

**ТЕХНОГЕННОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ЛАНДШАФТОВ ДОЛИНЫ
РЕКИ КАРАТАЛ**

Канд.с.-х. наук Ю.М.Попов

Канд.с.-х. наук В.П.Богачев

Дана характеристика содержания тяжелых металлов в почвах, природных водах, приземном слое атмосферы и растительности в ландшафтах долины реки Каратал. Выявлены основные источники загрязнения. Обосновывается необходимость изучения влияния техногенеза на здоровье людей.

Горные области Джунгарского Алатау характеризуются наличием полиметаллических рудопроявлений. Добыча и обогащение свинцово-цинковых руд на месторождении Текели, разрабатываемом с 1936 года, влияют на загрязнение природной среды в бассейне реки Каратал. При обогащении свинцово-цинковых руд отработано одно хвостохранилище площадью более 3 км² на северо-восточной окраине города. В настоящее время заполняется действующее хвостохранилище на северной окраине города. Процесс обогащения руд завершается сбросом шламовой пульпы. Жидкая составляющая пульпы стекает и по отводному каналу попадает в биопруды и далее в реку Каратал. Мелкоземистая составляющая пульпы высыхает и подвергается золотому переносу. В мульпе сохраняется высокое содержание свинца, цинка, меди и других тяжелых металлов (ТМ), особенно в тонкодисперсной ее части. К хвостохранилищу непосредственно примыкают дачные участки, поля колхоза "Коминтерн" и территория города Текели. Следует отметить, что экологическое состояние этих земель в научной литературе практически не освещено, а Текелийский свинцово-цинковый комбинат (ТСЦК) до настоящего времени не получил разрешение на складирование отходов (хвостов обогащения) из-за отсутствия экологической экспертизы о техногенном воздействии их на окружающую природную среду. С

другой стороны известно, что ТМ могут образовывать ареалы рассеяния со значительными аккумуляциями в пределах полиметаллических месторождений. В процессе хозяйственной деятельности они рассеиваются в окружающей среде. При этом, повышенное содержание ТМ в почве, природных водах, воздухе и продуктах питания представляет значительную опасность для здоровья людей. Приоритетным загрязнителем в районе исследований среди ТМ является свинец. Он попадает в организм человека через органы дыхания в виде его паров и аэрозоля, а также через загрязненную воду и пищу. При свинцовой токсикозе поражаются в первую очередь органы кроветворения (анемия), нервная система (энцефалопатия и нейропатия) и почки (нефропатия).

Истоки реки Каратал формируются в высокогорных ландшафтах южных и северных хребтов Джунгарского Ала-Тау. К западу и северо-западу долина реки расширяется, образуя Текелийский, Талдыкорганский и Уштобинский конусы выноса, а перед впадением в оз. Балхаш Каратал делится на ряд рукавов и его долина завершается типичной широкой дельтой. Сток реки интенсивно разбирается на орошение. В верхнем течении, в связи с ледниковым питанием, вода реки Каратал характеризуется небольшой минерализацией, величина которой в период летнего паводка снижается до 100 мг/л. В среднем течении она увеличивается до 258-339 мг/л. По химическому составу вода гидрокарбонатно-кальциевая. В течение года на всем протяжении реки сохраняется нормальный кислородный режим, содержание органических веществ, аммонийного и нитратного азота не превышает ПДК. В воде р. Каратал часто отмечается загрязнение фенолом (до 19 ПДК) и нефтепродуктами с максимальными значениями до 124-135 ПДК [1].

Сток свинца за год по гидропосту в г. Текели в 1 км выше сброса ТСЦК в среднем за 7 лет составляет 5,2 т/год (с максимумом в 1988 г. - 15,6 т/год). Сброс сточных вод из биопрудов хвостохранилища заметно увеличивает сток свинца. Однако на участке реки Каратал от г. Текели до г. Талдыкоргана происходит заметное снижение стока ТМ по срав-

нению с фоновым (выше впадения сброса сточных вод из хвостохранилища). Это происходит в связи с выпадением ТМ в донные отложения, образованием сложных органо-минеральных соединений. По данным анализов отобранных проб воды в урочище Наймансуек, дельте р.Каратал и при впадении ее в озеро Балхаш содержание ТМ не превышает 21,5 мкг/л, часто они вообще не обнаруживаются (табл.).

Если проследить динамику стока свинца, то на участке реки от ГП г.Текели (0,5 км ниже сброса ТСЦК) до ГП г.Талдыкорган (1,8 км ниже сброса водоканала) "осаждается" более 4 т свинца ежегодно, далее происходит полное очищение воды. Следовательно, сообщения о загрязнении озера Балхаш ТМ от ТСЦК с водами р.Каратал [2,3,4] основаны или на недостоверных данных, или на единичных замерах. Содержание ТМ в донных отложениях на всем протяжении реки Каратал от высокогорий до плавней озера Балхаш обычно не превышает соответствующих ПДК и составляет для свинца 9,2 - 55,5 мг/кг. Подземные воды пресные, с минерализацией до 0,5 г/л, реже - до 0,8 г/л. По химическому составу они в основном гидрокарбонатные, реже гидрокарбонатно-сульфатные, кальцево-натриевые. Гидрогеохимические ореолы на участках полиметаллических месторождений нередко характеризуются аномальной концентрацией в них металлов. Максимальные их содержания не превышают для цинка, свинца, меди, марганца, хрома, никеля, олова, мышьяка - 2 мг/л [5]. Атмосферный воздух этого региона характеризуется высоким содержанием свинца. Его концентрации превышают ПДК в 33 раза и более.

Добыча и переработка полезных ископаемых в бассейне реки Каратал приводит к проявлению совокупности техногенных геохимических процессов в природно-территориальных комплексах региона. Одним из результатов таких процессов является накопление в почвах тяжелых металлов. Одна из задач исследований заключалась в выявлении приоритетных загрязнителей из рассеиваемых металлов и установлению общих закономерностей их распространения в почвах конусов выноса Текелийского (ТКВ) и Талдыкорганского (ТККВ). Для ее решения были привлече-

Трансформация стока тяжелых металлов на участке русла
р.Каратал от г.Текели до г.Талдыкоргана в тоннах
(1986-1992гг.)

| Гидрохимический створ | Тяжелые металлы | | | | | | | |
|---|-----------------|------|-------|--------|--------|--------|------|----------|
| | Свинец | Медь | Цинк | Никель | Кадмий | Железо | Хром | Марганец |
| г.Текели (1 км выше сброса ТСЦК) | 25,9 | 5,5 | 26,8 | 5,7 | 1,9 | 812,3 | - | 19,2 |
| г.Текели (0,5 км ниже сброса ТСЦК) | 40,0 | 14,8 | 39,8 | 9,0 | 1,2 | 813,2 | - | 42,7 |
| Изменение | +14,1 | +9,3 | +13,0 | +3,3 | -0,7 | +0,9 | - | +23,5 |
| г.Текели (0,5 км ниже сброса ТСЦК) | 40,0 | 14,8 | 39,8 | 9,0 | 1,2 | 813,3 | - | 42,7 |
| г.Талдыкорган (1,8 км ниже сброса водоканала) | 9,4 | 5,7 | 22,9 | 0,4 | 0,1 | 727,9 | - | 11,9 |
| Изменение | -30,6 | -9,1 | -16,9 | -8,6 | -1,1 | -85,4 | - | -30,8 |

ны методы тренд-анализа, корреляционного и компонентного анализа. Почвенно-геохимическая съемка выполнена на площади 166250 га в условиях масштаба 1:200000. Отобрано и проанализировано 256 образцов почв, донных наносов и шлама. По данным съемочных работ и лабораторных анализов составлена карта-схема загрязнения почв свинцом долины реки Каратал в масштабе 1:200000. Также подготовлены карты-схемы загрязнения почв свинцом на плановой основе масштаба 1:50000 Текелийского и Талдыкорганского конусов выноса на общей площади 50250 га и фрагмент карты Уштобинского конуса выноса на площади 46000 га. Анализ материалов почвенно-геохимических съемок показывает, что основным источником загрязнения природной среды свинцом в верхней части долины реки Каратал является хвостохранилище обогатительной фабрики ТСЦК. Основная масса свинца и сопутствующих металлов выносится эоловым путем из чаши хвостохранилища при высушивании пульпы, отработанной после обогащения руды. Сравнение содержания свинца и цинка в шламе до эоловой переработки и после показывает, что в воздух, за время формирования мелкой ряби на поверхности высохшей пульпы, выносится из одного килограмма ее массы около 5 мг свинца и 15 мг цинка.

Почти половина земель Текелийского и Талдыкорганского конусов выноса реки Каратал загрязнена валовыми формами свинца от слабой до сильной степени. Слабозагрязненные почвы занимают 32,6 %, среднезагрязненные - 10,8 %, сильнозагрязненные - 2,7 %; очень сильнозагрязненные почвы - 1,4 % территории. Последние приурочены к хвостохранилищу ТСЦК. Аномалия сильнозагрязненных почв (более 6 ПДК валовых форм свинца) выявлена у южной границы города Талдыкорган. По-видимому, это связано с расположенным здесь промузлом, включая завод свинцовых аккумуляторов. Загрязненные свинцом почвы окружают областной центр со всех сторон. В юго-западном направлении широкая полоса слабозагрязненных почв простирается на 12-15 км от границы города. В долине нижнего течения р. Каратал загрязненные свинцом почвы приурочены к промузлу

и железнодорожной станции Уштобе. Здесь выявлены только слабозагрязненные (1-2 ПДК) почвы. По данным геологов в горах междуречья Текели-Коксу среднее фоновое содержание в почвах свинца составляет 19,7-21,9 мг/кг, цинка от 90,5 до 98,7 мг/кг; меди от 30,3 до 38,4 мг/кг. Наши исследования, в целом, подтверждают эти цифры, только содержание свинца в верховьях реки Карой достигало 32-39 мг/кг, что, по-видимому, обязано полиметаллическим рудопроявлениям. В низовьях р. Каратал, включая современную дельту, содержание ТМ как в поверхностных горизонтах почв, так и по профилю, не превышает уровней существующих ПДК (валовые формы).

Распределение тяжелых металлов в почвах определяется многими факторами. Прежде всего оно зависит от вида источников загрязнения, метеорологических и геоморфологических особенностей бассейна реки, геохимических факторов и ландшафтной обстановки в целом. Основными источниками поступления ТМ в почву изучаемого региона являются: хвостохранилище ТСЦК, Карабулакский сахарный завод, промышленная зона г.Талдыкоргана, включая завод свинцово-аккумуляторный. Потенциальным поставщиком ТМ в почвы и грунтовые воды является оросительная сеть. При орошении содержащиеся в поверхностных водах ТМ связываются с органическими веществами и накапливаются в верхних горизонтах почвы. Определенный вклад в загрязнение рассматриваемых территорий вносит автомобильный транспорт. С выхлопными газами на поверхность почв попадает преимущественно свинец. В результате вдоль автомобильных дорог на расстоянии до 200 м формируются зоны повышенного содержания свинца в почвах. Тяжелые металлы попадают в почву вместе с удобрениями, в состав которых они входят как примесь. Однако доля этого источника незначительна по сравнению с вышеперечисленными.

Воздушные массы играют роль "разбавителя" выбросов промышленных предприятий. Благодаря их участию осуществляется перенос аэрозолей на значительные расстояния. Дальность переноса и объем переносимых веществ зависит от направления и ско-

рости ветра. Определенную корректировку в эту закономерность вносят орографические особенности территории. При близком расположении возвышенных (горных) участков от источника загрязнения, у подножий склонов формируются зоны повышенного содержания ТМ.

Выяснить причины возникновения ареалов техногенного загрязнения почв золотого происхождения позволяет анализ преобладающего направления ветра. Для метеостанции Текели были рассчитаны средние месячные результирующие векторы направления ветра.

В зимние месяцы (XII-II) на рассматриваемой территории ТМ переносятся вдоль осевой линии со стороны ТКВ. Такое направление ветра обуславливает преимущественное накопление ТМ в снежном покрове периферийной части конуса выноса. К весне результирующий вектор ветрового переноса изменяет свое направление почти на 90 градусов. Основная масса ТМ переносится от Талдыкорганской промышленной зоны и Карабулакского сахарного завода в сторону бассейна реки Коксу. В этот период (III - V) направление золотого переноса ТМ не совпадает с направлением потока талых вод, несущих значительное количество ТМ. В летние месяцы (VI - VIII) преобладает широтный перенос (с востока на запад) загрязняющих веществ, который практически сохраняется и в осенние месяцы (IX - II).

Анализ динамики среднемесячных результирующих векторов направления ветра с учетом местоположения источников загрязнения позволяет объяснить асимметричность ареалов загрязнения по отношению к источнику. Площадь западной части ареала рассеяния более обширна, чем остальные части. Западная скошенность ареала может служить индикатором золотого генезиса загрязнения.

На перераспределение ТМ по изучаемой территории оказывает значительное влияние ее рельеф. Поступающие с воздушными массами загрязняющие вещества оседают на поверхности почвы, частично в ней накапливаются, а частично смываются и переносятся со склоновым стоком в направлении наибольших градиентов высот. Для выяснения путей мигра-

ции и областей возможного накопления ТМ под воздействием плоскостного стока поверхностных вод был проведен тренданализ рельефа верхней части бассейна реки Каратал. Методом скользящего кружка [6, 7] была построена карта трендовой гипсометрической поверхности водосборов рек Карой, Чиже, Кусак, Коксу, Текели, Каратал и конусов выноса ТКВ, ТККВ.

Водосборная часть бассейна представляет собой систему расчлененных речными долинами широтно ориентированных хребтов, повышающихся в направлении на восток. В средней части Джунгарского Алатау, в бассейне р. Карой - правого притока Каратала, находится Коринская ледниковая группа. В местах расширения долин сформированы Текелийский и Талдыкорганский конусы выноса, имеющие характерную выпуклую (конусообразную) форму рельефа. Текелийский конус выноса имеет более сложную форму из-за наложения конусов выноса рек Батпак (правый приток) и Кусак (левый приток). Такое строение рельефа во многом определяет пути миграции и перераспределения загрязняющих веществ по территории. Достаточно высокие значения уклонов поверхности земли (0,01-0,015) способствуют интенсивной миграции тяжелых металлов со склоновым стоком. Направление последнего перпендикулярно изогипсам и совпадает с векторами наибольших градиентов высот. На Талдыкорганском конусе выноса (юго-западный сектор) сток направлен в сторону бассейна реки Коксу. К периферии конуса уклоны уменьшаются, что приводит к замедлению стока и способствует накоплению токсичных веществ в природно-территориальных комплексах.

В результате составления карт распространения тяжелых металлов в почвах и сравнения их содержания с предельно допустимыми концентрациями, с кларком в почвах установлено, что приоритетными загрязнителями в исследуемом районе являются металлы первого класса опасности: свинец, кадмий и цинк. Для подтверждения выводов о путях и факторах миграции привлекалась карта содержания меди и никеля в почвах.

Анализ карты распространения свинца (валовые

формы) позволяет установить четыре контура повышенного содержания металла. Вытянутый вдоль реки Каратал контур (преимущественно правобережье), охватывающий территорию г.Текели и прилегающую местность. Основным источником свинца здесь являются хвостохранилища Текелийского свинцово-цинкового комбината. Содержание свинца в почвах достигает 160-170 мг/кг, что превышает ПДК в 5 раз. Интересным фактом является резкое уменьшение содержания металла на северных и южных склонах прилегающих гор. Это и форма контура свидетельствуют о формировании ареала загрязнения почв в результате горно-долинной циркуляции ветра.

Сегмент Текелийского конуса выноса на удалении 6-8 км от действующего шламонакопителя ТСЦК, вниз по течению реки Каратал. Наибольшие значения содержания свинца в почве достигают 140-160 мг/кг и превышают ПДК в 4-4,5 раза. Вытянутая в поперечном, по отношению к реке, направлении форма контура свидетельствует, на наш взгляд, о влиянии на осаждение свинцовых аэрозолей (сухая седиментация) потоков воздушных масс из долин рек Кусак (левобережный приток реки Каратал) и Батпак (правобережный приток). Вероятно формируется эоловый барьер, способствующий выпадению свинца из воздушных масс, поступающих со стороны ТСЦК. Обращает на себя внимание повышенное содержание свинца в северной части контура, что связано, вероятно, с аэродинамической тенью на подветренной стороне лесопарка города Текели. Не исключена возможность поступления свинца с оросительной водой в почвы данного ареала загрязнения. Западнее сегмента повышенное содержание свинца отмечается по осевой линии долины вплоть до пос.Карабулак. Севернее поселка в районе отстойников сахарного завода, выявляется локальный участок загрязнения почв с содержанием Pb 4-6 ПДК.

Небольшой по площади, но характеризующийся высоким содержанием свинца (до 292 мг/кг) участок загрязнения почв выявляется западнее поселка Карабулак ниже (по стоку) отстойников сахарного завода. Локальный характер загрязнения свидетельствует об основной роли отстойников в его появле-

нии. Однако вполне вероятно и тормозящее влияние гор Лобашоки на воздушный поток со стороны ТСЦК. Тем более, что аналогичное влияние горы оказывает на формирование очага загрязнения юго-восточнее города Талдыкоргана.

Значительный по площади контур сложной конфигурации в районе Талдыкорганского промышленного узла. В его пределах отмечаются три очага повышенного содержания свинца в почвах. Первый - с содержанием Pb до 180-210 мг/кг, расположен вокруг промышленного узла с асимметрией в западном направлении. Как говорилось выше, это свидетельствует о ветровом происхождении очага. Второй, юго-восточный очаг расположен у подножья западных склонов гор Лобашоки и связан с их барьерным воздействием на ветер северо-восточных румбов. Большие значения концентрации свинца в данном очаге (100-110 мг/кг) и в почвах, расположенных между ним и первым очагом (до 100 мг/кг), являются результатом сухой седиментации тяжелых металлов. Третий очаг находится на расстоянии 7-9 км от Талдыкорганского свинцового аккумуляторного завода в западном направлении. Содержание свинца в центральной части достигает 132 мг/кг почвы.

В районах с повышенным содержанием свинца в почве пищевые продукты загрязнены этим элементом и количество свинца, поступающего с пищей в организм человека, в два-пять раз и более превышает средний уровень. Такие количества свинца могут оказывать неблагоприятное влияние на здоровье населения, так как свинец является высокотоксичным элементом [8]. Следует отметить, что переход из почвы в растения осуществляется за счет подвижных форм свинца.

Для характеристики фонового содержания тяжелых металлов в растительности в горной долине р.Карой в устье ущелья Солдатское на высоте 1400-1500 м над уровнем моря были отобраны образцы горно-лугового разнотравья, плодов шиповника, малины, дикорастущей смородины. В саду на пасеке взяты для анализа яблоки, в огороде-картофель. Содержание свинца в горно-луговом разнотравье составило 0,76 мг/кг сухой массы, у шиповника и яб-

лок - 0,63 мг/кг, у малины, смородины и картофеля - меньше ПДК (0,4 мг/кг).

По предварительным данным, загрязнение плодово-овощной продукции и растительности в зоне влияния хвостохранилища ТСЦК отличается большой пестротой. На государственном сортоиспытательном участке на территории совхоза им. Коминтерна отмечается тотальное загрязнение свинцом от единиц до десятков ПДК. В яблоках, грушах и винограде его содержалось от 0,49 до 0,89 мг/кг. В землянике эта величина превышала ПДК в 8 раз, а в малине, у хвостохранилища, обнаружено более 44 ПДК, в облепихе - более 172 ПДК свинца. Следует отметить, что плоды земляники и малины перед употреблением в пищу или переработкой не моются. При смывах с яблок, груш и др. удаляется до 30-50 % свинца. Заметно загрязнены плоды яблок и плоды шиповника, отобранные в садах в ущелье р. Текели между 1 и 2 кардонами. Яблоки содержали до 16 ПДК свинца, шиповник - 4,9 ПДК. В верховьях этого ущелья в зоне смешанного леса (впадение р. Ойсаз в р. Текели) луговое разнотравье содержало 3,5 ПДК свинца. Возможно, в данном случае сказывается влияние рудника Текели, расположенного в 7 км ниже по течению. Анализы разовых проб сахарной свеклы показывают содержание свинца от 0,16 до 2,09 мг/кг сухого вещества, т.е. она характеризуется от незагрязненной до уровня содержания 5,2 ПДК. В пробах кукурузы свинца обнаружено меньше ПДК или с незначительным превышением ее.

В районе долины р. Каратал сложилась довольно сложная экологическая обстановка, обусловленная загрязнением окружающей среды свинцом и другими ТМ. Основными источниками техногенного загрязнения компонентов природной среды указанной территории являются отработанные и действующие хвостохранилища обогатительной фабрики Текелийского свинцово-цинкового комбината. В основном миграция тяжелых металлов происходит воздушным, и, частично, водным путями. Сильное загрязнение растительности и почвы дачных участков отмечено в районах, прилегающих к территории хвостохранилища. Сильное загрязнение поверхности почвы свинцом наблюдается

юго-западнее города Талдыкоргана и в районе промышленного узла железнодорожной станции Уштобе.

Для улучшения экологической обстановки района исследования необходимо разработать новую технологию утилизации отходов обогатительной фабрики, которая позволила бы исключить золотой и водный перенос тяжелых металлов, а также усилить контроль за выбросами промышленных предприятий городов Текели, Талдыкоргана и станции Уштобе.

Эту работу следует рассматривать в этом регионе как начало службы мониторинга окружающей среды. Подобные виды работ необходимо проводить и в дальнейшем, анализируя тенденции развития нагрузок на окружающую среду и изучая влияние техногенного загрязнения на здоровье людей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ресурсы поверхностных вод СССР. Том 13. Центральный и Южный Казахстан. Вып. 2: Бассейн оз. Балхаш. - Л.: Гидрометеиздат, 1970. - 644 с.
2. Шапоренко С.И. Озеро Балхаш: вчера, сегодня, завтра. // Природа. - 1993. - № 9. - С. 46-53.
3. Омарова Т.А. Загрязнение тяжелыми металлами озера Балхаш // Экологические проблемы Казахстана: Тезисы докл. 3 съезда Геогр. об-ва Каз. ССР. - Алматы, 1990. - С. 55-56.
4. Омарова Т.А., Мальковский И.М., Нилов В.И. О содержании тяжелых металлов в оз. Балхаш // Географические проблемы Или-Балхашского бассейна. - Алматы: Изд-во "Гылым", 1993. - С. 143-151.
5. Лукьянчиков Ю.С. Гидрогеохимические ореолы в слабоминерализованных подземных водах Джунгарского Алатау и особенности их формирования // Материалы научной и учебно-методической конференции, посвященной 60-летию юбилею кафедры гидрогеологии КазПТУ. - Алма-Ата, 1992. - С. 59-60.
6. Богачев В.П. Методические указания. Количественные методы в физико-географических исследованиях. - Алматы: Изд-во КазГУ, 1993. - 48 с.
7. Червяков В.А. Концепция поля в современной картографии. - Новосибирск: Недра, 1978. - 150 с.

8. Григорьева Т.И. Переход свинца из почвы в растения как один из критериев гигиенического нормирования. Миграция загрязняющих веществ в почвах и сопредельных средах //Труды II Всесоюзного совещания.- Л.: Гидрометеиздат, 1980.- С. 203-207.

Казахский научно-исследовательский
гидрометеорологический институт

ҚАРАТАЛ ӨЗЕНІ АҢҒАРЫНДАҒЫ ЛАНДШАФТАРДЫҢ ҚОРҒАСЫНМЕН ТЕХНОГЕНДІК ЛАСТАНУЫ

Ауыл ш. канд. Ю.М. ПОПОВ

Ауыл ш. канд. В.П. БОГАЧЕВ

Аймақтық зерттеулердің негізінде Қаратал өзені аңғарының қорғасынмен ластануы байқалынды. Техногендік ластанудың негізгі себептері табылды. Аймақтың экологиялық жағдайын жақсартуға әртүрлі жұмыстар жоспарланып отыр.