

УДК 624.131.:551.3 (575.2) (04)

**ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ РИСКИ ПРИ КОМПЛЕКСНОМ  
ГОРНОПРОМЫШЛЕННОМ ОСВОЕНИИ ТЕРРИТОРИИ  
(НА ПРИМЕРЕ МАЙЛУУ-СУУ)**

*Ю.Г. Алешин* – канд. техн. наук,  
*И.А. Торгоев* – канд. техн. наук,  
*Р. Мамырова* – мл. научн. сотрудник

---

Exceptionally highly man-caused load to nature exists in integrated development of natural resources in condition of mountain – fold area that leads to abrupt intensification of ecological situation. It is necessary to analyze the influence of all components of man-caused loads in these situations which shown in example of Mailuu-Suu.

Техногенные нагрузки на природную среду создают новое состояние природно-техногенной системы (ПТС), качественно отличное от состояния исходной природной системы (ПС). Результаты интенсивных воздействий горнопромышленного комплекса на ПС в течение десятилетий вполне сопоставимы с вековыми или тысячелетними изменениями среды под влиянием природных факторов. Горнопромышленное производство по своему воздействию имеет наиболее широкую сферу влияния [1]. В зонах размещения горных предприятий изменяется пространственная организация вещества, глубоко преобразуются миграционные процессы относительно ненарушенных фаций, изменяется взаимоотношение между природными системами под влиянием техногенных источников. По характеру локализации горное производство оказывает наиболее мощное площадное и объёмное воздействие на природную среду из всех известных техногенных (антропогенных) видов деятельности, в то время как обычные промышленные предприятия оказывают небольшое площадное, или, в крайнем случае, линейное воздействие в масштабе 1:25000 (1:50000). Последнее характерно для инженерно-транспортных коммуникаций.

Влияние техногенных факторов горного производства на ПС проявляется неравномерно и специфично.

➤ В пределах даже первично однородных природных ландшафтов формируются специфические территориальные новообразования – зоны техногенных повреждений (деформаций) природных миграционных процессов.

➤ Новообразованные зоны обладают своеобразной морфологической и геохимической структурой.

➤ Каждый из типов исходных ландшафтно-геохимических систем обладает своей ответной реакцией на одни и те же воздействия; различие проявляется в интенсивности (мощности) этой реакции, скорости протекания, масштабах проявления, глубине трансформации ПС, условиях последующего её восстановления (если таковое вообще возможно).

Наиболее сложные и глубокие морфологические и геохимические изменения под влиянием горного производства, включающие в себя добычу и первичную переработку минерального сырья, захватывающие сопряжённый ряд фаций, происходят в горных ландшафтах. Исходные фации горного ландшафта – элювиальные, транзитные, транзитно-аккумулятивные, аккумулятивно-супераккумулятивные, акваль-

ные. На таких территориях новообразования, связанные с техногенной нагрузкой, деформациями и миграцией вещества, могут быть типизированы в виде следующих зон:

1 – дробления и разрушения горных пород в массиве, уменьшения его несущей способности, увеличения фильтрационных свойств, изменения гидрогеологического режима, выведения на поверхность шахтных вод и газов, содержащих вредные компоненты, в том числе и радиоактивные;

2 – просадок земной поверхности, трещинообразования, заколообразования, оползнеобразования глубокого геоморфологического преобразования, разрушения почвенного покрова, уменьшения биологической продуктивности почвы, выведения из сельскохозяйственного оборота и хозяйственного использования земель;

3 – подрезок горных склонов, формирования выемок и уступов, террасирования поверхностей, пригрузок земной поверхности инженерными сооружениями, зданиями, конструкциями, замачивания грунтов, изменения гидрологической сети и условий обводнения горных склонов;

4 – формирования техногенного ореола рассеяния токсичных и радиоактивных веществ, вызывающих существенные изменения геохимического состава миграционных потоков, заражения воздушной среды, трансформации исходных ландшафтно-геохимических сопряжений и дополнительного разрушения почвенного покрова, полного выведения из хозяйственного оборота загрязнённых земель.

5 – изменения геохимического состава водных потоков и донных отложений, перестройки водных биоценозов, нарушения системы водоиспользования на территории;

6 – нарушения почвенного и растительного покрова, изменения геохимического состава почвы при геологоразведочных и сопутствующих работах, строительстве ЛЭП, транспортных коммуникаций, прокладке трубопроводов, резковозросшей антропогенной нагрузки.

Из этого, далеко не полного перечня новообразованных ландшафтно-геохимических зон следует, что существенной трансформации подвергаются все фации ландшафтного ком-

плекса, что сопровождается неблагоприятными для человека процессами и явлениями. Они расширяются по площади и увеличиваются по мощности, возникают там, где ранее их не было. Усложняется эрозионная расчленённость рельефа; в аккумулятивно-аквальных и аквальных зонах происходит значительное изменение гидрологического режима и геохимические трансформации как твёрдой, так и жидкой компонент горных массивов.

В общем случае область тех или иных техногенных воздействий нельзя приурочить к конкретной ландшафтной фации территории техногенеза. Так, первая и вторая зона новообразований может захватывать на одной и той же территории, но на разных участках, несколько, в том числе и все фации. Это определяется конфигурацией и пространственным заложением рудного тела. В то же время гидрогеохимическая трансформация характерна для аквальной и аккумулятивно-супераквальной фации.

Горнопромышленный комплекс Майлуу-Суу на разных этапах функционирования создавал широкий спектр техногенных нагрузок, который определялся типом полезного ископаемого или добываемого сырья, а также формированием соответствующей инфраструктуры. В прошлом столетии здесь добывали нефть, уголь, урановую руду, осуществляли водозабор подземных вод для закачки нефтяных пластов и вели активное промышленное и гражданское строительство, прокладывали транспортные коммуникации, высоковольтные ЛЭП, трубопроводы, проводили сельскохозяйственное освоение горных склонов. Вся эта нагрузка пришлась на слабоустойчивую территорию низко- и среднегорья, с глубокими эрозионными речными врезами, перепадом высот в пределах от 850 до 1600 м, протянувшуюся узкой полосой (ширина не более 5 км) вдоль русла реки Майлы-Су и её притоков, общей площадью не более 100 км<sup>2</sup>. Подобные орографические условия характерны для многих рудников и шахт горнодобывающего комплекса Кыргызстана. Поэтому закономерности формирования и развития геоэкологических процессов, вызванных техногенной нагрузкой на природную среду в Майлуу-Суу, обладают большой общностью, имеют региональное значение.

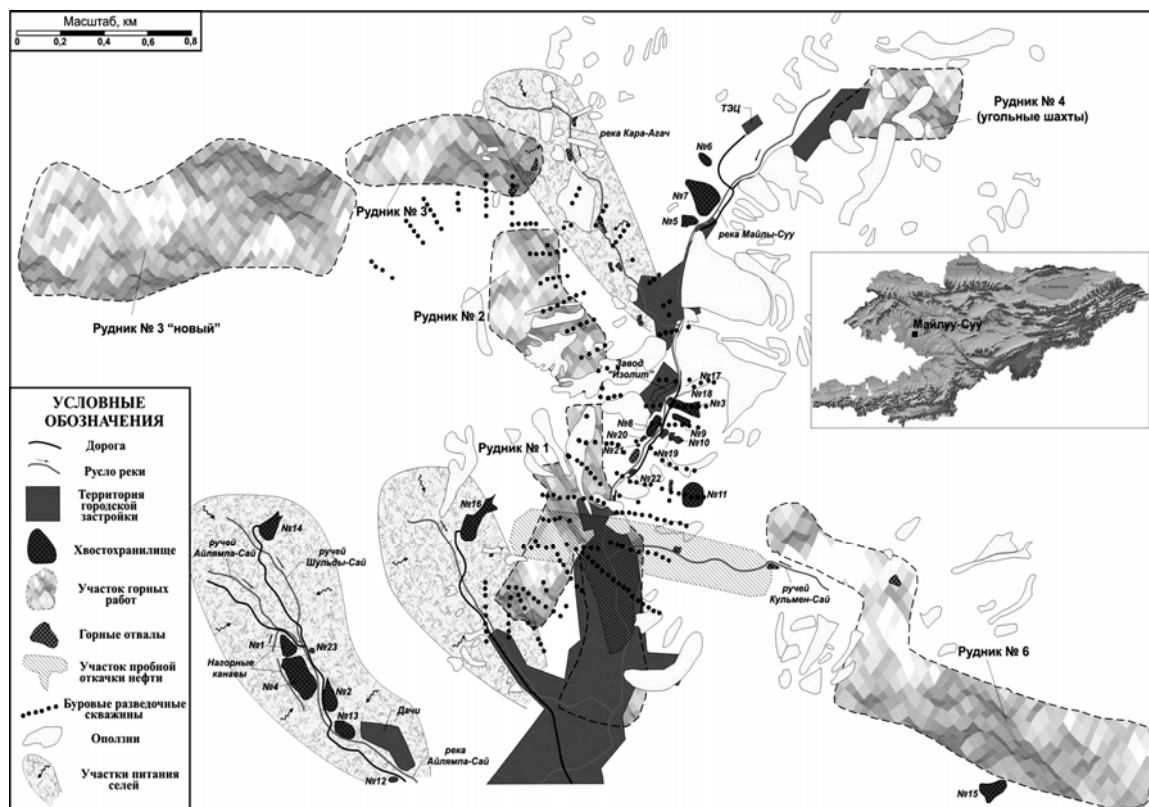


Рис. 1. Размещение объектов горнопромышленного комплекса в Майлуу-Суу и состоянии экзогеодинамики территории

**Нефтегазовый комплекс.** Запасы природного газа и нефти разведаны на участке южнее Главной антиклинали и в пределах её южного крыла. В наше время по категориям А+В+С достоверно оценены запасы газового месторождения в объёме 7,5 млрд. м<sup>3</sup>, а перспективные запасы составляют 29 млрд. м<sup>3</sup>. В аналогичных геологических структурах (IV и V Майлуу-Суйские антиклинали) разведаны запасы нефти в количестве 37 млн. т. по промышленным категориям. На базе этих запасов со второй половины прошлого столетия работают нефтепромыслы Кёк-Таш и Исбаскент. Месторождение нефти Майлуу-Суу II, расположенное на южном крыле Главной антиклинали, совмещено в плане с урановой толщей, её контур здесь имеет Т-образную форму, и оно вытянуто ортогонально и вдоль долины реки Майлы-Суу.

Основные запасы нефти связаны с карбонатными отложениями палеогена и, в первую

очередь, с горизонтом “М” Туркестанского яруса. Менее значимые скопления нефти приурочены к песчаным пластам неогена, а залежи газа – к меловым отложениям. Выявлены залежи газа и в отложениях юры. Промышленным нефтяным пластом на месторождении является пласт V в палеогене. Нефтяная залежь этого пласта разделена на два блока – Северный и Южный. Залежь нефти Северного крыла складки имеет ширину от 200 до 400 м и длину 1500 м; площадь нефтеносности Северного блока составляет 37,2 га, а водонефтяной залежи – 22,5 га. В Южном крыле размеры залежи более значительные: её ширина составляет от 400 до 500 м, длина достигает 2500 м, а площадь нефтеносности – 97 га, водонефтяной залежи – 28 га. Эффективная мощность этого пласта ~ 6 м.

Нефть Майлуу-Суу имеет удельный вес 0,853–0,861 г/см<sup>3</sup>, содержит большое количество серы (от 0,1 до 0,24%) и значительное ко-

личество парафина (от 2,5 до 3,8%). Залежи нефти сопутствует растворённый газ, который относится к категории тяжёлых: его удельный вес 1,1–1,2, содержание азота от 1,3 до 2,1%. В газе, растворённом в нефти, преобладает метан, а в растворённом в воде – в основном двуокись углерода.

С 1952 по 1954 г. на месторождении было пройдено 18 разведочных скважин с общим объёмом бурения 9776 пог. м. Запасы нефти по категориям В+С составляют 716 тыс. т., из них по категории В – более 400 тыс. т. В 1953 г. Государственный комитет по запасам утвердил на месторождении Майлуу-Суу II запасы газа в Туркестанской свите палеогена в объёме 16 млн. м<sup>3</sup> по категориям А+В и 18 млн. м<sup>3</sup> – по категории С<sub>2</sub>.

Разработка нефтяных и газовых месторождений во всём мире относится к числу наиболее “экологоёмких производств” [2], требующих больших капиталовложений. Прежде всего, это связано с изменением природных гидрогеологических условий водоносных пластов в процессе добычи жидких и газообразных углеводородов, которые носят, по меньшей мере, региональный характер, и охватывают в пределах разрабатываемых месторождений глубины до двух-трёх километров. В Майлуу-Суу изменение гидродинамических условий в верхней части зоны техногенеза (до глубины ~ 300 м) в основном происходит в результате отбора пресных подземных вод для заводнения нефтегазовых месторождений при инъекционном геодинамическом режиме добычи, а также в результате инфильтрации сточных вод нефтегазодобычи. Смена гидродинамических условий также связана и с изменениями соотношений пьезометрических градиентов в процессе добычи нефти на более глубоких горизонтах в зависимости от вида создаваемого техногенного гидрогеодинамического режима.

Отрицательное воздействие нефтегазового комплекса на окружающую среду Майлуу-Суу связано со следующими факторами:

➤ подрезкой горных склонов временными автодорогами для доставки к местам бурения оборудования буровых установок, что провоцирует развитие опасных геотехнических процессов, дополнительно к этому – обустройство горизонтальных площадок на участ-

ках размещения буровых установок и нефтегазового оборудования, что связано с выемкой и перемещением грунта, удалением плодородного почвенно-растительного слоя;

➤ загрязнением водоносных горизонтов, гидрологической сети и территории (в последнем случае с боковым сносом загрязнения);

➤ просадкой земной поверхности на значительной площади в местах откачки углеводородного сырья, с нарушением естественного равновесия горных пород в массиве, появлением дополнительной трещиноватости пород с последующим развитием на подработанных площадях экзогенных геологических процессов.

Глубина и направленность изменений природных, ландшафтных, гидрологических и гидрогеохимических факторов в пределах разрабатываемых месторождений обуславливаются геолого-гидрологическими, структурно-фациальными особенностями нефтегазоносных формаций, технологией разработки, периодами эксплуатации месторождения, интенсивностью отбора углеводородов [2].

В связи с тем, что водонефтяная и урановая залежи совмещены в плане, а иногда расположены в одних и тех же карбонатных пластах, определённое опасение может вызывать откачка и сброс на дневную поверхность и в гидрографическую сеть подземных вод из нефтяных скважин. В процессе разведки и эксплуатации уранового месторождения было установлено, что вода рудных горизонтов “К”, “L1”, “L2” и “M” содержит в своём составе растворимый уран, радий и радон. В водах горизонта “К” содержание урана сравнительно низкое и составляло в большинстве случаев в среднем  $\sim 2,6 \cdot 10^{-6}$  г/л, радона  $\sim 150$  Бк/л; в водах горизонта “L1” концентрация урана довольно высока – от  $n \cdot 10^{-4}$  до  $n \cdot 10^{-2}$  г/л; в водах горизонта “L2”, вблизи рудных тел, – от  $n \cdot 10^{-4}$  до  $n \cdot 10^{-3}$  г/л. В последних двух пластах концентрация радона и радия в воде была низкой –  $n \cdot 10$  Бк/л и  $n \cdot 10^{-11}$  г/л, соответственно.

На участках месторождения, удалённых от рудных тел, во всех случаях содержание радиоактивных элементов было или очень низким, или эти элементы присутствовали в количествах, не устанавливаемых анализами. Так, в скважинах, пройденных по пустым породам горизонта “L1”, установлено присутствие в водах

радоны в концентрации  $\sim 10$  Бк/л, а на аналогичных участках горизонта "L2" концентрация урана в воде была равна  $2,5 \cdot 10^{-7}$  г/л, радона  $\sim 3$  Бк/л; в породах горизонта "М" уран отсутствовал, концентрация радона приближалась к 1 Бк/л. Фоновое содержание этих элементов в подземных водах Майлуу-Суу, установленное путем неоднократных проб, составляло: урана  $n \cdot 10^{-6}$  г/л, радия  $n \cdot 10^{-12}$  г/л, радона  $0,1 \cdot n$  Бк/л. Следовательно, присутствие в водах радионуклидов обусловлено исключительно наличием в продуктивных горизонтах палеогена высокоактивных рудных тел. Резкое повышение концентрации (до  $n \cdot 10^{-2}$  г/л урана) радиоактивных элементов в подземных водах отмечалось только в том случае, когда эти воды омывали высокоактивные рудные тела, т.е. когда водоносные трещины пересекали рудные линзы. Следует заметить, что подземные воды, являясь разубоживающим фактором, растворяют радиоактивные элементы и способствуют их переотложению и выносу. При откачке водонефтяной залежи вынос будет осуществляться на земную поверхность. В условиях вскрытого месторождения урана, множества подземных выработок, разуплотнённого горного массива геохимическая обстановка в верхних его горизонтах характеризуется высоким содержанием кислорода в гидрокарбонатных водах, что обеспечивает создание растворимых в воде соединений урана.

О широко распространенности водонефтяной смеси в пластах, содержащих уран, говорит тот факт, что на руднике № 1 за период его эксплуатации с 1953 по 1966 г. необходимо было дренировать  $\sim 4,1$  млн.  $m^3$  воды и  $\sim 12,25$  тыс. т нефти. Средний приток водонефтяной смеси в горные выработки составлял  $\sim 50 m^3/час$ . Вода содержала нефти от 0,5 до 5%, сероводорода – от 5 до 85 мг/л, метана – до 17%. По отдельным скважинам водоприток мог составлять  $\sim 85 m^3/час$ , а нефти  $\sim 3 m^3/час$ . Мощные внезапные притоки водонефтяных смесей наблюдались при вскрытии карстовых полостей. Например, на горизонте 120 м в квершлагае № 8 после вскрытия крупной карстовой полости максимальный приток нефти в выработки пласта "L2" достигал 12 т/час. В подобных полостях природный газ мог находиться под давлением до 8 атм. Состав газа следующий: метан – до 10–16 мг/л, сероводород – до 91,4 мг/л, па-

ры бензина – до 0,8–1,5 мг/л. Дебит газа доходил до 2,5–8,0  $m^3/час$ .

На участке Кёк-Таш добыча нефти в небольших количествах продолжается до сих пор, а на участках Главной антиклинали и Кульмен-Сая интенсивные разведочные работы и пробные откачки были начаты в 2001 г.

**Угледобывающий комплекс.** Форсированные разведочные работы на угольном участке Сары-Бээ были начаты в 1945 г. Разведка первого шахтного поля проводилась при помощи канав и расчисток по выходам угольных пластов на поверхность земли. В 1946 г. здесь были заложены капитальные квершлаговые штольни № 3 и № 4, которые вскрыли угольные пласты на верхних горизонтах. Летом 1947 г. одновременно с разведочными работами на шахтном поле № 1 и в штольне № 3 были завершены горно-подготовительные работы и началась эксплуатация месторождения. В 1948 г. были предприняты горно-разведочные работы на шахтном поле № 2 в районе заброшенных квершлаговых штолен № 1 и № 2. На этих двух полях в 1949 и 1950 гг. проводились разведочные работы. На третьем шахтном поле в 1951 и 1952 гг. осуществлялась проходка штолен № 14, 15, 16.

С 1953 по 1961 гг. месторождение эксплуатировалось с попутной доразведкой буровыми скважинами и горными выработками. В марте 1956 г. были отработаны запасы первого шахтного поля до горизонта штольни № 10. В июне 1960 г. доработаны запасы на втором шахтном поле до горизонта штольни № 11, а через год на третьем шахтном – запасы горизонта штольни № 15 и 50% запасов горизонта штольни № 16. Оставшиеся запасы были консервированы.

Схематическая литолого-фациальная карта угленосной юрской пачки угольного месторождения Сары-Бээ приведена на рис. 2. Геолого-разведочными и подготовительными работами в той или иной мере была подработана или нарушена территория правобережья реки Сары-Бээ общей площадью более 0,5  $km^2$ . С начала эксплуатации шахты в 1946 г. и до её консервации в 1961 г. здесь было добыто 2040290 т угля, пройдено за весь период 60 км горных выработок, отбито и переработано 377 тыс.  $m^3$  горных пород при среднем сечении горных выработок  $\sim 6,3 m^2$ .

Наиболее интенсивно горнодобывающие работы проводились с 1957 по 1960 г., когда ежегодно из недр извлекалось около 200 тыс. т угля. Глубина разработки составляла от 10 до 300 м.

Угольное месторождение осложнено неблагоприятными инженерно-геологическими условиями: наличием большого числа дизъюнктивных нарушений, не выдержанной по площади мощностью угольных пластов, изменяющимся углом падения, значительным горным давлением и обводнённостью отдельных участков, где водоприток в горные выработки составлял от 600 до 2000 м<sup>3</sup>/ч (штольни № 9, 10, 11), слабой почвой и кровлей выработок, склонностью к вспучиванию, а угля – к возгоранию; горные работы были осложнены возможностью взрыва метана и угольной пыли.

В пределах шахтного поля № 1 угольные пласты мощностью до 6 м залегали под углом до 80°. В связи с высоким горным давлением

на выработки основные откаточные штольни были пройдены полевыми по относительно устойчивым породам лежащего бока, в 10–15 м от угольного пласта. Таким образом, в подземную подработку вовлекался дополнительный объём горного массива. Угольные штольни соединялись с полевыми квершлагами через 90–100 м.

Первое шахтное поле было отработано системой горизонтальных слоёв с закладкой выработанного пространства (штольни № 3, 4, 6, 7) до 1951 г. и горизонтальными слоями с обрушением кровли (штольни № 4, 6, 10). Наклонная высота этажа составляла от 50 до 80 м, длина выемочных участков по простиранию – 25 м при использовании закладки и 50 м при обрушении кровли. Углеспускные печи (углескаты) проходили у лежащего бока пласта через 12 м по простиранию. Высота выемочного слоя составляла в среднем 2,5 м. Отработка шахтного поля была завершена в 1956 г.

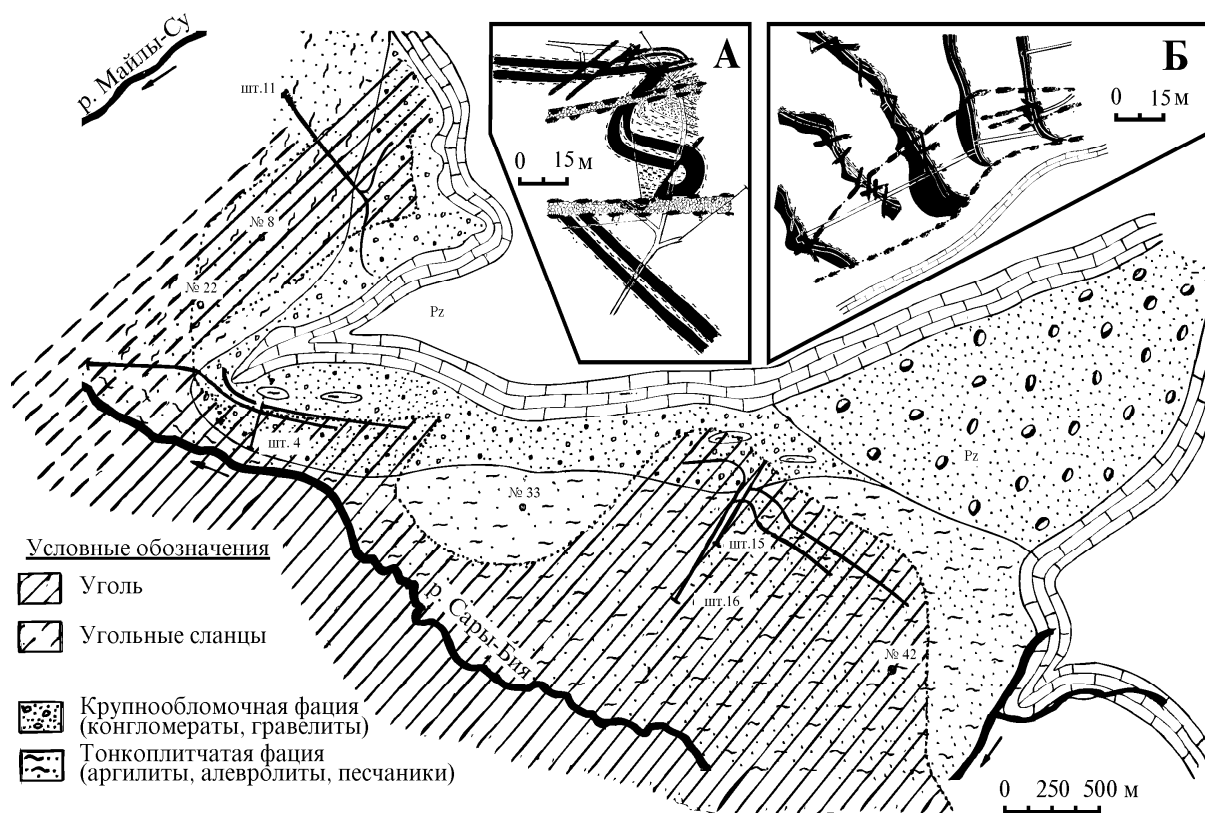


Рис. 2. Литолого-фациальная карта угленосной и подугольной пачки месторождения Сары-Бия. На врезках: А – диагональные и продольные сбросы восточного участка; Б – складки изгиба, разрыва и пережима на западном участке

На втором шахтном поле обрабатывалось два пласта: верхний (“Маломощный”), мощностью от 0,8 до 1,2 м, и нижний (“Мощный”), мощность которого составляла 3–4 м, а в местах вздутия почти до 12 м; промежуточная толща представлена аргиллитами мощностью всего 7 м. Угол падения пластов составлял 20–50°. Основные системы разработки на этом участке в начальный период (штольни № 1, 9): по пласту “Маломощный” – сплошные и длинные столбы, по пласту “Мощный” – горизонтальные слои с обрушением. Реже здесь применяли системы с закладкой. Отдельные участки пласта “Мощный” штольной № 9 обрабатывали короткими столбами и камерами. При разработке угольных пластов штольной № 11 использовали в основном систему с длинными столбами по простиранию и обрушением кровли. Выемку угля при мощности пласта до 3 м проводили на полную мощность, свыше 3 м – одним слоем мощностью 3 м, а часть угля оставалась в почве очистных выработок. Наклонная высота этажа доходила до 170 м с разделением на два подэтажа по 70–80 м. Этажные штреки были пройдены полевыми. Длина лав составляла от 40 до 70 м, а расстояние между углеспускными печами (длина столба по простиранию) – до 80 м.

На третьем шахтном поле обрабатывались два пласта: “Верхний” мощностью 3,5 м и “Нижний” мощностью 3 м. Угол падения пластов составлял от 30 до 50°. Промежуточная пачка мощностью от 2 до 5,5 м здесь сложена аргиллитами и углистыми сланцами. Угольные пласты выше горизонта штольной № 14 на северо-западном крыле обрабатывались системой горизонтальных слоёв с обрушением. Длина отдельных выемочных участков по простиранию составляла ~ 50 м, высота этажа – от 30 до 50 м, расстояние между печами 12 м, высота слоя 2,2–2,5 м. На остальной площади шахтного поля пласты обрабатывались системой длинных столбов по простиранию с обрушением. Наклонная высота этажа достигала 100–115 м. Этаж разбивали на два подэтажа с обработкой двумя лавами 35–40 м каждая. Откаточные штреки были пройдены полевыми, поскольку длительная устойчивость выработок в угольных пластах не гарантировалась. Рассечку углеспускных печей и нижних конвейерных штреков

производили с полевого штрека на горизонт конвейерного штрека. Высота очистного пространства для обоих пластов составляла в среднем 2,2–2,5 м., шаг посадки лав – от 4 до 5 м. Управление кровлей осуществлялось по схеме “обрушение с посадкой на деревянную крепь”.

Таким образом, в Майлуу-Суу на участке Сары-Бээ в слабых породах юрского возраста на протяжении 15 лет осуществлялась подземная добыча угля с широким использованием наиболее геоэкологически неблагоприятной технологии горных работ – выемкой крутопадающих пластов с обрушением кровли, последствия которой выражаются в следующем:

- размещение на земной поверхности больших объёмов отвалов пустой породы, что приводит к выведению из сельскохозяйственного оборота продуктивных площадей, излишней пригрузке горных склонов, нарушающей слабую устойчивость равновесия покровного чехла, формирование техногенного ландшафта территории;

- развитие просадок земной поверхности на большой территории; на участках крутопадающих пластов мульды сдвига могут в 2–5 раз превосходить площадь самого обработанного пласта; подобные участки, как правило, непригодны для строительства и провоцируют развитие оползневых процессов;

- серьезные нарушения гидрогеологического режима подработанного массива горных пород, поскольку, с одной стороны, выработанное пространство играет роль своеобразной дрены и эффективно перехватывает воды вышележащих горизонтов, а в зонах просадок – и верховодки, приводя к опустыниванию горных склонов, а с другой, – способствует транспортировке подземных вод к нижним гипсометрическим отметкам горных склонов с выклиниванием их к подошве четвертичных отложений, что, безусловно, снижает прочностные характеристики покровных грунтов;

- образование крупных трещин, заколов на участках наибольших растягивающих напряжений на земной поверхности по периметру мульды сдвига, формирование здесь своеобразного холмистого рельефа с западинами, глубокими рассечками поверхности, которые препятствуют стоку атмосферной влаги, в том числе при снеготаянии, что способствует значительному увлажнению грунтов на большую

глубину, снижению их прочностных характеристик и активизации оползневых явлений.

**Уранодобывающий (рудный) комплекс.**

Месторождение урана приурочено к периклинали Ангерек-Сарыбиинского поднятия, где урановое оруднение связано с карбонатными горизонтами "L1" и "L2" Алайского и горизонтом "M" Туркестанского ярусов палеогена. С севера рудное поле ограничено Шайданским разломом, по которому породы палеозойского фундамента надвинуты на отложения мезокайнозоя.

Майлуу-Суйское ураново-рудное поле расположено к северу от группы газонефтяных структур. В пределах нефтяного месторождения Майлуу-Суу II (участок Главной антиклинали) урановые рудные поля и нефтяная залежь оказались совмещёнными. Запасы нефти здесь также связаны с карбонатными горизонтами палеогена и, в первую очередь, – с горизонтом "M" Туркестанского яруса.

В 1946 г. было выявлено урановое оруднение на южном крыле Главной антиклинали в горизонте "L1" по правобережью реки Майлы-Суу, а в 1948 г. – в горизонте "L2" на левобережье. Здесь был организован рудник № 1, действовавший до 1966 г. В этот же период на протяжении 10 лет – с 1947 по 1957 г. – проводили отработку урановых руд на участке Центральной синклинали рудником № 2. В 1949 г. на юго-востоке рудного поля буровыми скважинами было выявлено промышленное содержание урана в горизонте "M" на участке Кульмен-Сай. Горнодобывающие и проходческие работы здесь осуществлялись рудником № 6 вплоть до 1962 г.

Урановая залежь северного крыла Северной антиклинали (участок "Карагач"), приуроченная к горизонтам известняка "L1" и "L2", эксплуатировалась с 1946 по 1953 г. рудником № 3. После консервации этого рудника юго-западнее отработанной площади был выявлен скважинами и разведан в период с 1958 по 1961 г. участок "Бедире", основные запасы которого были связаны с горизонтом "L1", меньшая часть – с горизонтами "L2" и "M". На базе вновь выявленного оруднения возобновил свою работу рудник № 3 ("Новый"), действовавший вплоть до закрытия комбината в 1968 г.

Эксплуатация уранового месторождения продолжалась 23 года – с 1945 по 1967 г., при

этом 59% запасов было извлечено из пласта "L1", 24% – из пласта "L2" и 17% – из пласта "M". Содержание урана в них изменялось в широких пределах: бедные руды с содержанием урана от 0,03 до 0,1% составляли около 45% отработанных запасов, рядовые руды с содержанием от 0,1 до 0,2% – около 30% запасов, богатые с содержанием от 0,2 до 0,5% – не более 20% запасов, а весьма богатые (более 0,5% содержания урана) составляли всего 5% запасов. Среднее содержание урана в балансовых рудах равнялось 0,145%. В отдельных рудных телах содержание урана достигало 5,5%, а в отдельных пробах – до 12,5%. Минералы урана представлены на месторождении целым рядом соединений: урановые черни, урановые смолки, уранинит, карнотит и другие, всего более 15 разновидностей.

Глубины залегания оруднения в пределах рудных полей месторождения были самые различные: на участках "Свод", "Карагач" и северного крыла Центральной синклинали рудные залежи выходили на поверхность, на западном фланге участка "Бедире", южном фланге площади рудника № 1 и на юго-востоке участка "Кульмен-Сай" рудные горизонты погружались на глубину до 500 м. Мощность продуктивных слоёв составляла от 0,1 до 2,5 м при общей мощности известняка 8–15 м. Такого же порядка была мощность межпластовой пачки песчаников и глин.

Вскрыша и подготовка шахтных полей рудников осуществлялись на верхних горизонтах штольнями, а на нижних – шахтами. Из шахт до встречи с продуктивными пластами пройдены квершлагги, из которых засечены штреки и восстающие по рудовмещающей части пласта. Штреки проходились через 30 м по вертикали, восстающие через 20–25 м по простиранию. Из-за наличия в мезокайнозойских отложениях рудника № 1 нефти и газа, вскрытие и подготовку здесь шахтного поля проводили спаренными выработками: один из штреков на горизонте был пройден по продуктивной части пласта, в параллельный с ним – по песчано-глинистой толще, вмещающей карбонатный рудосодержащий пласт.

В результате подземной отработки месторождения урана в долине Майлы-Су и прилегающих саях было образовано 13 отвалов





Рис. 3. Бывший завод № 3 гидрометаллургической переработки урановой руды. На переднем плане низовой откос дамбы хвостохранилища № 3

забалансовых руд и 23 хвостохранилища, где концентрировались отходы гидрометаллургической переработки руды, осуществляемой двумя заводами ГМЗ: № 3 и № 7. Заводы располагались на аллювиальных террасах реки Майлы-Су по её правому берегу. Первый из них был перепрофилирован на выпуск электроизоляционных материалов и изделий (ныне завод “Кыргызэлектроизолит”, рис. 3), а второй – разрушен взрывами после закрытия рудника и его развалины сохранились до сих пор в 200–300 м южнее ТЭЦ на участке между хвостохранилищами № 6 и № 7.

Отвалы и хвостохранилища расположены по всей территории промзоны и в соседних саях, и лишь одно из них – хвостохранилище № 15 – вынесено далеко за пределы контура отработки месторождения и границ городской территории, на расстояние ~ 6 км на восток-юго-восток от свода Главной антиклинали. Схема размещения указанных объектов с нанесёнными на неё участками подземной выемки урановой руды и угля приведена на рис. 1, некоторые технические характеристики этих объектов, важные для анализа геоэкологического риска, – в [1].

Таким образом, за 23 года эксплуатации уранового месторождения в Майлуу-Суу была подработана горная территория общей площадью в плане около 1,5 км<sup>2</sup>, частично подработана и территория с городской застройкой площадью ~ 0,4 км<sup>2</sup>; извлечено на поверхность более 7 млн. т горных пород, из них кондиционной руды около 4 млн. т, пустых пород и забалансовых руд – более 3 млн. т., оставлено на поверхности в виде отвалов сухих “кеков” и тонкоизмельчённых отходов гидрометаллургической переработки руды более 6 млн. т пород; частично возвращено в недра для закладки выработанного пространства около 1 млн. т дроблённых пород (оценка нуждается в уточнении); извлечено и вывезено в виде промышленного концентрата около 3 тыс. т урана; хвостохранилищами и отвалами занята территория общей площадью около 0,56 км<sup>2</sup>, в них сосредоточены радиоактивные отходы уранового ряда элементов общей активностью от 30 до 50 тыс. Ки (оценка нуждается в уточнении), имеются участки неорганизованного хранения [3].

Негативные экологические последствия функционирования уранодобывающего горно-

го производства в Майлуу-Суу определяются наиболее полным комплексом ландшафтно-геологических и геохимических новообразований, которые характерны вообще для горной промышленности, поэтому в последние годы на них обращено основное внимание исследователей [1, 3, 4, 5]. При этом совершенно не обоснованно игнорируются геоэкологические риски, формирующиеся на этой же площади другими составляющими горно- и общепромышленной нагрузки, а также градостроительством, которые способны при совместном действии создавать синергидные экологические эффекты [6]. Прогноз их развития в настоящее время наиболее актуален, хотя и более сложен, учитывая необходимость разработки и анализа многофакторных и многокомпонентных геоэкологических сценариев.

#### **Литература**

1. *Торгоев И.А., Алёшин Ю.Г.* Экология горнопромышленного комплекса Кыргызстана. – Бишкек: Илим, 2001 – 182 с.
2. *Тютюнова Ф.И.* Гидрогеохимия техногенеза. – М.: Наука, 1987. – 335 с.
3. *Алёшин Ю.Г., Торгоев И.А., Лосев В.А.* Радиационная экология Майлуу-Суу. – Бишкек: Илим, 2000 – 96 с.
4. *Алёшин Ю.Г., Торгоев И.А., Коваленко Д.Н.* Временной фактор риска эксплуатации урановых хвостохранилищ // Сергеевские чтения. – М.: ГЕОС, 2005 – С. 62–67.
5. *Елисеева Е.Ф.* Проблемы хвостохранилищ // Бюллетень ОЦЭИ. – Бишкек. – 1997. – 3 марта.
6. *Алёшин Ю.Г., Торгоев И.А., Коваленко Д.Н.* Синергетические эффекты в сценариях разрушения урановых хвостохранилищ Майлуу-Суу // Оценка и управление природными рисками – М.: Изд-во РУДН, 2003. – С. 315–319.