

## ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ИЗУЧЕННОСТЬ И ОБСТАНОВКА В РАЙОНЕ БЫВШЕГО АКТАШСКОГО РУДНИКА

**Ю.В. Робертус, Р.В. Любимов**

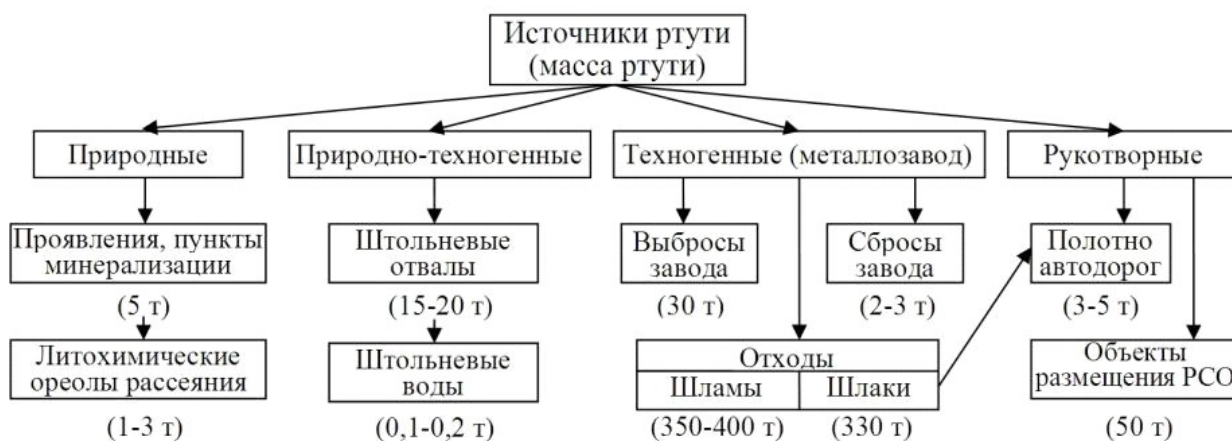
АУ РА “Алтайский региональный институт экологии”, с. Майма

Наиболее загрязненной территорией в Республике Алтай (РА) является район промзоны бывшего Акташского рудоуправления, отработавшего в 1942-1990 гг. одноименное ртутное месторождение. Предприятием было переработано 1,35 млн т киноварных руд и получено 3700 т ртути. Его приемником – Акташским горно-металлургическим предприятием (АГМП) – в 1990-2000-е гг. перерабатывались ртутьсодержащие отходы (PCO) предприятий Сибирского федерального округа. В этот период в районе предприятия было образовано более десятка несанкционированных захоронений привозных PCO общей массой примерно 3 тыс. т. В настоящее время АГМП ликвидировано, оборудование частично демонтировано и вывезено.

Специализированные работы по оценке состояния окружающей среды в с. Акташ и частично в районе Акташского рудника были начаты в 1990-х гг. и проводились Алтайской геофизической экспедицией ПГО «Запсибгеология» (в настоящее время – АО «Алтай-Гео»). Так, в 1991-1992 гг. экспедицией были проведены комплексные эколого-геохимические исследования применительно к масштабу 1:25000, в том числе газортутные исследования почвенного и атмосферного воздуха. По результатам работ был выявлен характер негативного влияния инфраструктуры рудника на природные среды [Кац и др., 1992; Фалалеев, 1992]. В 1995 г. район был охвачен проводимыми ГП «Алтай-Гео» на территории Республики Алтай региональными геолого-экологическими исследованиями и картографированием применительно к масштабу 1:1000000 (ГЭИК-1000), в процессе которого было проведено изучение почв, природных вод, донных отложений, радиационной обстановки [Кац и др., 1996]. С 1999-2000 гг. в районе ГП «Алтай-Гео» в рамках ГЭИК-100 проведено полевые опробовательские работы с целью детальной оценки экологического состояния геологической среды в зоне негативного влияния рудника. Результаты этих работ не оформлены в виде отчета.

В дальнейшем работы экологической направленности в районе промзоны рудника и с. Акташ проводились в основном Алтайским региональным институтом экологии (АРИ «Экология»). Так, в 2004 г. в период работы ООО «АГМП» проводился экологический мониторинг, в рамках которого были предварительно изучены уровни и особенности распределения загрязняющих веществ в природных средах промзоны предприятия [Робертус и др., 2004]. В 2006 г. АРИ «Экология» провел обследование 5 выявленных несанкционированных захоронений PCO в районе АГМП, а в 2009 г. – изучение применительно к масштабу 1:25000-1:50000 особенностей ртутного загрязнения природных сред в районе АГМП и в с. Акташ (почвы, природные воды, донные осадки, растения). В результате был впервые выявлен и изучен очаг ртутного загрязнения в зоне воздействия рудника, а также оценены объемы ртути, депонированной в природных средах и в отходах предприятия [Робертус и др., 2009]. В период 2012-2016 гг. институтом проводились эпизодические обследования площадки перегрузки PCO в с. Акташ и эпицентральной части очага ртутного загрязнения и несанкционированных захоронений PCO в районе АГМП [Робертус и др., 2012, 2013, 2016]. Наконец, в 2018-2019 гг. институтом проведены инженерно-экологические изыскания на территории промзоны АГМП для разработки ООО «Размах ГП» (г. Санкт-Петербург) проекта на ликвидацию накопленного экологического вреда на объекте [Робертус и др., 2019].

Кроме этого, в разные годы в районе рудника проводились исследования геоэкологической направленности рядом научных организаций: ИВЭП, ИГиГ, ИГМ СО РАН; СНИИГиМС;



**Рис. 1. Основные источники поступления ртути в природную среду района АГМП.**

Алтайский, Горно-Алтайский и Томский политехнический университеты и пр. Кроме них экологическая ситуация на территории промзоны АГМП в 2000-е годы эпизодически оценивалась надзорными структурами региона (ТУ Росприроднадзора по АК и РА, ТУ Роспотребнадзора по РА). Таким образом, в свете изложенного, можно констатировать хороший уровень геоэкологической изученности района и особенно промзоны АГМП.

Основные источники поступления ртути в компоненты природной среды района АГМП разделены на 4 группы – природные, природно-техногенные, техногенные и рукотворные (антропогенные) [Робертус и др., 2015]. К природным источникам отнесены проявления, пункты минерализации и литохимические ореолы рассеяния ртути. Природно-техногенные источники включают отходы добычи (пустые породы, некондиционные руды), техногенные – отходы передела руд (выбросы, сбросы, шлаки и шламы металлзавода), рукотворные – отсыпанные огарками дороги и объекты размещения неутилизованных РСО (рис. 1).

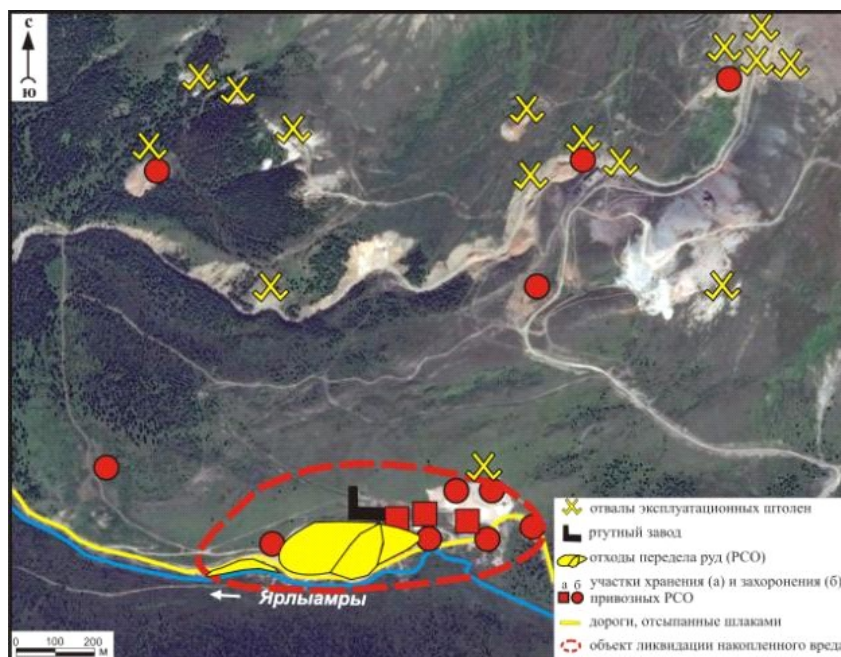
По содержанию ртути все источники разделены на две группы, первая из которых представлена отвалами эксплуатационных штолен и металлургическими шлаками (огарками) с содержанием ртути десятки-сотни г/т. Суммарная масса отходов второй группы (рудные шламы или хвосты, привозные РСО) на три порядка меньше, чем первой группы, но содержание ртути в них на три порядка выше и составляет весовые проценты (табл. 1). Доля ртути, заключенной в природных и природно-техногенных источниках, составляет всего 1% и 2,5% от ее общей массы в районе АГМП, при этом она находится преимущественно в связанной минеральной форме. В техногенных и рукотворных источниках заключено соответственно 90% и 6,5% ртути с повышенной долей ее подвижных форм.

Химический состав отходов бывшего Акташского рудника позволяет отнести их к классу ртутьсодержащих отходов горно-металлургического передела ртутных руд, то есть к вторичному минеральному ртутьсодержащему сырью, для которого в настоящее время отсутствуют технологические или экономические условия утилизации (переработки).

Масса ртути, “потерянной” при переделе руд, в отходах бывшего АГМП составляет примерно 720 тонн, то есть примерно 20% от полученной товарной продукции. С учетом неутилизованных привозных РСО, общая масса ртути в отходах и в загрязненных выбросами завода почвогрунтах района составляет около 800 т, что сопоставимо по масштабам потерь ртути на таких ликвидированных в настоящее время промышленных предприятиях,

#### 1. Содержание ртути в твердых отходах производства и в привозных РСО (г/т)

Содержание	Отвалы штолен	Шлаки (огарки)	Рудные шламы	Привозные РСО	Полотно дорог
<i>min</i>	10	80	1500	900	11
<i>max</i>	271	1000	68000	240000	36
$\bar{x}$	78	315	25000	21700	21

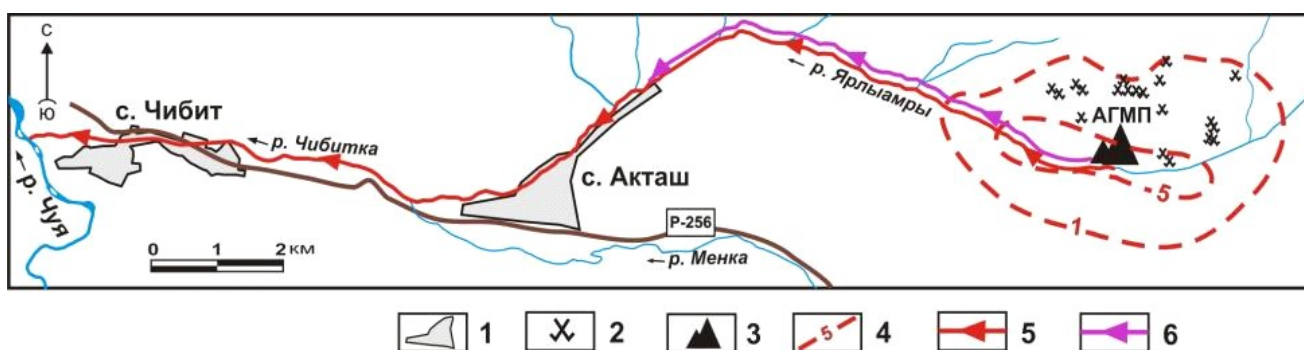


**Рис. 2.** Положение источников ртутного загрязнения природной среды в районе АГМП.

как ПО “Химпром” (г. Павлодар), ООО “Усольехимпром”, Кирово-Чепецкий химкомбинат. Специфика ртутного загрязнения на этих предприятиях заключается в его локализованном по площади и природным средам характере. В районе АГМП загрязнение охватывает весь спектр природных сред. Его формируют многочисленные рассредоточенные на большой площади разнообразные источники ртути, находящиеся в условиях резко расчлененной высокогорной страны на отметках 2000-2500 м (рис. 2).

Природные условия района АГМП способствуют латеральной, в меньшей степени вертикальной миграции ртути в виде паров, пылеаэрозолей, частиц отходов. Установлено преобладание пылеаэрозольного и механического водного перемещения соединений ртути при подчиненной роли межпоровой миграции в виде водорастворимых форм [Робертус, 2018]. Выяснено, что содержание ртути в профиле загрязненных почвогрунтов прогрессирующе уменьшается с глубиной. Наибольшая глубина ее проникновения достигает 1-3 м, однако 90% запасов ртути сосредоточено в интервале 0-0,5 м, а две трети в интервале 0-0,2 м, что указывает на наложенный характер ртутного загрязнения.

Вовлекаемая в твердый сток мелкая фракция шлаков (огарков) аккумулируется в донных отложениях и прибрежных почвах рек Ярлыамры и Чибитка. Длина техногенных лито(гидро)химических потоков ртути и ее основных элементов-спутников (мышьяк, сурьма)



**Рис. 3.** Обзорная схема ртутного загрязнения природной среды в районе АГМП

1 – селитебные территории; 2 – отвалы эксплуатационных штолен; 3 – отходы передела руд; 4 – изоконцентра-ты ртути (ед. ПДК) в почвах очага загрязнения; 5-6 – потоки ртути: техногенный литогидрохимический (5); рукотворный литохимический, созданный огарками на дорогах (6).

## 2. Параметры распределения ртути в природных средах промзоны Акташского ГМ

Содержание	Атмосферный воздух, мкг/м <sup>3</sup>	Почва, мг/кг	Растения, мг/кг	Снеговая вода, мкг/дм <sup>3</sup>	Поверхностная вода, мкг/дм <sup>3</sup>	Донные осадки, мг/кг
<i>min</i>	< 0,01	53	2	0,08	< 0,01	4,5
<i>max</i>	7	4500	35	53	2,4	310
$\bar{x}$	0,1	435	14,3	9,2	0,08	50
местный фон	< 0,01	0,02	0,01	< 0,01	< 0,01	0,1
ПДК (ОДК)	0,3	2,1	(1-3)	–	0,01	–

на отрезке промзона рудника – р. Чуя достигает 20 км. Этот поток частично проходит через территории населенных пунктов Улаганского района – Акташ и Чибит (рис. 3).

Уровни содержания ртути в отходах предприятия и загрязненных природных средах в районе бывшего рудника многократно превышают региональный и местный фоны, а также эколого-гигиенические регламенты (табл. 2). Коэффициенты концентрации ртути нарастают в ряду природных сред воздух – поверхностные воды – донные отложения – почвы, то есть увеличиваются от транслируемых к закрепленным концентрациям. Установлено [Робертус и др., 2009], что за период добычи и передела руд Акташского месторождения, а в последующем и утилизации привозных РСО, в районе рудника сформировался обширный очаг ртутного загрязнения, охватывающий долину и борта (в основном северный борт) р. Ярлыамры в ее верхнем течении, который имеет форму субшироко ориентированного овала с размерами в поперечнике 5х3 км и площадью 1100 га (рис. 3). В пределах этого крупного очага устанавливаются следующие три области (зоны) ртутного загрязнения почв: 1) слабого загрязнения (1-5 ПДК) на площади 860 га; 2) умеренного загрязнения (5-25 ПДК) на площади 215 га; 3) интенсивного загрязнения (более 25 ПДК) на площади 25 га, отвечающей промзоне бывшего предприятия.

Пространственное положение и вложенное по принципу “матрешки” зональное строение характеризуемого очага загрязнения почвенного покрова позволяют считать, что основным фактором его образования являются многолетние выбросы паров ртути из трубы металлзавода и в меньшей степени воздействие ртутьсодержащих отходов предприятия. Внутри этого очага имеется ряд локальных очагов умеренного (более 10 мг/кг) ртутного загрязнения почв площадью первые га, приуроченных к штольневым отвалам некондиционных руд. Мелкие очаги и потоки рассеяния созданы также захоронениями привозных РСО. Выяснено, что наибольший вклад в опасность для окружающей среды всех отходов вносит ртуть, доля которой составляет 73-76% для огарков, 98% для шламов, 96-100% для привозных РСО. Огарки относятся к 3-4 классам опасности, шламы к 1-3 классам, привозные РСО к 1-4 классам. Повышенная опасность (2-4 классы) характерна и для загрязненных почв.

Параметры накопленного экологического вреда в районе и в промзоне рудника характеризуются показателями (табл. 3), которые позволяют выделить в пространственно-вещественном отношении две категории загрязненных территорий и размещенных на них РСО. Первая из них отвечает очагу слабого и умеренного загрязнения почв в районе бывшего рудника. В его пределах на площади 1075 га размещены малоопасные отходы добычи (штольневые отвалы некондиционных руд) и ряд несанкционированных захоронений привозных РСО. Вторая территория отвечает эпицентральной части этого очага с высоким уровнем загрязнения почв – промзоне бывшего предприятия, где на площади 25 га компактно размещены отходы передела ртутных руд (огарки и шламы), а также находится около десятка объектов хранения и несанкционированного захоронения привозных РСО. Масса заключенной в них ртути составляет около 90% от ее общей массы в районе АГМП.

В настоящее время предлагаются разные организационно-технические и технологические подходы к проблеме ликвидации накопленного экологического вреда в районе быв-

### 3. Объекты накопленного экологического вреда в районе и в промзоне бывшего рудника

Объекты Параметры	Отходы добычи		Отходы передела		Привозные РСО		Загрязненные почвы*	
	Район	Промзона	Огарки	Шламы	Район	Промзона	Район	Промзона
Площадь, га	28,5	1,5	3,5	0,3	1,5	0,5	240	25
Объем, тыс. т	5400	100	1350	8	2,5	0,5	100	150
Содержание Hg, г/т	n×10	n×1	n×10-100	n×1000	n×1000	n×1000	n×1-10	n×10-100
Масса ртути, т	15-20	0,5	330	350-400	37	13	10	20
Класс опасности	IV-V	V	III-IV	I-III	I-IV	I-IV	IV-V	II-IV

Примечания. Содержание: низкое (зеленый цвет), среднее (желтый), высокое (красный), очень высокое (вишневым). Опасность для окружающей среды: низкая (зеленый цвет), повышенная (желтый), высокая (красный).

шего рудника, свидетельствующие о разном видении как объектов, так и способов их реабилитации, а также о выборе мест утилизации отходов и продуктов их демеркуризации (рис. 4).

По мнению авторов, наиболее оптимальный в эколого-экономическом плане подход к ликвидации накопленного вреда состоит в следующем. На первом этапе необходимо утилизировать путем переработки с применением усовершенствованной технологии высокотемпературного обжига все объекты хранения и захоронения высокоопасных РСО, объем которых составляет порядка 11 тыс. т, а масса содержащейся в них ртути 400-450 тонн. Это мероприятие представляет коммерческий интерес и может быть выполнено за счет частных инвестиций в течение двух лет. Одновременно необходимо выполнить комплекс следующих основных мероприятий:

- изоляцию умеренно опасных отходов – шлаков (огарков) от окружающей среды путем инженерно-технического обустройства объекта их хранения;
- выемку и размещение вместе с огарками наиболее загрязненных почвогрунтов;
- рекультивацию нарушенных земель и объекта хранения умеренно опасных отходов.

Терриконы огарков предлагается спланировать в виде площадки, по периметру которой необходимо создать противодиффузионную завесу из водоупорных глин по типу “стены в почвогрунте” шириной 0,5-1 м и глубиной до 3-5 м с врезкой в горизонт грунтовых вод. На участке размыва терриконов р. Ярлыамры завесу необходимо сделать из бетона, а для отвода плоскостного стока с северного склона площадки пройти нагорную канаву.

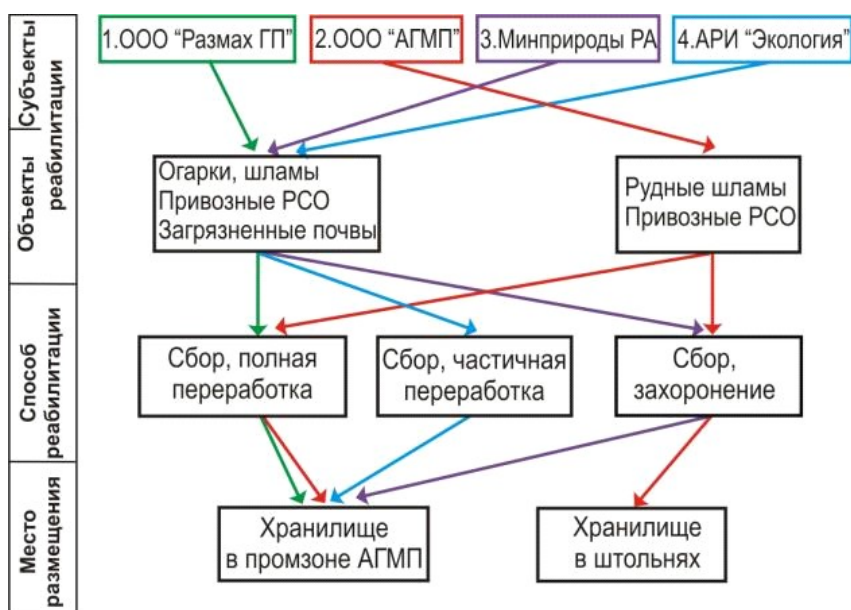


Рис. 4. Варианты подходов к утилизации ртутьсодержащих отходов в районе АГМП.

Для предотвращения водного и ветрового переноса площадку необходимо изолировать путем перекрытия противодиффузионной пленкой или другими современными материалами (стеклоткань, полимерные или композитные покрытия и пр.). Рекультивацию нарушенных при демеркуризации земель предлагается провести с типовыми подходами, но с обязательной биологической составляющей. Во время проведения реабилитационных мероприятий и в постликвидационный период необходима организация действенной системы мониторинга состояния окружающей среды в зоне влияния объекта.

Доводы в пользу изложенного минимизированного подхода к ликвидации накопленного экологического вреда: 1) район АГМП не является территорией проживания и хозяйственной деятельности населения; 2) он не оказывает заметного негативного воздействия на здоровье жителей ближайших сел Акташ и Чибит; 3) ртутное загрязнение и ее основные источники в районе носят неустранимый характер; 4) стоимость полной реабилитации территории неподъемна для бюджета страны и тем более бюджета Республики Алтай.

**Заключение.** Основным экологическим негативом в районе бывшего Акташского рудника является наличие обширного очага ртутного загрязнения природной среды и значительные объемы ртути в отходах, находящихся на хранении и в захоронениях на необорудованных для этих целей площадках.

Характеристики ртутного загрязнения района позволяют считать его зоной техногенной чрезвычайной ситуации регионального характера (зоной **экологического бедствия**), обусловленной аномальным изменением состояния (загрязнением) природной среды. Экологическая обстановка в промзоне бывшего предприятия является крайне напряженной и непригодной для проживания и хозяйственной деятельности населения.

Возможные подходы к ликвидации накопленного экологического вреда в районе Акташского ГМП носят многовариантный характер, что предопределяет большие различия в стоимости реабилитационных работ. Предложенный авторами вариант представляется оптимальным подходом, позволяющим решить эту актуальную для региона экологическую проблему в кратчайшие сроки с минимальными финансовыми затратами.

### **Литература**

*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.