РТУТНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПРИРОДНЫХ СРЕД В БАССЕЙНЕ РЕКИ КАУРЧАК (СЕВЕРО-ВОСТОЧНЫЙ АЛТАЙ)

Ю.В. Робертус, Р.В. Любимов, А.В. Кивацкая
АУ РА “Алтайский региональный институт экологии”, с. Майма

Известно, что ртутное загрязнение окружающей среды относится к числу значимых экологических проблем Республики Алтай [Пузанов и др., 2015]. Это обусловлено наличием на её территории большого числа проявлений и месторождений ртути, в том числе отработанного в 1942-1990 гг. Акташского месторождения. Ртуть также широко применялась в недалеком прошлом при извлечении шлихового золота методом амальгамации на многих объектах золотодобычи, особенно при отработке россыпей золота в Северо-Восточном Алтае.

Бассейн р. Каурчак (правый приток р. Лебедь, система р. Бия), охватывающий Майско-Лебедской золоторудный район (узел), находится на стыке разновозрастных структур Горного Алтая, Горной Шории, Западного Саяна и характеризуется сложным геологическим строением. В его пределах известны Майское золото-скарновое месторождение и ряд высокоперспективных проявлений золото-магнетит-сульфидного и золото-сульфидно-кварцевого типов [Тимкин, 2012], а также большое число золотоносных россыпей, основная часть которых отработана в предыдущие годы. Район является одним из старейших объектов россыпной золотодобычи в Сибири, периодически продолжающейся с середины 19 века по настоящее время [Турочакский…, 2009] (рис. 1).

Отработка россыпей в разные годы велась мускульным, гидравлическим и дражным способами. Так, открытое в 1950-х гг. Майское скарново-золоторудное месторождение было частично отработано в 1959-1972 гг. Металл извлекался на ЗИФ с применением амальгамации. Также в основном с применением металлической ртути извлекался металл, добываемый драгами Алтайского прииска (до 2014 г.) и старательскими артелями. Цеха “отпарки” ртути находились в поселках Майский, Талон и, предположительно, в бывшем поселке Чаныш.

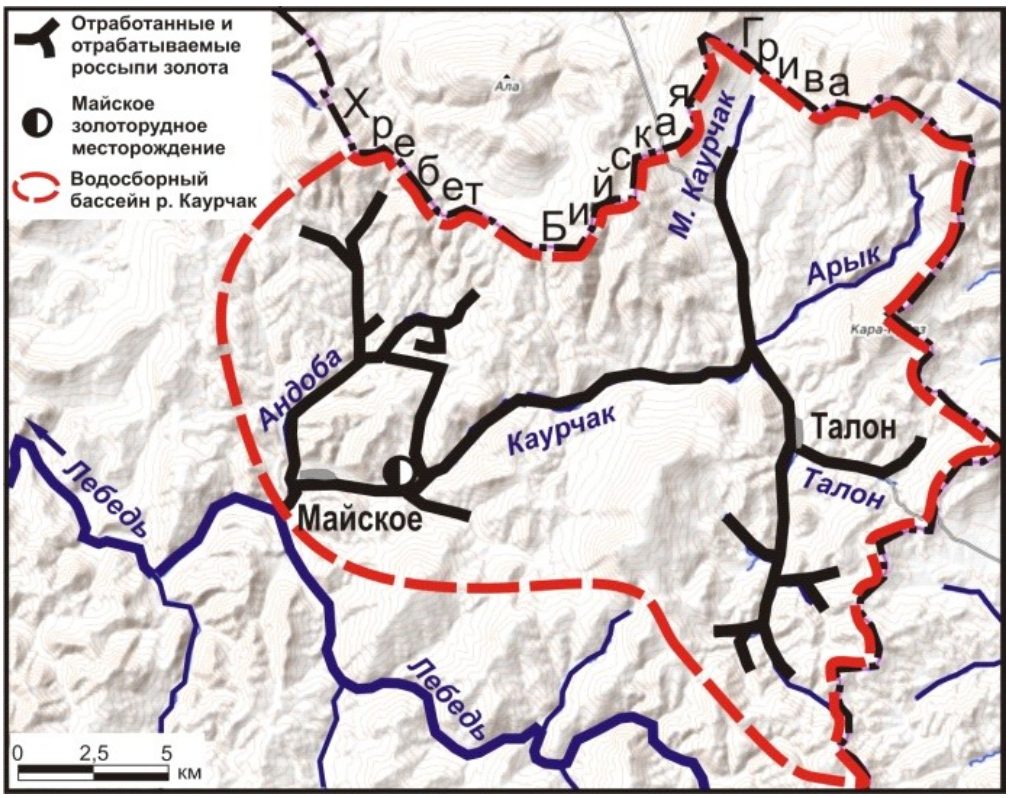

Рис. 1. Обзорная карта золотоносности бассейна р. Каурчак.

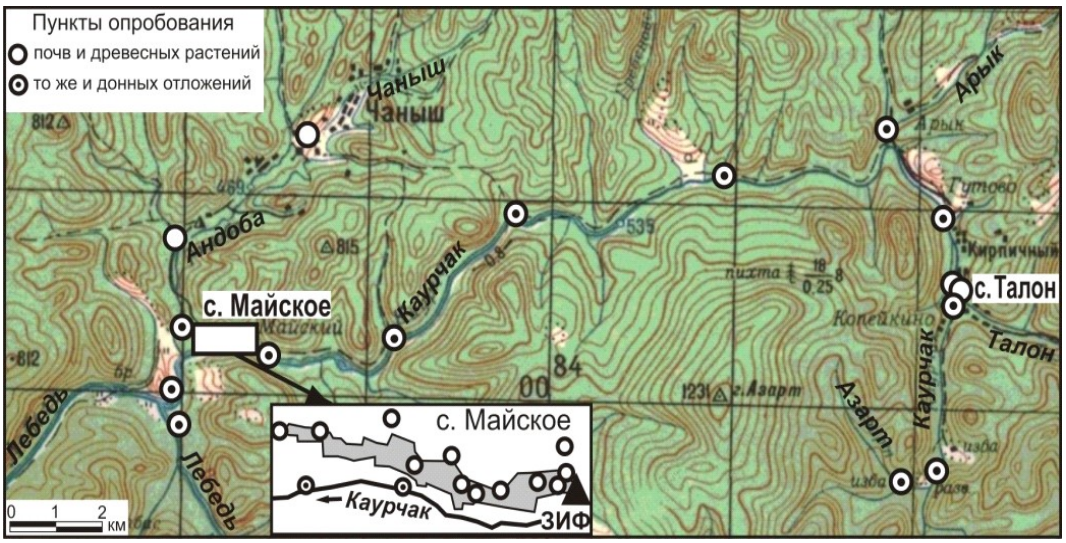

Рис. 2. Схемы опробования природных сред в бассейне р. Каурчак и в с. Майское.

По данным [Янин, 1992], на извлечение 1 кг россыпного золота расходовалось в среднем 2 кг ртути, максимально до 10 кг. Считается, что при этом две трети ртути терялось и переходило в природные среды – почвы, донные осадки, поверхностные и грунтовые воды, образуя наложенные ореолы и потоки рассеяния. Исходя из общего объема добытого золота в бассейне р. Каурчак (около 12 тонн), можно предполагать, что для его извлечения было использовано не менее 25 тонн ртути, основная часть которой попала в природные среды.

Многолетняя золотодобыча в бассейне р. Каурчак оказала заметное воздействие на экологическое состояние окружающей среды, особенно в местах нахождения отработанных россыпей. Ее основные последствия выражены масштабными нарушениями природных ландшафтов, а также ртутным загрязнением компонентов природной среды (почвы, донные отложения водотоков, растительный покров). В частности, широкое применения ртути привело к загрязнению донных отложений не только р. Каурчак и ее притоков, но и р. Лебедь, в илах которых содержание ртути (в среднем 0,66 мг/кг) на порядок выше, чем в реках региона. Отметим также, что по интенсивности загрязнения почв отдельные участки в пределах сёл Майское и Талон находятся на уровне промзоны Акташского ГМП.

Экологические последствия техногенной эмиссии ртути на площади Майско-Лебедского золоторудного района в настоящее время изучены недостаточно и представлены в основном в работах ГП “Алтай-Гео” на территории сёл Майское и Талон [Кац, 1994].

Основная цель проведенного в 2017-2018 гг. авторами на площади этого района рекогносцировочного изучения заключалась в уточнении уровней содержания ртути и особенностей ее распределения в компонентах речных экосистем бассейна р. Каурчак, где проводилась золотодобыча, а также на ближайших к ним селитебных территориях. В первом случае изучались потенциально загрязненные ртутью компоненты аквальных (водных) и субаквальных (прибрежных) ландшафтов (почвы, донные отложения, листья березы). Объектами лито- и биогеохимического изучения селитебных территорий являлись почвы и древесные растения (тополь черный, береза повислая, пихта сибирская).

Опробование этих сред проводилось в основном по продольным профилям вдоль русел рек, а в с. Майское также по единичным поперечным профилям. Расстояние между точками опробования в селе составляло в среднем 500-700 м, а в местах сгущения – до 100-200 м. Пробы по течению р. Каурчак отбирались через 1-4 км, в среднем через 2 км (рис. 2). Пробы почв были взяты способом конверта со стороной 5 м (интервал 0-20 см, горизонт А). Пробы речных илистых отложений взяты пунктирной бороздой на расстоянии 5-10 м. Образцы листвы брались на высоте 1-2 м, у пихты отбиралась побеги с двухлетней хвоей. Все-

1. Корреляционные связи содержания ртути в сопряженных пробах природных сред прибрежных экосистем в бассейне р. Каурчак

Почва	Береза	Пихта	Донные осадки	Природные среды
0,81	**0,99**	**0,99**	–	Почвенный воздух
	0,85	*0,85*	0,61	Почва
Курсивом выделены коэффициенты		**0,99**	0,76	Береза
корреляции при p=0,05, жирным шрифтом при p=0,01			0,75	Пихта

го на изученной территории района было взято 72 пробы природных сред, в том числе 29 проб почв, 19 проб донных осадков, 24 образца листвы и хвои древесных растений.

После стандартной пробоподготовки пробы были проанализированы на валовую ртуть методом атомной абсорбции на ртутном анализаторе РА-915 с приставкой “ПИРО-915+” в лаборатории Института природных ресурсов НИТПУ (г. Томск, аналитики Ляпина Е.Е., Турсуналиева Е.М.).

Бассейн р. Каурчак и ее притоков. Результаты проведенного экологического обследования потенциально загрязненных компонентов аквальных и субаквальных ландшафтов (донных илов, прибрежных почв и древостоя) р. Каурчак и ее притоков показало наличие в них неравномерно проявленных повышенных концентраций ртути – от слабых до аномально высоких. Так, в прибрежных почвах содержание варьируется от сотых долей мг/кг до 4,1 мг/кг, то есть до 2 ПДК. В большинстве почвенных проб содержание ртути находится в узком пределе 0,05-0,10 мг/кг, который отвечает уровню ее местного фона (незагрязненные почвы).

Повышенные концентрации ртути (более 0,5 мг/кг) проявлены в почвах на участках, где установлено или предполагается нахождение в прошлом объектов ее применения, в основном цехов её отпарки. К таким участкам можно отнести нижнее течение р. Каурчак в районе с. Майское, где содержание ртути в почвах составляет 1,69-4,10 мг/кг, а также приустьевую часть руч. Азарт (левый приток р. Каурчак) с содержанием ртути в почвах до 0,64 мг/кг.

Близкая к вышеотмеченной картина распределения ртути характерна и для донных отложений р. Каурчак и ее притоков. В большинстве проб содержание ртути находится в пределах 0,02-0,10 мг/кг, который отвечает уровню ее местного фона (незагрязненные донные отложения). Повышенные концентрации (более 0,1 мг/кг) проявлены в глинисто-илистых фракциях донных отложений и участках нахождения цехов отпарки ртути. Так, в нижнем течении р. Каурчак в районе с. Майское содержание ртути в донных отложениях достигает 0,52 мг/кг, а в приустьевой части руч. Азарт – 0,33 мг/кг.

Сходные с охарактеризованными природными средами особенности распределения ртути проявлены в листьях березы, произрастающей в пойме р. Каурчак и ее притоков. Её фоновое содержание варьирует в пределах 6-20 мкг/кг, а слабо повышенные концентрации в нижнем течении р. Каурчак в районе с. Майское составляют 20-46 мкг/кг.

Эти особенности распределения ртути в компонентах аквальных и субаквальных ландшафтов водосборного бассейна р. Каурчак говорят об идентичности ее поведения, объяс-

Рис. 3. Характер ртутного загрязнения почв на территории с. Майское.

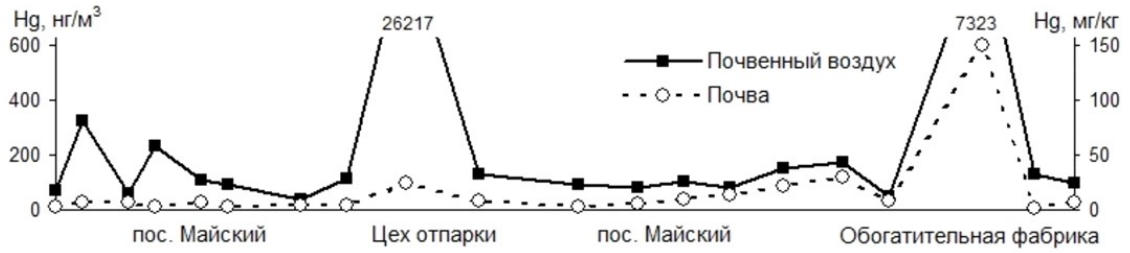

Рис. 4. Распределение ртути в почве и почвенном воздухе на территории с. Майское.

няемой поступлением в почву загрязненных ртутью речных отложений во время весеннего половодья и дождевых паводков и, наоборот, загрязненных почв в донные отложения. О тесной сопряженности концентраций в них ртути говорит значимый коэффициент парной корреляции (при $p \geq 0,95$). Между содержанием ртути в донных отложения и в листьях прибрежных берез также существует близкая к значимой корреляционная связь (табл. 1). Это указывает на донные осадки как основной поставщик ртути в другие природные среды.

Территория с. Майское. В пределах села на фоне содержания ртути в почвах 0,04-0,10 мг/кг выявлены два локальных очага наложенного ртутного загрязнения. Первый из них приурочен к бывшему цеху отпарки ртути в центре села, второй – к бывшей золотоизвлекательной фабрике (ЗИФ) Майского рудника и ее прудку-отстойнику в восточной части села. Содержание ртути в почвах этих очагов составляют 13,35-20,42 (6,4-9,7 ПДК) и 14,46-29,73 мг/кг (6,9-14,2 ПДК) соответственно (рис. 3). Наличие этих очагов ранее было отмечено и в почвенном воздухе (рис. 4) [Кац, 1994]. Сопряженность интенсивности ртутного загрязнения этих сред представляется закономерной. Установлено, что в черте села максимальные концентрации ртути (до 0,65 мг/кг) проявлены в донных илах прудка-отстойника ЗИФ и протекающего через него ключа Самошкина.

Содержание ртути в образцах листьев и хвои в с. Майское соответствует слабо повышенному уровню. Ее среднее содержание в листьях тополя составляет 42,1 мкг/кг, в листьях березы 43,6, в хвое пихты 26,2 мкг/кг при местном фоне 15-20 мкг/кг [Юсупов и др., 2018]. Умеренно повышенное в 2 раза содержание ртути в листве установлено на месте бывшего цеха отпарки, а аномально повышенное (на порядок) содержание – вблизи бывшей ЗИФ. Это обстоятельство прямо указывает на источники поступления ртути в природную среду.

Территория с. Талон. В пределах села, изученного единичными пробами, содержание ртути находится на околофоновом уровне, характерном для изученных природных сред: в почвах – 0,065-0,10 мг/кг, в донных отложениях – 0,022-0,085 мг/кг, в листьях березы – 6-16 мкг/кг. Исключением является аномально повышенное содержание ртути (5,56 мг/кг или 2,6 ПДК) в почвах на месте бывшего цеха отпарки ртути в северной части села (на приусадебном участке). На этом месте предположительно сформирован локальный очаг ртутного загрязнения почвенно-растительного покрова, который нуждается в более детальном изучении, также как и участки газортутных аномалий, выявленных ранее ГП “Алтай-Гео” в 1994 г.

Представляет интерес сравнение полученных данных с уровнями загрязнения природ-

2. Содержание ртути в природных средах загрязненных территорий Республики Алтай

Загрязненные территории	Почвенный воздух, нг/м^3*		Почвы, мг/кг	
	среднее (max)	местный фон	среднее (max)	местный фон
Промзона АГМП	250 (3010)	100	13 (>1000)	0,20
Село Акташ	230 (5188)	70	1,0 (1,9)	0,10
Промзона рудника "Веселый"	165 (4936)	20	0,3 (6,3)	0,15
Село Майское	200 (26217)	30	2,6 (29,7)	0,20
Село Талон	322 (1633)	50	5,6	0,20
Фон Горного Алтая	< 1 нг/м^3		0,04-0,12	

ных сред на других объектах добычи и применения ртути в регионе. Анализ публикаций по этому вопросу [Робертус и др., 2015, 2018; Юсупов и др., 2018] показал, что максимальные концентрации ртути в сопряженных пробах почв и почвенного воздуха проявлены в промзонах горнодобывающих предприятий (в основном в местах размещения отходов), а также на территории населенных пунктов, где имеются объекты их производственной инфраструктуры.

Имеющиеся данные позволяют считать, что в Республике Алтай аномально высокое содержание ртути проявлено в почвенном воздухе на фоне 20-100 нг/м^3 в пределах промзон бывшего Акташского ГМП, рудника "Веселый", а также на территории сел Акташ, Майское, Талон. С ними сопряжены очаги поверхностного загрязнения почв, интенсивность которых варьируется от слабого (села Акташ, Сейка) и умеренного (с. Талон) до аномально высокого в с. Майское и промзоне Акташского ГМП (табл. 2).

Выводы.

1. Ртутное загрязнение почвенно-растительного покрова в районах нахождения горнодобывающих предприятий носит локальный мелкоочаговый характер, приуроченный к бывшим и действующим объектам их производственной инфраструктуры.

2. Эти очаги формируют повышенный уровень загрязнения компонентов аквальных и прибрежных экосистем, проявленный в виде протяженных потоков рассеяния ртути.

Литература

Кац В.Е. Результаты геоэкологических исследований в районе поселков Майский, Талон и добычного участка "Ортон" Турочакского района Республики Алтай. Майма: ОФ АО "Алтай-Гео", 1994.

Пузанов А.В., Робертус Ю.В., Любимов Р.В., Кивацкая А.В., Павлова К.С. Обзор экологических проблем на территории Республики Алтай // Проблемы региональной экологии, 2015, № 2, с. 32-37.

Робертус Ю.В., *Пузанов А.В., Любимов Р.В.* Особенности ртутного загрязнения окружающей среды в районе Акташского горно-металлургического предприятия (Республика Алтай) // География и природные ресурсы, 2015, № 3, с. 48-55.

Робертус Ю.В., Рихванов Л.П., Юсупов Д.В., Любимов Р.В., Ляпина Е.Е., Осипова Н.А. Формы нахождения и переноса ртути в компонентах экосистем Горного Алтая // Химия в интересах устойчивого развития, 2018, № 2, с. 185-192.

Тимкин Т.В. Критерии локализации золотого оруденения в Майско-Лебедском рудном поле (Горная Шория) // Известия ТПУ. Инжиниринг георесурсов. 2012. Т. 329, № 4, с. 55-78.

Турочакский район: очерки истории, воспоминания, современность / Составитель Н.А. Майдурова. Горно-Алтайск: 2009. 256 с.

Юсупов Д.В., Робертус Ю.В., Рихванов Л.П., Любимов Р.В., Ляпина Е.Е., Турсуналиева Е.М. Распределение ртути в компонентах окружающей среды горнорудных районов Республики Алтай // Оптика атмосферы и океана, 2018, т. 31, № 1, с. 73-78.

Янин Е.П. Ртуть в окружающей среде промышленного города. М.: ИМГРЭ, 1992. 169 с.