

Геоэкология

УДК 504.3.52.003.1(571.51)

ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ РЕКИ АНГАРА И ЕЁ ПРИТОКОВ НА УЧАСТКЕ ОТ г. УСТЬ-ИЛИМСКА ДО с. БОГУЧАНЫ (ВОСТОЧНАЯ СИБИРЬ)

О.Г. Савичев, Ю.Г. Копылова, А.А. Хващевская

Томский политехнический университет
E-mail: OSavichev@mail.ru

Приведены результаты оценки эколого-геохимического состояния вод р. Ангара и её притоков на участке от г. Усть-Илимск до с. Богучаны (Восточная Сибирь). Показано, что речные воды характеризуются превышением установленных нормативов по содержанию Fe, Mn, Cu, Zn, NO_2^- , NH_4^+ , PO_4^{3-} и органических веществ по величине ХПК, БПК₅, содержанию углеводов, фенолов, пестицидов, что позволяет их отнести к «загрязнённым» и «грязным». В случае Fe, NH_4^+ и ХПК это в значительной мере связано с поступлением в речную сеть болотных вод, частиц почвогрунтов и продуктов трансформации органического материала природного происхождения с водосборных территорий. Пестициды и значительная часть углеводов и фенолов поступают в реки из антропогенных источников.

Ключевые слова:

Химический состав и качество вод, речные воды, река Ангара, Восточная Сибирь.

Key words:

Chemical composition and quality of waters, river waters, the river Angara, Eastern Siberia.

Введение

Гидроэнергетическое строительство и освоение природных ресурсов в Восточной Сибири сопровождается существенным изменением состояния окружающей среды, в том числе речных вод. Это определило цель рассматриваемой работы – общую оценку химического состава и качества вод р. Ангара и её притоков на участке от г. Усть-Илимск до п. Мотыгино. Выбор именно этого участка обусловлен, с одной стороны, планами его интенсивного хозяйственного освоения (строительство Богучанской ГЭС у г. Кодинск, проведение геолого-разведочных работ и добыча нефти, газа и твёрдых полезных ископаемых, лесная промышленность), а с другой – незначительным количеством публикаций о гидрохимических условиях.

Исследование выполнено на основе собственных материалов, полученных в 2008–2009 гг. [1], опубликованных данных Росгидромета и ряда авторов за 1960–2000-е гг. [2–5]. Схема размещения района исследований в бассейне р. Ангара приведена на рисунке. Перечень определяемых показателей качества речных вод определен с учётом опыта экологических исследований в Сибири и возможного изменения окружающей среды под влиянием хозяйственной деятельности. В него вошли общие физико-химические показатели, макрокомпоненты и рН, определяющие химический состав воды, в целом, наиболее распространённые загрязняющие вещества – соединения азота, фос-

фора, железо, органические вещества (ОВ) по содержанию нефтепродуктов, фенолов, величинам биохимического потребления кислорода за 5 суток (БПК₅), перманганатной окисляемости и химического потребления кислорода (ХПК), а также специфические вещества, сведения о содержаниях которых необходимы для оценки воздействия на состояние водных объектов (Hg, Al, Cu, Zn и др.). Методика работ, выполненных в Томском политехническом университете совместно с ООО «ИН-ГЕОТЕХ», приведена в [1]. Обобщение данных из разных источников проводилось при условии соответствия исследований требованиям, изложенных в [6, 7]. Оценка качества вод выполнена согласно рекомендациям [8–10]



Рисунок. Схема расположения района исследований в бассейне р. Ангара

Результаты исследования и их обсуждение

Общие физико-химические показатели. В процессе ведения мониторинга водных объектов на территории водосбора р. Ангара (в нижнем течении) и её притоков были изучены содержания

взвешенных веществ и величина рН (табл. 1). Наибольшие содержания взвешенных веществ характерны для притоков р. Ангара. Непосредственно в водах р. Ангара содержание взвешенных веществ невелико (в среднем менее 10 мг/дм³), что объясня-

Таблица 1. Средний химический состав вод р. Ангара и её притоков

Показатель	ПДКрх	ПДКхп	Р. Ангара на участке			Притоки р. Ангара на участке	
			Усть-Илимск-Кеуль	Кеуль-Кежма	Кежма-Богу-чаны	Кеуль-Кежма	Кежма-Богу-чаны
рН	6,5...8,5	6,5...8,5	7,81	7,64	7,54	7,97	7,60
мг/дм ³							
Взвешенные вещества	Фон+0,25	Фон+0,25	0,7	6,1	7,4	2,5	16,3
CO ₂	–	–	–	–	4,9	–	–
O ₂	6	4	11,6	10,4	10,5	11,6	8,5
Сумма главных ионов	–	1000	139,4	179,6	140,5	173,1	304,1
Ca ²⁺	180	–	22,2	21,1	22,2	–	38,9
Mg ²⁺	40	50	5,7	5,9	5,2	–	13,1
Na ⁺	120	200	8,0	9,4	–	–	23,4
K ⁺	50	–	1,1	1,0	–	–1,4	–
Na ⁺ +K ⁺	–	–	7,2	10,4	7,9	–	26,7
HCO ₃ [–]	–	–	85,1	92,6	91,3	154,0	193,9
SO ₄ ^{2–}	100	500	13,1	44,9	11,4	–	10,5
Cl [–]	300	350	7,4	7,0	6,6	5,1	10,8
NH ₄ ⁺	0,5	1,9	0,14	0,22	0,29	0,02	0,11
NO ₂ [–]	0,08	3,3	0,059	0,005	0,002	0,001	0,004
NO ₃ [–]	40	45	0,48	0,14	0,22	0,15	1,98
P-PO ₄ ^{3–}	0,05; 0,15; 0,2	1,14	0,02	0,01	0,01	0,05	0,04
Si	–	10	–	2,18	2,38	6,33	6,05
БПК ₅	2	2	0,77	2,09	2,35	2,07	1,79
ХПК	–	15	10,58	22,98	23,43	24,59	18,55
Перманганатная окисляемость	–	5	3,39	–	7,54	–	15,87
Нефтепродукты	0,05	0,3	0,038	0,246	0,305	0,104	0,082
Фенолы	0,001	0,1	0,001	0,004	0,003	0,004	–
АПAB	0,1	0,5	0,007	0,019	0,016	0,016	0,022
γ-ГХЦГ	0,00001	0,002	–	0,0013	0,0086	<0,00001	<0,00001
ДДТ	0,00001	0,002	–	<0,00001	<0,00001	<0,00001	<0,00001
Fe _{общ}	0,1	0,3	–	0,21	0,25	0,08	0,37
Ba	0,74	0,7	–	0,0217	–	–	0,0260
Al	0,04	0,2	0,0196	0,1042	0,0672	0,0218	0,0197
Pb	0,006	0,01	–	–	–	–	0,0006
Cu	0,001	1	0,0013	0,0129	0,0058	0,0013	0,0016
Zn	0,01	1	0,0054	0,0337	0,0305	0,0067	0,0166
Cd	0,005	0,001	0,00020	–	–	–	–
As	0,05	0,01	0,00100	0,00165	0,00350	0,00230	0,00197
Mn	0,01	0,1	0,0061	0,0142	0,0176	0,0062	0,0623
Cr	0,02	0,05	0,0010	–	–	–	0,0037
Ni	0,01	0,02	0,0013	0,0215	0,0047	0,0059	0,0063
Hg	0,00001	0,0005	–	0,00039	0,00002	0,00002	0,00002
Be	0,0003	0,0002	0,00031	0,00001	–	–	–
Se	0,002	0,01	0,00250	0,00100	–	–	0,00042
Mo	0,001	0,25	0,00211	0,00020	–	–	–
Sb	–	0,005	0,00005	–	–	–	–
Sr	0,4	7	0,1613	–	–	–	–
Li	0,08	0,03	–	–	–	–	0,0132
Co	0,01	0,1	–	–	–	–	0,0004
V	0,001	0,1	–	–	–	–	0,0009
F [–]	0,75	1,5	–	0,08	0,07	0,07	0,13
Кол-во проб	–	–	80	39	61	10	49

АПAB – анионо-активные поверхностно-активные вещества; ГХЦГ – гексахлорциклогексан; ДДТ – дихлордифенилтрихлорметилметан.

ется генезисом стока р. Ангара и дополнительной аккумуляцией наносов в вышерасположенных водохранилищах.

Величина рН является важным показателем геохимического и геоэкологического состояния вод, от которого, в частности, зависит развитие и жизнедеятельность водных организмов, устойчивость форм миграции химических элементов и соединений и степень неравновесности вод относительно подстилающих пород и речных наносов. В соответствии с принятыми в Российской Федерации нормативными документами, значения рН не должны выходить за пределы диапазона 6,5...8,5. Для р. Ангара в целом нарушения установленного диапазона в последние годы не отмечены, а воды, согласно классификации, приведенной в [11], относятся к нейтральным и слабощелочным, по [8] – к нормальным. Воды притоков на участке от Усть-Илимской ГЭС до с. Богучаны обычно также нейтральные и слабощелочные (по [8] – нормальные), но в весенний период (по мере увеличения притока снеготалых вод и поверхностного стока с заболоченных долин) возможны значения рН менее 6,5.

Минерализация и макрокомпоненты. Анализ имеющихся материалов показал, что воды р. Ангара являются пресными, по классификации О.А. Алекина – с малой (преимущественно) и средней (в зимний период) минерализацией (согласно [8] – пресные ксеногалобные), гидрокарбонатными кальциевыми; воды притоков – обычно пресные с минерализацией от малой до повышенной, гидрокарбонатные кальциевые и гидрокарбонатные натриевые. В ряде случаев воды малых водотоков могут характеризоваться как солоноватые, гидрокарбонатные кальциевые, гидрокарбонатные натриевые, хлоридные натриевые, что объясняется увеличением доли минерализованных подземных вод в питании рек в межень [1]. Минерализация и содержания отдельных макрокомпонентов в водах р. Ангара и её притоков обычно намного меньше предельно допустимых значений.

В изменении минерализации вод на разных участках р. Ангара прослеживаются разнонаправленные тенденции: 1) от г. Усть-Илимск до райо-

на с. Кежда – увеличение; 2) от с. Кежда до с. Богучаны – уменьшение (табл. 1). Ниже по течению от с. Богучаны, по данным Росгидромета, опять происходит её незначительное увеличение. Воды основных притоков, как правило, более минерализованы, чем воды р. Ангара, однако имеющиеся данные по притокам не объясняют причины понижения минерализации вод р. Ангара на участке от с. Кежда до с. Богучаны. Вероятно, указанные выше особенности связаны с увеличением в водном питании р. Ангара подземных вод с повышенной минерализацией на участке от устья р. Ката до с. Кежда, а на участке от с. Кежда до с. Богучаны – притоком подземных вод с минерализацией, равной или меньшей, чем в р. Ангара. Кроме того, следует учитывать и возможность саморегуляции химического состава речных вод не только за счёт смешения вод разного состава, но и в результате взаимодействий в системе «вода – порода – газ – органическое вещество».

Биогенные вещества и железо. Под биогенными веществами понимались соединения азота, фосфора и кремний. По имеющимся данным, в речных водах района исследований достаточно часто отмечается нарушение рыбохозяйственных нормативов по содержанию нитрит-ионов, ионов аммония и фосфатов (нормативы для олиготрофных водных объектов), что определило значительное увеличение показателей аддитивного воздействия на водные объекты (табл. 2). В ряде случаев эти факты связаны, предположительно, с природными факторами: в случае фосфатов – трансформацией органического вещества в лесных ландшафтах и последующим выносом образующихся продуктов в речную сеть; в случае ионов аммония – накоплением продуктов трансформации органического вещества на застойных участках биогеоценозов. В то же время, повышенные содержания нитрит-иона в водах р. Ангара в 0,5 км ниже по течению от выпуска Усть-Илимского лесоперерабатывающего комбината (до 0,43 мг/дм³), вероятнее всего, связаны с влиянием выпусков сточных вод, поскольку выявленные максимумы на этом участке многократно превышают средний уровень содержания нитритов в р. Ангара и её притоках.

Таблица 2. Результаты оценки качества вод р. Ангара и её притоков

Показатель	Ангара, Усть-Илимск-Кеуль	Ангара, Кеуль – Кежда	Ангара, Кежда – Богучаны	Притоки на участке Кеуль-Кежда	Притоки на участке Кежда-Богучаны
Рыбохозяйственные нормативы					
$\Sigma_{\text{сн.}}$ (С/ПДК)	2,31	2,77	2,93	2,97	2,31
$\Sigma_{\text{с-т.}}$ (С/ПДК)	1,16	3,87	0,39	0,02	0,96
$\Sigma_{\text{токс.}}$ (С/ПДК)	10,03	198,33	884,19	9,75	21,48
$\Sigma_{\text{рыб.}}$ (С/ПДК)	1,00	4,21	3,39	3,50	
Классификация согласно [8]	Полисапробные	α -мезосапробные	α -мезосапробные	Полисапробные	Полисапробные
Хозяйственно-питьевые нормативы					
$\Sigma_{\text{общ.}}$ (С/ПДК)	5,10	5,74	7,13	5,80	8,32
$\Sigma_{\text{орг.}}$ (С/ПДК)	0,50	2,50	2,67	0,88	2,59
$\Sigma_{\text{с-т.}}$ (С/ПДК)	2,51	3,27	5,21	1,24	2,07
$\Sigma_{1-2 \text{ кл.}}$ (С/ПДК)	2,48	3,26	5,20	1,24	1,95

Органические вещества. При изучении ОВ в речных водах региона были рассмотрены косвенные показатели его содержания (ХПК, перманганатная окисляемость, БПК₅) и концентрации конкретных органических соединений (нефтепродукты, фенолы, анионогенные поверхностно активные вещества, пестициды). Согласно [11], концентрация углерода органических веществ $C_{орг}$ может быть вычислена по формуле: $C_{орг} = 0,375 \cdot \text{ХПК}$. С учетом этого среднее содержание $C_{орг}$ в водах р. Ангара изменяется от 4 мгС/дм³ в районе Усть-Илимской ГЭС до 9...10 мгС/дм³ у с. Кежма и с. Богучаны. Отмеченное увеличение содержания органического углерода объясняется влиянием притоков, долины которых в той или иной мере заболочены. Анализ распределения величин ХПК и перманганатной окисляемости по водным объектам позволяет сделать вывод о том, что уровень общего содержания органического вещества в поверхностных водах регулируется интенсивностью водообмена и долей поверхностного стока в общем водном питании рек.

Если величина ХПК (а также перманганатная окисляемость) позволяет косвенно оценить уровень общего содержания органических веществ (в том числе трудноокисляемых), то величина БПК₅ характеризует наличие в воде относительно легкоокисляемых органических соединений, к которым относятся формальдегид, низшие алифатические спирты, фурфурол и другие [11]. Как показали проведенные исследования, по этому показателю нарушение нормативов отмечается достаточно часто (табл. 1, 2). Превышение ПДК зафиксировано также для величины ХПК, содержаний летучих фенолов, пестицидов и веществ, идентифицируемых как нефтепродукты. Указанные факты объясняются как поступлением органических веществ природного происхождения (в том числе, и углеводов, образующихся при разложении остатков растительности и в процессе деятельности живых существ), так и влиянием сбросов сточных вод промышленных предприятий, населенных пунктов, а также загрязнением речных вод при сплаве древесины.

Собственно органические микропримеси в поверхностных водах района исследований достаточно часто обнаруживаются в количествах, превышающих предельно допустимые значения. В частности, подобная ситуация характерна для веществ, идентифицируемых как «нефтепродукты», фенолов, пестицидов (табл. 1).

Растворенные газы. Содержание растворенного кислорода (O_2) является одной из важных характеристик экологического состояния водных объектов. По данным Росгидромета, в водах р. Ангара в последние годы уровень содержания не опускается ниже 5 мг O_2 /дм³, составляя, как правило, 9...11 мг O_2 /дм³ (табл. 1). В притоках уровень содержания изменяется в более широком диапазоне, вплоть до почти полного отсутствия в зимний период в водоёмах, остающихся в пересыхающих и перемерзающих малых водотоках, что объясняется наличием застойного водного режима и повышенных затрат растворенного кислорода на окис-

ление органических веществ природного происхождения. Содержания CO_2 в среднем составляют до 10 мг/дм³, в летний период – в большинстве случаев менее предела обнаружения.

Железо и микроэлементы. Концентрации железа и микроэлементов в водах р. Ангара и её притоков изменяются в очень широком диапазоне. Нарушение установленных рыбохозяйственных нормативов по содержанию Fe, Mn, Cu, Zn, Al, Hg отмечено в значительной части проб. Этот факт в определенной степени связан с выносом указанных и ряда других элементов из коренных пород, почвогрунтов и с подземным притоком, подтверждением чему служат материалы геологических и гидрогеологических исследований [12]. Безусловно, связь между проявлениями полезных ископаемых и концентрациями металлов, редких и редкоземельных элементов не является однозначной и зависит от многих причин. Тем не менее, антропогенное влияние на уровень содержания микроэлементов в водах р. Ангара и её притоков в настоящее время нельзя считать основным или, хотя бы, значимым фактором формирования.

Заключение

Качество вод р. Ангара и её притоков на участке от Усть-Илимской ГЭС до с. Богучаны (и ниже по течению) в целом характеризуется превышением установленных нормативов по содержанию железа, марганца, меди, цинка, нитритов, ионов аммония, фосфатов и органических веществ по величине ХПК, БПК₅, перманганатной окисляемости, содержанию углеводов, фенолов, пестицидов, что позволяет отнести воды р. Ангара и её притоков к категориям «мезосапробные» («загрязнённые») и «полисапробные» («грязные»).

В случае железа, ионов аммония и органических веществ по величине ХПК это в значительной мере связано с поступлением в речную сеть болотных вод из речных долин, частиц почвогрунтов и продуктов трансформации органического материала природного происхождения (растительные и животные остатки) с водосборных территорий. Органическое вещество минерализуется, в результате чего в воде образуются ионы аммония, накапливающиеся затем на участках с относительно застойным водным режимом и частично окисляющиеся до нитритов. Кроме того, фульвокислоты, содержащиеся в болотных водах, образуют с железом соединения, которые могут накапливаться в природных водах во взвешенных, коллоидных и водорастворимых формах в значительных количествах. Аналогичный механизм накопления в поверхностных водах характерен и для ряда других металлов.

В то же время, в р. Ангара и её притоки указанные вещества, а также углеводороды, фенолы, пестициды и др. поступают из сосредоточенных и, особенно, диффузных (распределенных по территории) источников антропогенного загрязнения. Наиболее очевидное влияние хозяйственной деятельности связано с присутствием в речных водах пестицидов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Савичев О.Г., Копылова Ю.Г., Хвашевская А.А. Эколого-геохимическое состояние окружающей среды в Северном Приангарье (Восточная Сибирь) // Известия Томского политехнического университета. – 2010. – Т. 316. – № 1. – С. 129–136.
2. Карнаухова Г.А. Гидрохимия Ангары и водохранилищ Ангарского каскада // Водные ресурсы. – 2008. – Т. 35. – № 1. – С. 72–80.
3. Карпенко Л.В. Прогноз экологически опасных явлений при затоплении болот Богучанским водохранилищем // География и природные ресурсы. – 2000. – № 2. – С. 33–37.
4. Овчинников Г.И., Павлов С.Х., Трцинский Ю.Б. Изменение геологической среды в зонах влияния Ангаро-Енисейских водохранилищ. – Новосибирск: Наука, 1999. – 254 с.
5. Богучанское водохранилище. Подземные воды и инженерная геология / под ред. Ю.Б. Трцинского – Новосибирск: Наука, 1979. – 158 с.
6. РД 52.24.309-92. Руководящий документ. Организация и проведение режимных наблюдений за загрязнением поверхностных вод суши на сети Роскомгидромета. – СПб.: Роскомгидромет, 1992. – 67 с.
7. ГОСТ Р 51592-2000. Вода. Общие требования к отбору проб. Дата введения 2001-07-01. – М.: Госстандарт России, 2000. – 31 с.
8. ГОСТ 17.1.2.04-77. Показатели состояния и правила таксации рыбохозяйственных водных объектов. – М.: Изд-во стандартов, 1977. – 17 с.
9. СанПиН 2.1.5.980-00. Санитарные нормы и правила. Гигиенические требования к охране поверхностных вод. – М.: Минздрав России, 2000. – 23 с.
10. Методика разработки нормативов допустимых сбросов веществ и микроорганизмов в водные объекты для водопользователей / Утв. приказом МПР России от 17.12.2007 г. № 333. Зарегист. в Минюст РФ 21.02.2008 г. № 11198. – М.: МПР, 2008. – 37 с.
11. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды / под ред. Т.В. Гусевой. – М.: Эколайн, 2000. – 146 с.
12. Состояние геологической среды (недр) территории Сибирского федерального округа в 2007 г.: информационный бюллетень. – Томск: ОАО «Томскгеомониторинг», 2008. – Вып. 4. – 194 с.

Поступила 02.09.2010 г.

УДК 502.33

ОЦЕНКА РИСКОВ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ

О.Г. Невидимова, Е.П. Янкович*

Институт мониторинга климатических и экологических систем, г. Томск

E-mail: olga-nevidimova@mail.ru

*Томский политехнический университет

E-mail: yankovich@tpu.ru

С позиции рисков водопользования проанализированы климатическая и гидрологическая ситуации на территории Томской области. Установлено, что риск водопользования по степени распространенности на территории Томской области можно отнести к массовому риску. В результате комплексного анализа климатической, гидрологической и социально-экономической напряженности получена общая оценка рисков водопользования. Проведена пространственная дифференциация территории по степени рисков водопользования с учетом социально-экономического фактора.

Ключевые слова:

Водопользование, климатические изменения, гидрологическая напряженность, оценка риска.

Key words:

Water consumption, risk assessment, climatic changes, hydrologic fragility.

Введение

Проблема исследования рисков водопользования тесно переплетается с проблемой полноты знаний о процессах, протекающих как в природной среде, так и в сфере социально-экономической. При этом существует необходимость в конкретной и территориально распределенной информации о геосистемной ситуации в отдельно взятом регионе. Поэтому интегральную оценку ситуации в водопользовании, которая возникает в результате интенсификации деятельности человека в пределах пойменно-русловых комплексов, нужно проводить путем объединения оценок климатического, гидрологического и социально-экологического содержания.

Водопользование – важнейший фактор, определяющий жизнедеятельность общества и развитие экономического потенциала. Томская область располагает значительными ресурсами поверхностных вод, намного превосходящими потребности промышленности, сельского хозяйства и жилищно-коммунального хозяйства Томской области даже при условии двукратного увеличения современных объемов сброса сточных вод и забора свежей воды. Поверхностные водные ресурсы Томской области сосредоточены в 131000 водных объектах, в том числе 8100 реках протяженностью 95 тыс. км. Густота речной сети колеблется от 0,39 до 0,29 км/км² [1].

Для территории Томской области характерны экстенсивные формы водопользования и локаль-