

УДК 546.49:504.064(613.221)

СОДЕРЖАНИЕ РТУТИ В ОЗЕРНОЙ ЭКОСИСТЕМЕ В ЗОНЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ЗОЛОТОДОБЫЧИ (ЮЖНЫЙ УРАЛ)

© 2008 А.Н. Кутляхметов², Э.Н. Баранов¹, А.Ю. Кулагин², Т.Г. Лапердина¹, Ю.Г. Таций¹¹Институт геохимии и аналитической химии им.В.И.Вернадского РАН²Институт биологии Уфимского научного центра РАН

В условиях работы предприятий по золотодобыче отмечается накопление Hg в донных отложениях на акватории и прибрежной зоне оз. Калкан. Установлено, что основным источником поступления Hg в озеро является р. Журавка. Отмечено накопление Hg в рыбе озер Южного Урала, что создает реальную опасность для здоровья местного населения.

Ртуть (Hg) и ее соединения принадлежат к наиболее опасным токсикантам с разносортным спектром воздействия на живые организмы, что является причиной повышенного внимания к источникам ртутного загрязнения окружающей среды. Вследствие своих специфических свойств, Hg проявляет высокую способность к миграции и перераспределению в объектах окружающей среде. Особенностью Hg является способность к биоаккумуляции в компонентах трофических цепей водных экосистем, приводящая к опасному концентрированию Hg в хищных видах рыб. Большая часть Hg (до 95-99%) находится в рыбе в виде наиболее токсичного соединения - метилртути. Регулярное употребление рыбы с высоким содержанием Hg оказывает серьезное воздействие на здоровье населения (болезнь Минамата).

Одной из глобальных экологических проблем является интенсивное ртутное загрязнение окружающей среды в золотодобывающих регионах мира, особенно в странах Латинской Америки, Африки и Азии, связанное с применением Hg при амальгамировании золота [1]. Использование Hg при добыче золота в СССР официально было запрещено в 1989-90 гг. Однако ее интенсивное и длительное применение (0.5-1.5 кг Hg на 1 кг добываемого золота) привело к значительному ртутному загрязнению золотодобывающих регионов. Актуальность этой проблемы в России не вызывает сомнений, однако до сих

пор для ряда регионов имеются лишь фрагментарные сведения о содержании Hg в экосистемах озер.

В течение более 250 лет Урал является одной из основных золотодобывающих провинций России. В связи с этим, целью работы явилось изучение ртутного загрязнения озер Учалинского района Республики Башкортостан, на водосборной территории которых в течение длительного времени добывалось россыпное и рудное золото, и в особенности рыб в этих озерах, используемых в пищу местным населением. Такие исследования в регионе выполнены впервые.

Исследования, проведенные в 2002 г. на водоемах и водотоках Учалинского района (рис. 1), включали отлов рыб (озера Карагайкуль (Ворожеич), Калкан и Ургун) и отбор проб донных иловых отложений в оз.Калкан. Содержание Hg определяли атомно-абсорбционным методом «холодного пара» после микроволнового разложения (мышечные ткани рыб) или пиролизической возгонки с накоплением на золотом сорбенте (донные отложения).

Проточное оз.Карагайкуль (площадь 0.7 км², глубина до 3 м) выбрано в качестве фонового озера, так как на его водосборной территории отсутствуют проявления золота и не проводились разработки россыпей. На водосборных бассейнах озер Калкан и Ургун разрабатывались россыпные месторождения золота (рис. 1). Оз.Калкан является проточ-

ным (площадь 1,7 км², глубина до 6,5 м). На северо-востоке в него впадает р.Журавка, в долине которой в конце XIX века отработана крупная аллювиально-делювиальная россыпь, а на юго-западе из озера вытекает ручей, по которому также обрабатывалась небольшая россыпь. Оз.Ургун является наиболее крупным в районе (площадь 7,5 км², глубина до 8 м) и в настоящее время бессточным, хотя в недавнем прошлом из него вытекала небольшая речка. В его северной части разрабатывалась прибрежная озерно-аллювиальная россыпь.

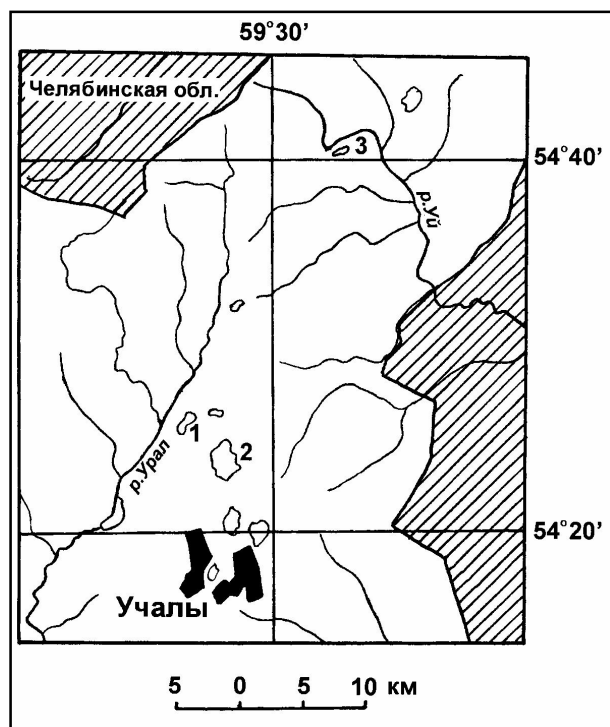


Рис. 1. Схема расположения исследованных озер на территории Учалинского района Республики Башкортостан: 1 - оз.Калкан; 2 - оз.Ургун; 3 - оз.Карагайкуль

Оценку ртутного загрязнения рыб проводили по содержанию Hg в окуне (*Perca fluviatilis*), выбранном в качестве наиболее распространенного вида хищных рыб в изученных озерах. Из оз.Калкан было выловлено 6, оз.Ургун - 7 и оз.Карагайкуль - 4 экземпляра окуня. Возраст рыб - 2-3 года, размер (длина с хвостом) - 15.5-18.5 см, вес тушек без внутренностей - 44-78 г.

Анализ полученных результатов показал, что рыбы из изученных озер контрастно и

закономерно различаются по уровню биоаккумуляции Hg (рис. 2). Наиболее низкое содержание Hg - от 58.6 до 78.9 (среднее 69.7) мкг/кг определено в рыбе оз.Карагайкуль, повышенное - от 90.8 до 183 (среднее 127.8) мкг/кг в рыбе оз.Ургун и очень высокое - от 241 до 752 (среднее 565) мкг/кг в рыбе оз.Калкан.

Необходимо отметить, что в 3-х экземплярах окуня из оз.Калкан содержание Hg превышает предельно допустимую концентрацию (ПДК) для пресноводной хищной рыбы (600 мкг/кг) [2], в 2-х - близко к ней и только в одном экземпляре ниже ПДК - 241 мкг/кг. При исключении этой «аномалии», среднее содержание Hg в его рыбах составит 630 мкг/кг, то есть превысит ПДК.

Несмотря на узкий возрастной диапазон изученных экземпляров окуня и, соответственно, небольшие вариации их веса, в них зарегистрированы закономерные изменения биоаккумуляции Hg в зависимости от этих показателей (рис. 2). Наиболее четко они выражены для рыбы оз. Калкан. При исключении из выборки экземпляра с «аномально» низкой концентрацией Hg, ее среднее содержание в двухлетнем окуне (вес 50-56 г) составило 589 мкг/кг, а в трехлетнем (вес 54-78 г) - 656 мкг/кг. Подобная возрастная зависимость отмечена для окуня оз.Карагайкуль - 58.6 и 73.4 мкг/кг для двух- и трехлетнего экземпляров, соответственно.

Зависимость аккумуляции Hg от возраста резко нарушена для рыбы оз.Ургун: в двухлетнем окуне её содержание пропорционально весу и составляет 103-183 (среднее 141) мкг/кг, а в трехлетнем окуне - в 1.5 раза ниже - 90.2-98.5 (среднее 94.3) мкг/кг. Выявленное нарушение возрастной корреляции может быть обусловлено принадлежностью разновозрастных экземпляров окуня к разным мигрирующим экологическим расам, отличающимся местом обитания и пищевым рационом [3].

Выявленные достоверные различия содержания Hg в рыбах изученных озер являются следствием различной степени ртутного загрязнения водосборных территорий озер: сильное загрязнение оз.Калкан, вызванное

разработкой крупных и мелких россыпей, слабое загрязнение оз. Ургун в связи с локальными (по сравнению с размерами озера) разработками россыпей в его прибрежной зоне и на удалении от нее и фоновый статус оз. Карагайкуль. Это подтверждается результатами ранее проведенных исследований донных отложений водотоков и прибрежных отложений озер [4]. Наиболее протяженные (до 12 км и более) и интенсивные – до 1300 мкг/кг, при фоновом содержании (геохимический фон - ГФ) 12 мкг/кг, потоки техногенной Hg формируются в донных отложениях водотоков в результате размыва эфельных отвалов фабрик по переработке золотосодержащих руд. Потоки, связанные с разработкой золотых россыпей, имеют более низкую интенсивность (до 200 мкг/кг) и меньшую протяженность.

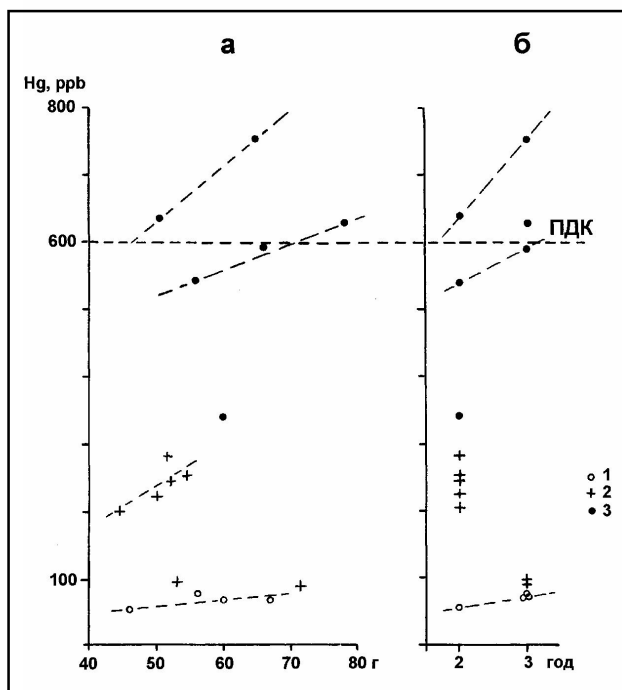


Рис. 2. Зависимость содержания Hg в окуне от веса (а) и возраста (б): 1 - оз. Карагайкуль; 2 - оз. Ургун; 3 - оз. Калкан

Анализ проб прибрежных донных отложений озер показал, что наиболее крупная прибрежная аномалия Hg выявлена в отложениях оз. Калкан. Она начинается от устья р. Журавки и прослеживается до 1.5 км к юго-западу. Содержание Hg в отложениях вблизи устья реки достигает 300 мкг/кг при ГФ 8 мкг/кг и постепенно уменьшается по мере удале-

ния от устья. В прибрежных отложениях на участке разработки прибрежной россыпи оз. Ургун также фиксируются локальные (протяженностью до 300 м) слабые (2-4 ГФ) аномалии.

Более сильное ртутное загрязнение характерно для иловых донных отложений, отобранных на акватории оз. Калкан. Во всех пробах илов установлены аномальные концентрации Hg, на порядок и более превышающие ГФ прибрежных отложений. Максимальное содержание (более 20000 мкг/кг) установлено в обогащенных органикой черных илах мощностью до 10 см в 40 м от устья р. Журавка. Высокие концентрации Hg (до 1000-2000 мкг/кг) в илах зафиксированы вблизи устья р. Журавка и на удалении от него, вблизи «струи» - центральной полосы озера без донных отложений. Содержание металла заметно уменьшается (до 500-1000 мкг/кг) при удалении от «струи» на 50-100 м.

Послойное опробование иловых отложений (колонки до 1-1.2 м) показало закономерное вертикальное распределение Hg в их толще (рис. 3).

Наиболее высокие концентрации Hg приурочены к верхнему придонному слою мощностью 10 см. В самой верхней части этого слоя (до 3 см), обогащенной органическим веществом, содержание Hg существенно (на 10-40 отн.%) ниже, чем в нижней части. В слое 10-30 см её содержание снижается в 3-5 раз (> 200 мкг/кг) и в слое 30-120 см варьирует в пределах 80-200 мкг/кг, несколько возрастая (на 15-60 отн.%) в основании толщи илов на участках их повышенной мощности.

Выявленные особенности латерального и вертикального распределения Hg в донных отложениях на акватории и прибрежной зоне оз. Калкан, показывают, что основным источником её поступления в озеро является р. Журавка, водосборный бассейн которой в связи с отработкой россыпи был сильно загрязнен техногенной Hg.

Некоторое обеднение самого верхнего слоя обусловлено его формированием уже после отработки россыпи. Проведенные исследования установили, что опасное накопление Hg в рыбе озер Южного Урала, связанное с

разработкой золотых россыпей, представляет серьезную экологическую и санитарно-гигиеническую проблему и создает реальную опасность для здоровья местного населения. Поэтому первоочередной задачей эколого-геохимических исследований на Урале и в других золотодобывающих регионах России является выявление локальных участков опасного ртутного загрязнения с целью их очистки и проведение профилактических мер.

Авторы благодарят И.В.Кубракову (Институт геохимии и аналитической химии им. В.И.Вернадского РАН) и Н.И.Полякову (Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н.Северцова РАН) за оказанную в ходе работы помощь.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Lacegda L.D. de, Salomons W.* Mercury from gold and silver mining: A chemical time bomb? Berlin: Heidelberg, 1998. 146 p.
2. СанПиН 2.3.2.560-96 Гигиенические требования к качеству и безопасности сырья и пищевых продуктов.
3. *Попова О.А.* В кн.: Атлас пресноводных рыб России. Т.2. М.: Наука, 2000. С. 66.
4. *Кутлиахметов А.Н.* Ртутное загрязнение ландшафтов горнорудными предприятиями Башкирского Зауралья: Автореф. дисс.... канд. географ. наук. Екатеринбург, 2002.

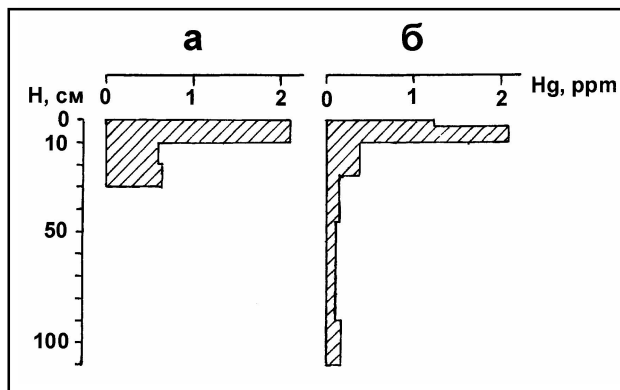


Рис. 3. Распределение Hg в донных отложениях оз. Калкан в 250 м (а) и в 1 км (б) от устья р. Журавка

THE CONTENTS OF MERCURY IN THE LAKE ECOSYSTEM IN THE ZONE OF GOLD-MINING ENTERPRISES (SOUTHERN URAL)

© 2008 A.N.Kutliahmetov², Э.Н. Rams¹, А.А. Kulagin², Т.Г. Laperdina¹, J.G. Tatsy¹

¹ Institute of geochemistry and analytical chemistry named after V.I. Vernadskii of the Russian Academy of Sciences

² Institute of biology of Ufa scientific centre of the Russian Academy of Sciences

In the gold-mining enterprises environment one can observe an accumulation of Hg in bed silt within the water area and coastal zone of Lake Kalkan. It is established, that the basic source of Hg in the lake is the river Juravka. There are records of the Hg accumulation in fish in the lakes of Southern Ural which is dangerous for residential population.