

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПРИРОДНЫХ ВОД НА ТЕРРИТОРИИ АГЛОМЕРАЦИИ ГОРНО-АЛТАЙСКА

Ю.В. Робертус, А.В. Кивацкая, В.А. Ситникова¹

АУ РА «Алтайский региональный институт экологии», с. Майма

¹ФГБУ ВПО «Горно-Алтайский государственный университет», г. Горно-Алтайск

Наиболее крупной урбанизированной территорией Республики Алтай является промышленно-селитебная агломерация республиканского центра (Горно-Алтайск, Майма, Кызыл-Озек, Алферово, Карлушка), где на площади 30 км² проживает около 85 тыс. чел. или 40 % населения республики. Разнообразная антропогенная нагрузка в пределах этой агломерации ложится в основном на экосистему долины малой реки Майма и ее притоков.

Экологическое состояние основных типов природных вод на этой территории изучалось неоднократно, зачастую без учета их взаимосвязи, на небольшом количестве проб и с узким спектром определяемых загрязнителей. В настоящее время их режимное изучение в районе Горно-Алтайска проводится ОАО «Алтай-Гео» (подземные питьевые воды), КЛМС Бийск (поверхностные воды – пост на р. Майма), ФГУЗ «ЦГиЭ по РА» (природные и сточные воды), а также эпизодически другими производственными и научными организациями. Кроме того, в 2011-2013 гг. Горно-Алтайским филиалом ИВЭП СО РАН в рамках проекта «Гидрогеохимические особенности антропогенно трансформированного поверхностного стока рек 3-4 порядка в бассейне Верхней Оби» изучались гидрологические и гидрохимические особенности формирования поверхностного стока в бассейне р. Майма (Пузанов и др., 2015). Алтайским региональным институтом экологии (АУ РА «АРИ «Экология») в этот период в районе республиканского центра оценивалось экологическое состояние снежного покрова, в меньшей степени - поверхностных вод и донных осадков (Робертус и др., 2013).

В текущем году АРИ «Экология» на территории агломерации в рамках ВЦП «Обеспечение экологической безопасности в Республике Алтай» начато комплексное изучение состояния окружающей среды, в т. ч. атмосферного воздуха, природных вод, почвенно-растительного покрова, радиоэкологической обстановки и пр. Особое внимание при этом уделяется изучению химического состава, его взаимосвязи и трансформации для всех типов природных вод, а также атмосферных осадков, участвующих в их питании. Известно, что бассейн р. Майма находится в горной области формирования поверхностного стока и отвечает гидрологическому району с густой сетью малых рек системы р. Катунь с преобладающим снего-дождевым питанием при доле грунтового питания 20-30 % (Алтайский край, 1978).

Всего в текущем году на площади г. Горно-Алтайска и пригородных сел было взято около 180 проб природных вод и атмосферных осадков, в т. ч. 4 и 70 проб дождевой и снеготалой воды соответственно, 44 пробы поверхностных вод, 58 проб подземных вод, из них 36 проб грунтовых вод, а также 10 проб ливневых стоков. Основная часть проб взята в пределах промышленно-селитебных зон с шагом опробования 0,5-1,5 км (в среднем через 1 км). Около 10 % проб с незастроенных окраин отнесены к условному фону агломерации (рис. 1). В настоящее время все пробы проанализированы на общий химический состав и присутствие некоторых специфических загрязняющих веществ: нефтепродукты, взвешенные вещества, формы минерального азота, фосфаты, сульфаты, ряд тяжелых металлов и пр.

Анализ полученных результатов свидетельствует как о близости, так и об отличии химического состава дождевой и снеготалой воды. Основные различия заключаются в содержании щелочей, сульфатов, минерализации и гидрохимического типа этих осадков (табл. 1). Особый интерес представляет трансформация химического состава дождевых осадков, выпадающих в пределах агломерации и поступающих в р. Майма в виде стоков ливне-

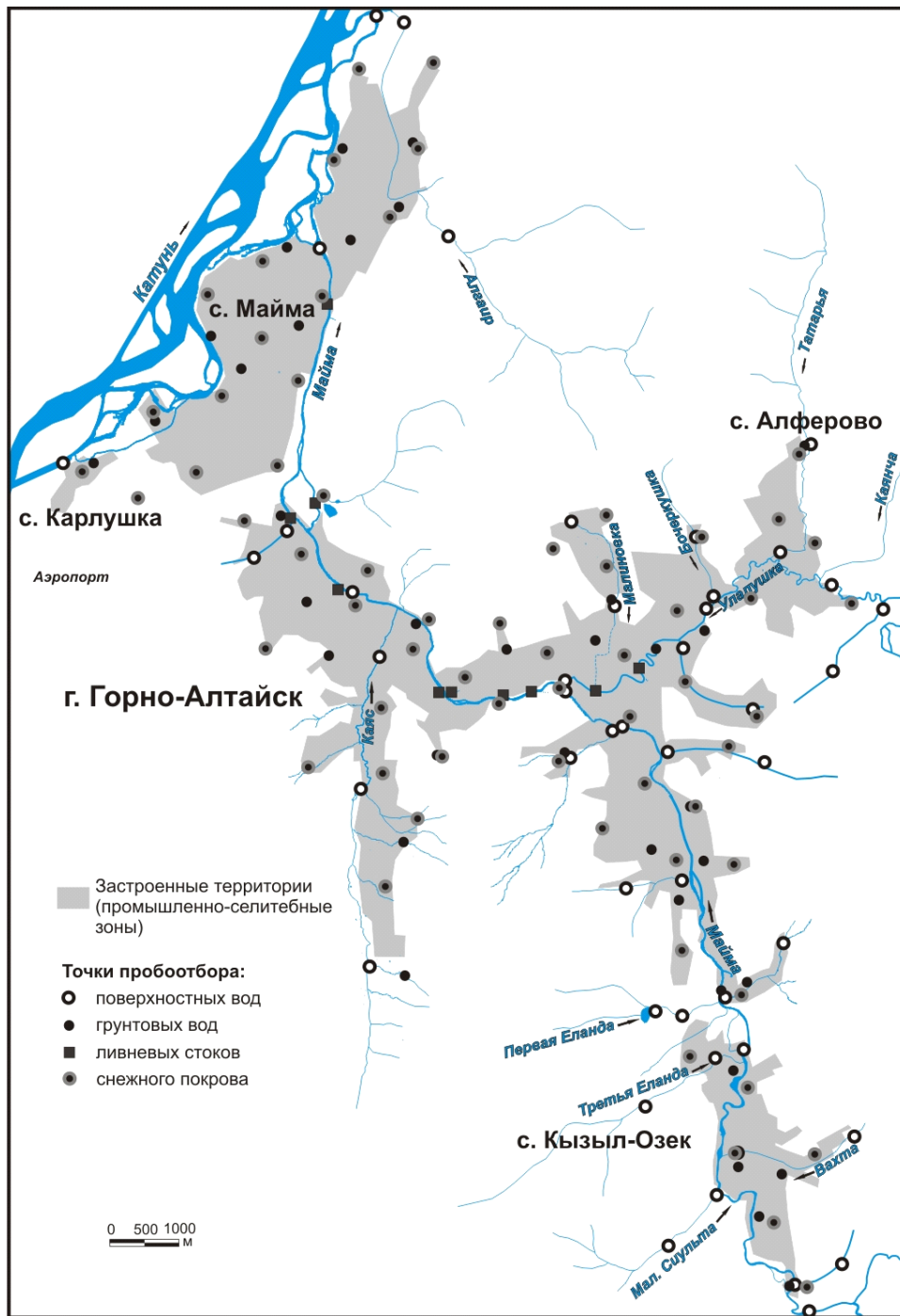


Рис. 1. Схема опробования природных и сточных вод агломерации г. Горно-Алтайска.

вой канализации. В них на фоне заметного подщелачивания многократно (до 15-20 раз) увеличивается содержание всех катионов и анионов (кроме иона аммония), а также значения минерализации, жесткости, химического и биологического потребления кислорода. Значения большинства из этих показателей приближается к их уровню для поверхностных вод на площади агломерации. Таким образом, даже относительно кратковременный «контакт» дождевых осадков с почвами приводит к коренной трансформации их химического состава и, как будет показано ниже, к их максимальному загрязнению среди всех типов природных вод. Следовательно, почвы и их экологическое состояние являются главными факторами формирования химического состава ливневых стоков, концентрирующих загрязняющие вещества и выступающих в качестве «санитара» почвенного покрова агломерации. Анализ усредненного химического состава поверхностных вод на территории агломе-

1. Химический состав атмосферных осадков в районе агломерации (мг/дм³)

Типы вод (n)	pH	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na+K	NH ₄ ⁺	NO ₂ ⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	ОМ	ХПК	ЖО
Снеготалая (6)	6,52	1,62	0,08	1,1	0,95	0,08	4,0	1,8	2,3	12,9	4,17	0,04
Дождевая (4)	6,05	1,59	0,15	4,8	0,68	0,02	7,6	7,5	1,7	24,8	1,45	0,09
Ливневые (10)	8,22	27,0	3,38	16,5	0,42	1,51	92,4	16,2	12,2	179,0	9,62	1,63

рации показал наличие прямой связи между уровнем содержания всех изученных показателей воды и порядком водных объектов. Установлено, что с нарастанием порядка водотоков (от 2-го к 4-му) содержание химических компонентов в воде увеличивается, при этом их наибольшие концентрации характерны для небольших ручьев – притоков р. Майма (табл. 2).

2. Состав поверхностных и грунтовых вод в районе г. Горно-Алтайска (мг/дм³)

Порядок рек	pH	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na+K	NH ₄ ⁺	NO ₂ ⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	ОМ	ХПК	ЖО
2-й (р. Катунь)	8,32	21,5	4,2	8,0	0,02	0,01	87	11,8	1,9	137	1,36	1,42
3-й (р. Майма)	8,45	61,1	6,1	13,3	0,07	0,07	224	12,4	4,0	327	1,82	3,55
4-й (ручьи)	8,29	64,8	9,2	16,5	0,14	0,05	254	13,8	5,7	370	3,09	3,99
Грунтовые воды	7,55	95,0	11,3	28,1	0,10	0,09	323	24,1	18,6	536	0,96	5,66

Другой чертой химического состава водотоков района является закономерное увеличение содержания большинства изученных компонентов от их истока к устью, что особенно характерно для воды притоков 4-го порядка, часть из которых полностью находится в пределах агломерации (рис. 1). Содержание компонентов в них максимально приближено к значениям показателей грунтовых вод, из чего можно сделать предположение о повышенной роли грунтовых вод в питании мелких водотоков района.

Необходимо отметить, что средние значения показателей химического состава изученных типов природных вод, нормированные на их содержание в дождевой воде, закономерно увеличиваются (кроме NH₄⁺ и ХПК) в ряду: атмосферные осадки – ливневые стоки – поверхностные воды – грунтовые воды (табл. 3). Это обстоятельство указывает на их тесную взаимосвязь, обусловленную совершенной гидравлической связью между атмосферными осадками, поверхностным и грунтовым стоком на территории агломерации г. Горно-Алтайска.

3. Химический состав природных вод агломерации относительно дождевой воды (ед.)

Типы природных вод	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na+K	NH ₄ ⁺	NO ₂ ⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	ОМ	ХПК	ЖО
Снеготалая/дождевая	1,0	0,6	0,1	1,4	4,0	0,5	0,2	1,4	0,5	1,0	0,4
Ливневые стоки/дождевая	17,0	22,6	3,4	0,6	75,3	12,1	2,2	7,4	7,2	6,6	18,1
Поверхностная/дождевая	39,1	57,5	3,3	0,2	2,5	31,8	1,8	3,2	14,4	2,0	42,3
Грунтовая/дождевая	59,8	75,3	5,8	0,1	4,5	42,5	3,2	10,9	21,6	0,5	62,9

Вышеотмеченный ряд природных вод в целом повторяется и в их гидрохимических типах. Рассчитанные массовые доли основных катионов и анионов закономерно уменьшаются (щелочи, сульфаты, хлориды) или увеличиваются (кальций, магний, гидрокарбонаты) в следующем ряду вод: дождевая – снеготалая – ливневка – поверхностная – грунтовая (табл. 4).

Таким образом, гидрохимические типы изученных природных вод варьируются от хлоридно-гидрокарбонатно-сульфатных кальциево-натриевых (для дождевой воды) до хлоридно-сульфатно-гидрокарбонатных магниево-натриево-кальциевых для грунтовых вод. В том или ином сочетании эти основные катионы и анионы присутствуют в заметных количествах во всех типах изученных природных вод, что указывает на унаследованный характер их химического состава на территории агломерации г. Горно-Алтайска.

4. Массовая доля катионов и анионов в осадках и природных водах агломерации (%)

Типы природных вод	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ +K ⁺	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻
Дождевая	25,3	2,7	63,7	38,0	43,0	16,7	2,3
Снеготалая	42,7	3,5	25,3	36,2	21,0	36,5	5,7
Ливневые стоки	59,4	8,0	32,4	69,2	15,9	10,4	4,1
Поверхностная	68,5	15,9	15,4	88,3	6,8	3,1	2,0
Грунтовая	68,2	13,9	17,7	79,1	7,1	6,7	7,1

В вышеотмеченном ряду природных вод увеличиваются также концентрации загрязняющих веществ антропогенного происхождения, в частности, форм минерального азота, сульфатов, хлоридов, фосфатов. Исключением из этой закономерности являются ливневые стоки, в которых проявлены максимальные концентрации практически всех изученных загрязнителей, кроме нитратов. Содержание в них ряда загрязнителей многократно превышает ПДК для вод рыбохозяйственных – аммония в 7,7 раза, нитритов в 179 раз, нитратов в 1,4 раза.

В стоках также отмечены высокие концентрации нефтепродуктов до 2,23 мг/дм³ и взвешенных веществ – более 1 г/дм³ (табл. 5). С учетом отмеченного уровня загрязнения ливневых стоков и больших объемов их образования, представляется необходимым строительство очистных сооружений на их основных водовыпусках в р. Майма.

5. Максимальные концентрации загрязнителей в осадках и природных водах (мг/дм³)

Типы природных вод	NH ₄ ⁺	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	PO ₄ ³⁻	ВВ	НП
Снеготалая	1,18	0,14	1,2	2,2	2,6	–	–	–
Дождевая	1,22	0,03	1,5	11,0	1,8	0,41	20	–
Ливневая	3,87	14,34	54,7	56,4	75,4	4,50	1008	2,23
Поверхностная	0,23	0,23	14,6	20,3	19,9	0,48	295	0,08
Грунтовая	2,01	2,80	118,1	55,2	66,3	1,23	–	–

По данным госмониторинга поверхностных водных объектов, экологическое состояние воды р. Майма в последнее десятилетие отвечало категории 3"Б" (очень загрязненные воды) из-за повышенного содержания нефтепродуктов, фенолов, железа, нитратного азота, ХПК (табл. 6). После перевода основной части котельных на природный газ оно начало постепенно улучшаться и в настоящее время отвечает малоблагоприятному уровню загрязненных вод, пригодных для использования без очистки для хозяйственно-бытовых и технических нужд.

В качестве предварительных выводов проведенного изучения отметим следующее:

- для водотоков агломерации характерен природный гидрохимический тип вод, показатели которого изменяются по сезонам и при увеличении антропогенной нагрузки;
- степень антропогенной трансформации речных вод в целом низкая (для грунтовых вод повышенная) и выражается в небольшом увеличении содержания сульфатов, хлоридов, фосфатов, тяжелых металлов и более значительном – азотистых соединений и ХПК;
- установленные в поверхностных водах слабо повышенные концентрации этих экотоксикантов имеют как природное, так и антропогенное происхождение, обусловленное хозяйственной деятельностью предприятий и населения агломерации г. Горно-Алтайска.

6. Экологическое состояние воды р. Майма в 2006-2014 гг. (по данным КЛМС Бийск)

Показатели		2006 г.	2008 г.	2010 г.	2012 г.	2014 г.
Величина УКИЗВ, ед.		3,05	2,98	4,42	3,96	3,33
Класс экологического состояния		3"Б"	3"Б"	4"А"	3"Б"	3"Б"
Загрязняющие вещества	основные	нитрит-ион, нефтепродукты, железо валовое, фенолы				
	второстепенные	–	БПК	ХПК	NH ₄ ⁺ , ХПК, БПК	ХПК

Литература

Алтайский край: Атлас. Т. 1. – М.: ГУГК, 1978. – 222 с.

Пузанов А.В., Робертус Ю.В., Любимов Р.В., Кивацкая А.В. Гидролого-гидрохимические аспекты поверхностного стока в бассейне реки Майма (Горный Алтай) // Проблемы региональной экологии, 2015, № 1, с. 49-55.

Робертус Ю.В., Любимов Р.В., Кивацкая А.В., Шевченко Г.А. Состояние воздушного бассейна в районе г. Горно-Алтайска // Матер. науч.-практ. конф. «Проблемы и перспективы социально-экономического развития города. – Горно-Алтайск, 2013. – С. 112-115.