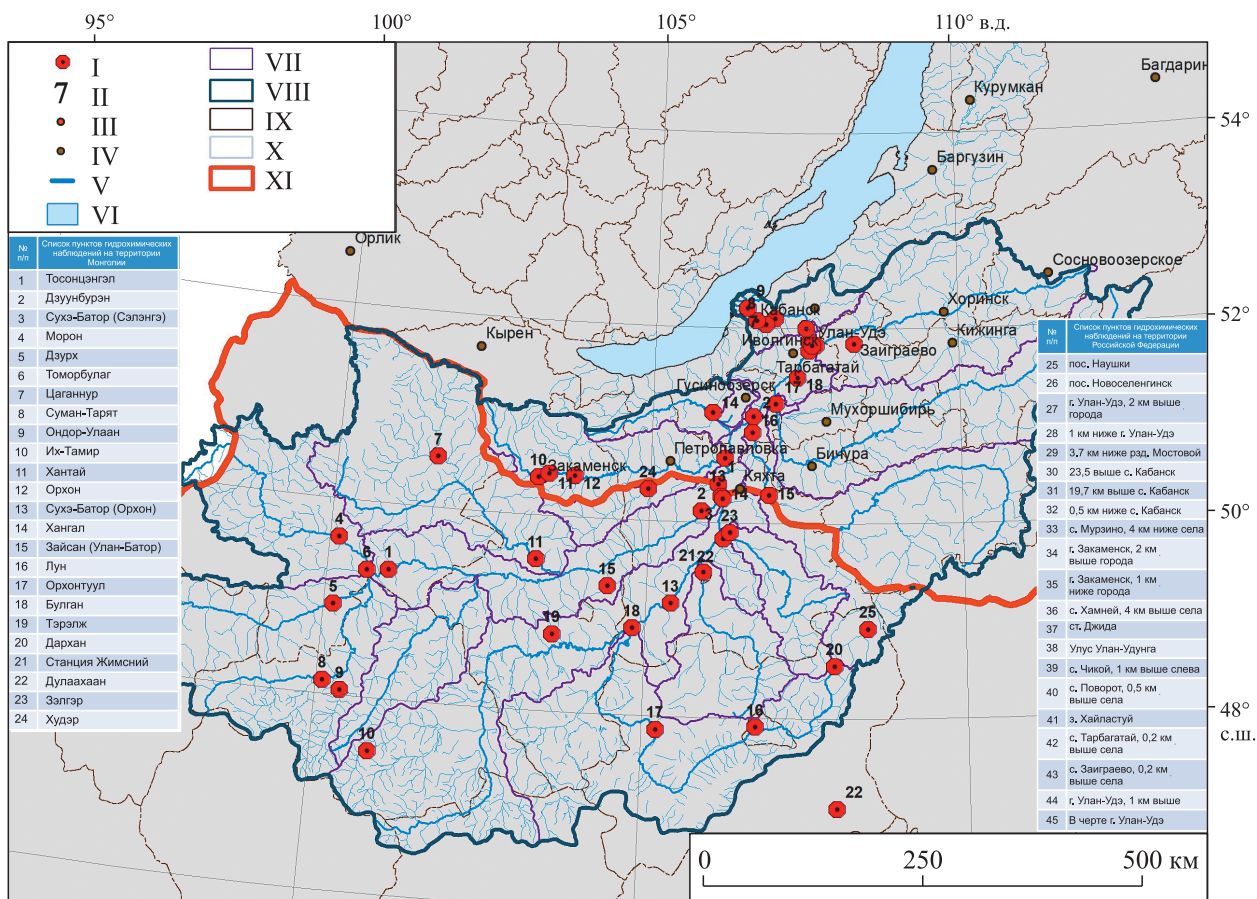


Рис. 1. Гидрографическая карта бассейна р. Селенги.

I — гидрологический пост; II — порядковый номер; III — городской округ; IV — центр муниципального образования, аймака; V — реки; VI — озера. Границы: VII — ВХУ и речных бассейнов, VIII — бассейна р. Селенги, IX — муниципальных образований, аймаков, X — субъекта РФ, XI — государственная.

ранга и  $\alpha$ -показателя КЗ по данным за 2011 г. [21, 22]. Результаты расчетов по данным 2008–2011 г. [21, 22] в створах гидрологических постов рек бассейна р. Селенги на территории Российской Федерации и Монголии (рис. 1) по восьми показателям, по которым ведется государственное мониторинговое наблюдение, приведены в табл. 2 [23, 24].

Согласно методике расчета  $\alpha$ -показателя КЗ, загрязняющие вещества, по которым производился анализ, сгруппированы следующим образом: группа I — кислородный показатель (растворимый кислород и БПК<sub>5</sub>), группа II — токсикологический показатель (азот аммонийный, азот нитритный и железо общее), группа III — санитарно-токсикологический показатель (азот нитратный, фтор), группа IV — органические примеси (ХПК).

По итогам расчета  $\alpha$ -показателя КЗ по каждому створу проведено ранжирование указанного коэффициента и выделены следующие ранги загрязненности: 1-й ранг — слабо загрязненный, КЗ = 0–0,1; 2-й ранг — загрязненный — КЗ = 0,1–0,5; 3-й ранг — сильно загрязненный — КЗ = 0,5–1; 4-й ранг — экстремально загрязненный — КЗ > 1.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе исследования установлено, что во всех створах среднее значение КЗ > 0, поскольку почти в каждом из них наблюдается превышение ПДК по железу и ХПК (см. табл. 1). Так, в створе пос. Наушки значение КЗ по ХПК, равное 0,43, свидетельствует о превышении уровня ХПК над значением ПДК на 43 %. Таким образом, величина КЗ характеризует среднее превышение нормативов в долях ПДК.

**α-Показатель коэффициента загрязненности в бассейне р. Селенги, 2008–2011 гг.**

Река	Створ	α-показатель КЗ				Ранг			
		2008 г.	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2008 г.	2009 г.	2010 г.	2011 г.
Идэр	Зурх	0,05	0,03	0,04	0,01	1	1	1	1
Дэлгэр мурэн	Мурэн	0,05	0,01	0,01	0,02	1	1	1	1
Чулуут	Ундэр-улаан	0,00	0,12	0,05	0,03	1	2	1	1
Суман	Тариат	0,02	0,01	0,02	0,10	1	1	1	2
Селенга	Тосонцэнгэл	0,05	0,02	0,02	0,03	1	1	1	1
Уур	Цагаан-Уур	0,03	0,00	0,01	0,02	1	1	1	1
Эг	Хантай	0,01	0,02	0,02	0,02	1	1	1	1
Селенга	Зуунбурэн	0,01	0,00	0,02	0,01	1	1	1	1
Хангал	Хангал	0,13	0,13	0,14	0,09	2	2	2	1
Хойт тамир	Их тамир	0,00	0,03	0,03	0,01	1	1	1	1
Орхон	Хархорин	0,05	0,03	0,06	0,16	1	1	1	2
Зуунтуруун	Булган	0,09	0,05	0,05	0,02	1	1	1	1
Орхон	Орхон	0,04	0,00	0,17	0,18	1	1	2	2
»	Сухбаатар	0,04	0,02	0,16	0,05	1	1	2	1
Хараа	Дархан	0,05	0,17	0,20	0,12	1	2	2	2
Шарын гол	Жимсний станц	0,08	0,26	0,70	0,22	1	2	3	2
Еро	Дулаанхаан	0,01	0,01	0,04	0,03	1	1	1	1
Худэр	Худэр	0,02	0,03	0,02	0,05	1	1	1	1
Тэрэлж	Тэрэлж	0,01	0,00	0,03	0,01	1	1	1	1
Туул	Зайсан	0,13	0,10	0,03	0,05	2	2	1	1
»	Лун	0,60	0,54	0,43	0,37	3	3	2	2
»	Орхонтуул	0,07	0,07	0,12	0,05	1	1	2	1
Кяхтинка	Алтанбулаг	1,66	0,33	1,92	2,72	4	2	4	4
Буур	Сухбаатар	0,24	0,31	0,36	0,36	2	2	2	2
Желтура	Желтура	0,02	0,03	0,08	0,26	1	1	1	2
Селенга	пос. Наушки	1,52	0,98	0,82	0,07	4	3	3	1
»	пос. Новоселенгинск	0,06	0,52	0,71	1,33	1	3	3	4
»	г. Улан-Удэ, 2 км выше города	0,03	0,55	0,36	0,3	1	3	2	2
»	1,0 км ниже г. Улан-Удэ, 3,0 км выше с. Сотниково	0,05	0,40	0,38	0,72	1	2	2	3
»	3,7 км ниже рзд. Мостовой	0,06	0,41	0,42	0,41	1	2	2	2
»	с. Кабанск, 23,5 км выше с. Кабанск, 4,3 км выше впадения р. Виллойки	0,47	0,68	0,64	0,53	2	3	3	3
»	с. Кабанск, 19,7 км выше с. Кабанск, 0,5 км ниже впадения р. Виллойка	0,62	0,74	0,69	0,79	3	3	3	3
»	с. Кабанск, 0,5 км ниже с. Кабанск	0,52	0,85	0,47	0,53	3	3	2	3
»	с. Мурзино, 4,0 км ниже села	0,52	0,72	0,58	0,49	3	3	3	2
Модонкуль	г. Закаменск, 2,0 км выше города	3,39	0,65	0,83	2,07	4	3	3	4
»	г. Закаменск, 1,0 км ниже сб. ст. вод ГОС	3,55	1,22	0,28	1,95	4	4	2	4
Джида	с. Хамней, 4,0 км выше села	0,94	0,07	0,28	0,12	3	1	2	2
»	ст. Джида 3,5 км к ЮЗ от станции	0,05	0,04	0,04	0,08	1	1	1	1
Чикой	с. Чикой, 1,0 км выше Чикойского кожзавода	0,36	0,53	0,77	0,27	2	3	3	2
»	с. Поворот, 0,5 км выше села	0,42	0,63	0,33	0,64	2	3	2	3
Хилок	заимка Хайластуй, на уровне заимки	0,62	0,93	0,73	0,51	3	3	3	3
Темник	улус Улан-Удунга, 1,0 км к ЮЗ от улуса	0,86	0,28	0,11	0,04	3	2	2	1
оз. Гусиное	ст. Гусиное Озеро	1,33	0,17	0,25	0,13	4	2	2	2
р. Она	с. Нижняя Майла, 0,2 км выше станции	0,13	0,14	0,01	0,33	2	2	1	2
р. Брянка	ст. Заиграево, 0,2 км выше станции	0,25	0,93	0,36	0,46	2	3	2	2
р. Уда	г. Улан-Удэ, 1,0 км выше города	0,18	0,41	0,37	0,28	2	2	2	2
»	в черте города Улан-Удэ	0,08	0,45	0,27	0,39	1	2	2	2
р. Куйтунка	с. Тарбагатай, 0,2 км выше села	0,13	1,90	2,01	0,55	2	4	4	3

Пространственное распределение загрязненных участков поверхностных вод в бассейне р. Селенги по  $\alpha$ -показателю в 2011 г. представлено на карте (рис. 2). Видно, что в целом средний показатель КЗ, зафиксированный на пунктах наблюдения, расположенных в монгольской части бассейна реки, ниже, чем в российской его части. Таким образом, степень загрязнения по рассматриваемым веществам для монгольской территории ниже, чем для российской. Большинство створов наблюдения в бассейне р. Селенги на территории Монголии относятся к 1-му рангу загрязненности. Наиболее загрязнены воды р. Орхона, где показатель КЗ достигает наивысших значений, а ранг загрязненности соответствует 2, а также воды р. Кяхтинки, расположенной на границе. В створе Алтанбулаг среднее превышение по всем ингредиентам превышает 272 %, а вода оценивается как «экстремально загрязненная», что соответствует 4-му рангу по шкале загрязненности по  $\alpha$ -показателю.

В створах, расположенных в российской части бассейна Селенги, среднее значение КЗ по представленным загрязняющим веществам выше, чем в створах на монгольской стороне. Качество воды в пунктах наблюдения в российской части бассейна оценивалось как «загрязненная» и «сильно загрязненная» вода, что соответствует 2-му ( $K3 = 0,1-0,5$ ) и 3-му ( $K3 = 0,5-1$ ) рангам. В створах у городов Улан-Удэ и Гусиноозёрска и пос. Селенгинска воды относятся к «сильно загрязненным» (3-й ранг по коэффициенту  $\alpha$ -показателя (0,5; 1)).

Качество воды в створах, расположенных на р. Модонкуль (г. Закаменск) и на р. Селенге (пос. Новоселенгинск), оценивалось как «экстремально загрязненная», при этом значение КЗ превышало 1.

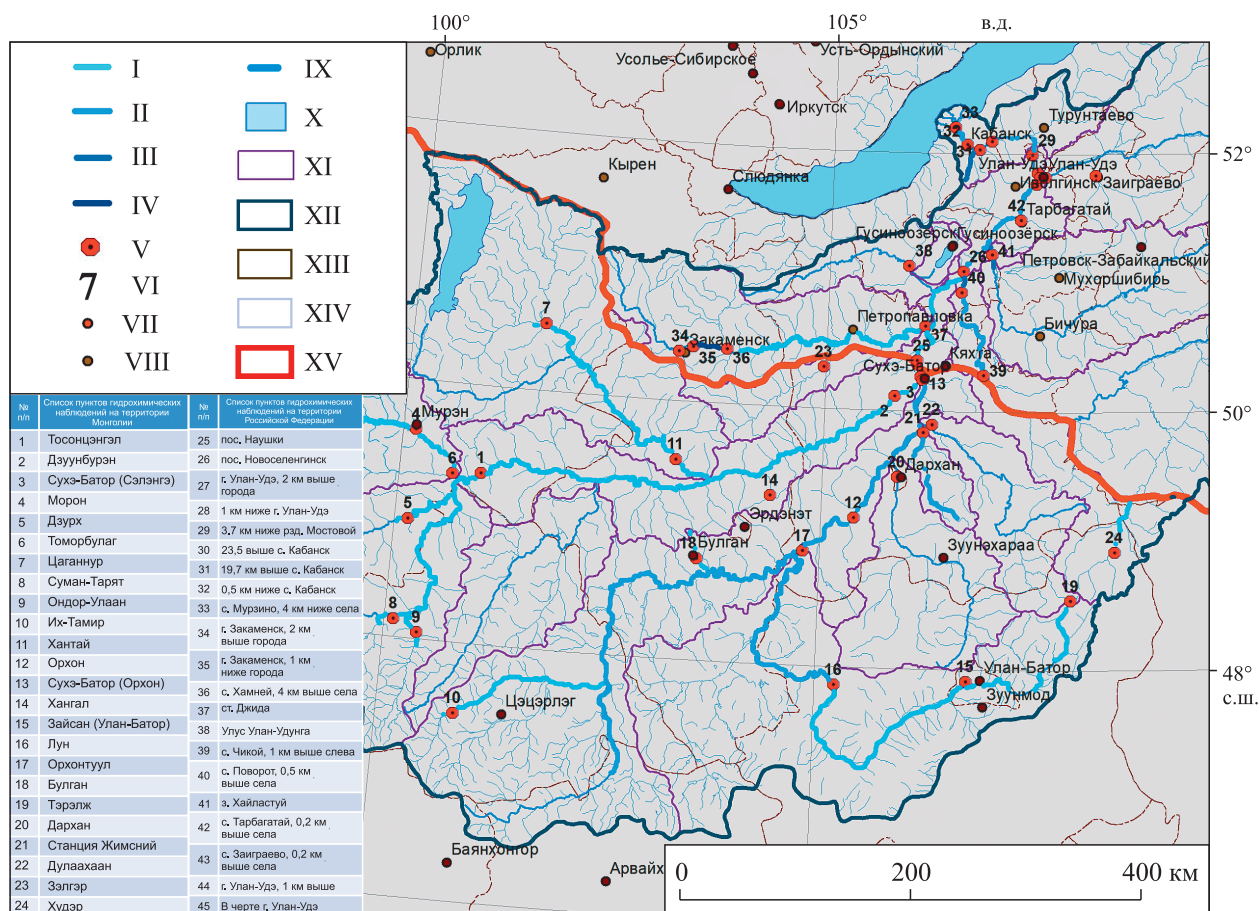


Рис. 2. Карта загрязненных участков поверхностных вод в бассейне р. Селенги по коэффициенту загрязненности ( $\alpha$ -показатель), 2011 г.

Коэффициент загрязненности ( $\alpha$ -показатель): I — 0–0,1; II — 0,1–0,5; III — 0,5–1; IV — >1. V — гидрологический пост; VI — порядковый номер; VII — городской округ; VIII — центр муниципального образования, аймака; IX — реки; X — озера. Границы: XI — ВХУ и речных бассейнов, XII — бассейна р. Селенги, XIII — муниципальных образований, аймаков, XIV — субъекта РФ, XV — государственная.

Так, на р. Модонкуль наблюдалось значительное превышение ПДК по железу (в 10 раз) и фтору (в 9 раз), а в пос. Новоселенгинск концентрации по железу превышали ПДК в 8,5 раза.

Почти на всех реках бассейна р. Селенги наблюдается значительное превышение ПДК по железу, а на р. Куйтунке — по следующему ряду показателей: ХПК, БПК, аммонийный и нитритный азот. Качество воды притоков р. Селенги — рек Уды и Джиды — относится ко 2-му рангу, Чикоя, Хилки и Куйтунки — к 3-му рангу, что позволяет оценить их как «загрязненные» и «сильно загрязненные».

В табл. 2 представлены результаты расчетов  $\alpha$ -показателя КЗ вод бассейна р. Селенги за 2008–2011 гг. и оценка степени их загрязненности по четырехбалльной шкале. Видно, что степень загрязненности водных объектов по  $\alpha$ -показателю КЗ в монгольской части бассейна р. Селенги в 2008–2011 гг. была ниже, чем в российской. За рассматриваемый период увеличение загрязненности вод наблюдалось главным образом для водных объектов бассейна р. Орхон: рек Орхон, Туул, Хараа, Шарынгол. В створе Орхона величина  $\alpha$ -показателя КЗ увеличилась за счет значительного повышения среднегодовой концентрации нитритного азота с 0,18 мг/дм<sup>3</sup> в 2008 г. до 0,42 мг/дм<sup>3</sup> в 2011 г. В створе Дархан на р. Хараа, притоке р. Орхон, на величине  $\alpha$ -показателя КЗ сказалось увеличение среднегодовых концентраций ХПК с 1,83 мг О/дм<sup>3</sup> в 2008 г. до 5,03 мг О/дм<sup>3</sup> в 2011 г. и среднегодовых концентраций фтора с 0,41 до 0,61 мг/дм<sup>3</sup> соответственно. Динамика по  $\alpha$ -показателю КЗ в створе станция Жимсний на р. Шарынгол выявила ухудшение показателей среднегодовых концентраций по следующим загрязняющим веществам: увеличение концентраций в воде ХПК с 3,7 мг О/дм<sup>3</sup> в 2008 г. до 7,2 мг О/дм<sup>3</sup> в 2011 г., фтора с 0,33 до 0,62 мг/дм<sup>3</sup> соответственно.

В монгольской части бассейна р. Селенги особое внимание привлекает трансграничная р. Кяхтинка, воды которой оцениваются как «грязные». В 2008–2011 гг. качество воды в реке ухудшалось за счет увеличения средней концентрации азота аммонийного от 1,12 мг/дм<sup>3</sup> в 2008 г. до 3,21 мг/дм<sup>3</sup> в 2011 г., азота нитритного — от 0,18 до 0,3 мг/дм<sup>3</sup>, азота нитратного — от 0,81 до 4,22 мг/дм<sup>3</sup> соответственно. В этот же период снизилось качество вод в створе Сухбаатар ниже по течению слияния рек Селенги и Орхона за счет увеличения концентраций сульфатов от 15 мг/дм<sup>3</sup> в 2008 г. до 21 мг/дм<sup>3</sup> в 2011 г., азота нитритного — от 0,007 до 0,013 мг/дм<sup>3</sup>, СПАВ — от 0,007 до 0,229 мг/дм<sup>3</sup>, железа — от 0,03 до 0,07 мг/дм<sup>3</sup> соответственно.

В российской части бассейна р. Селенги негативная динамика ухудшения качества вод наблюдалась для створов ниже пос. Новоселенгинска и г. Улан-Удэ. В створе пос. Новоселенгинска  $\alpha$ -показатель КЗ возрастал за счет увеличения концентраций БПК<sub>5</sub> от 1,6 мг О<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> в 2008 г. до 2,04 мг О<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> в 2011 г., азота нитратного — от 0,07 до 0,14 мг/дм<sup>3</sup>, нефтепродуктов — от 0,025 до 0,038 мг/дм<sup>3</sup>, фенолов — от 0,00044 до 0,0016 мг/дм<sup>3</sup> соответственно [25]. В створах выше и ниже г. Улан-Удэ качество вод снизилось из-за увеличения среднегодовых концентраций в воде ХПК, БПК<sub>5</sub>, железа, фтора, азота аммония, азота нитритного, азота нитратного, нефтепродуктов и фенолов.

В целом в российской части бассейна на притоках р. Селенги  $\alpha$ -показатель КЗ в 2008–2011 гг. не увеличился, поэтому можно охарактеризовать состояние качества вод как стабильное [26].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенная оценка загрязненности водных объектов с использованием  $\alpha$ -показателя КЗ по бассейну р. Селенги на территории России и Монголии выявила ключевые участки, на которых формируются и функционируют основные очаги загрязнения данных объектов. Проведенные расчеты показали, что наиболее нарушены водные экосистемы р. Хиагта (Кяхтинки), р. Модонкуль в приграничной зоне вдоль границы России и Монголии в районах Наушки–Сухэ-Батор и Кяхта–Алтанбулаг, а также в пос. Новоселенгинск. Средний показатель КЗ на российской части бассейна р. Селенги был выше, чем на монгольской, что позволяет сделать вывод о более низкой степени загрязненности по рассматриваемому кругу веществ на монгольской территории, чем на российской. Степень загрязненности вод р. Селенги возрастает на территории российской части бассейна, в особенности ниже по течению промышленных Гусинозёрского и Улан-Удэнского узлов. Интегральная оценка качества вод бассейна р. Селенги с использованием  $\alpha$ -показателя КЗ по различным ингредиентам и в среднем по створу по всем рассматриваемым ингредиентам позволяет обобщенно оценить уровень загрязненности воды в диапазоне изменения их концентраций, провести сравнительный анализ качества вод во временной и пространственной динамике. Практическое применение КЗ показало пригодность этого комплексного показателя для решения ряда задач, связанных с получением интересной обобщающей информации о пространственном распределении уровней загрязненности на территории Монголии и России.



Таким образом, определение коэффициента загрязненности рек позволяет прогнозировать, а также выявлять тенденции и заблаговременно обнаруживать вероятные проблемы в сфере охраны трансграничных вод, вносить существенный вклад в разработку согласованной региональной политики по сохранению и рациональному использованию природной среды на рассматриваемой территории.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (Ф15–45–04291р–Сибирь\_а) и в рамках государственного задания Байкальского института природопользования СО РАН.*

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Вотинцев К.К.** Гидрохимия рек бассейна озера Байкал. — М.: Изд-во АН СССР, 1965. — Т. 8. — 489 с.
2. **Жамбаажамц Б.** Монгол орны уур амьсгал (Климат Монголии). — Улан-Батор: УХГ, 1989. — 268 с. (на монг. яз.).
3. **Форш Т.Б.** К вопросу о химическом составе воды притоков оз. Байкал // Труды Байкальск. лимнолог. станции. — 1931. — Т. 1. — С. 1–18.
4. **Дегопик И.Я.** К вопросу о химическом составе воды притоков оз. Байкал // Труды Байкальск. лимнолог. станции. — 1951. — Т. 13. — С. 225–242.
5. **Бочкарёв П.Ф.** Гидрохимия рек Восточной Сибири. — Иркутск: Кн. изд-во, 1959. — 152 с.
6. **Сороковикова Л.М., Поповская Г.И., Томберг И.В., Синокович В.Н., Кравченко О.С., Маринайтс И.И., Башинхаева Н.В., Ходжер Т.В.** Качество воды р. Селенга на границе с Монголией в начале XXI века // Гидрология и метеорология. — 2013. — № 2. — С. 9–101.
7. **Чебыкин Е.П., Сороковикова Л.М., Томберг И.В., Воднева Е.Н., Рассказов С.В., Ходжер Т.В., Грачёв М.А.** Современное состояние вод р. Селенги на территории России по главным компонентам и следовым элементам // Химия в интересах устойчивого развития. — 2012. — № 20. — С. 613–631.
8. **Brumbaugh W.G., Tillitt D.E., May T.W., Javzan Ch., Komov V.T.** Environmental survey in the Tuul and Orkhon river basins of northcentral Mongolia, 2010: metals and other elements in streambed sediment and floodplain soil // Environmental Monitoring and Assessment. — 2013. — Vol. 185, Is. 11. — P. 8991–9008.
9. **Эрдэнэбаяр Я.** Мониторинг по качеству трансграничных вод в 2005–2012 гг. // Селенга — река без границ (Комплексное управление природными ресурсами трансграничной системы озера Байкал): Сб. материалов V междунар. науч.-практ. конф. — Улан-Удэ: Изд-во Байкальского ин-та природопользования СО РАН, 2012. — С. 196–205.
10. **Касимов Н.С.** Бассейновый анализ потоков веществ в системе Селенга–Байкал // Вест. Моск. ун-та. Сер. 5. География. — 2016. — № 3. — С. 67–81.
11. **Гармаев Е.Ж.** Сток рек бассейна озера Байкал. — Улан-Удэ: Изд-во Бурят. ун-та, 2010. — 272 с.
12. **Сороковикова Л.М., Тулоханов А.К., Синокович В.Н., Поповская Г.И., Никулина И.Г., Томберг И.В., Башинхаева Н.В., Максименко С.Ю., Погодаева Т.В., Ильичёва Е.А., Некрасов А.В.** Качество вод в дельте реки Селенги // География и природ. ресурсы. — 2005. — № 1. — С. 73–80.
13. **Batbayar G., Pfeiffer M., von Tümpling W., Kappas M., Karthe D.** Chemical water quality gradients in the Mongolian subcatchments of the Selenga River basin // Environmental monitoring and assessment. — 2017. — Vol. 189, Is. 8. — P. 420.
14. **Thorslund J., Jarsjö J., Wällstedt T., Mörth C.M., Lychagin M.Yu., Chalov S.R.** Speciation and hydrological transport of metals in non-acidic river systems of the Lake Baikal basin: Field data and model predictions // Regional Environmental Change. — 2017. — Vol. 17, Is. 7. — P. 2007–2021.
15. **Chalov S., Thorslund J., Kasimov N., Aybultatov D., Plyicheva E., Karthe D., Kositsky A., Lychagin M., Nittrouer J., Pavlov M., Pietron J., Shinkareva G., Tarasov M., Garmaev E., Akhtman Y., Jarsjö J.** The Selenga River delta: a geochemical barrier protecting Lake Baikal waters // Regional Environmental Change. — 2017. — Vol. 17, Is. 7. — P. 2039–2053.
16. **Гагарина О.В.** Оценка и нормирование качества природных вод: критерии, методы, существующие проблемы: Учебно-метод. пособие. — Ижевск: Изд-во «Удмуртский университет», 2012. — 199 с.
17. **Белогуров В.П.** Применение обобщенных показателей для оценки уровня загрязненности водных объектов // Комплексные оценки качества поверхностных вод. — Л.: Гидрометеоиздат, 1984. — С. 33–43.
18. **Приказ** Федерального агентства по рыболовству от 18 января 2010 г. № 20 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения» [Электронный ресурс]. — <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/2070984/> (дата обращения 25.09.2015).
19. **Гомбоев Б.О.** Эколого-географическая характеристика бассейна трансграничной реки Селенга // Селенга — река без границ (Комплексное управление природными ресурсами трансграничной системы озера Байкал): Сб. материалов V междунар. науч.-практ. конф. — Улан-Удэ: Изд-во Байкальского ин-та природопользования СО РАН, 2012. — С. 137–144.
20. **Хахинов В.В.** Гидрохимическая оценка качества поверхностных вод бассейна реки Селенга // Селенга — река без границ (Комплексное управление природными ресурсами трансграничной системы озера Байкал):

- Сб. материалов V междунар. науч.-практ. конф. — Улан-Удэ: Изд-во Байкальского ин-та природопользования СО РАН, 2012. — С. 207–213.
21. **Государственный** доклад «О состоянии и охране окружающей среды Республики Бурятия в 2011 году». — Улан-Удэ: МПР РБ, 2012. — 136 с.
  22. **State of the Environment Report Mongolia 2008–2010**. — Ulaanbaatar: Ministry for nature, environment and tourism, 2011. — 80 p.
  23. **Зомонова Э.М.** Ключевые участки бассейна р. Селенга на территории Монголии: экономический и экологический аспекты // Экономика и предпринимательство. — 2013. — № 12, ч. 1. — С. 313–318.
  24. **Гомбов Б.О.** Моделирование переноса загрязняющих веществ по реке Селенге на территории Монголии и России // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. — 2014. — № 6. — С. 4–21.
  25. **Информационный** бюллетень о состоянии поверхностных водных объектов, водохозяйственных систем и сооружений на территории Республики Бурятия за 2011 г. — Улан-Удэ: Изд-во Бурят. Центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, 2012. — 31 с.
  26. **Зомонова Э.М.** Современное состояние и проблемы управления использованием и охраной водных ресурсов бассейна р. Селенги // Проблемы теории и практики управления. — 2011. — № 8. — С. 108–117.

*Поступила в редакцию 23.11.2018*

*После доработки 17.03.2019*

*Принята к публикации 25.06.2020*

---