

УДК 622.333.012.2:504(571.513)

**КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ НА  
ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ПРИ РАЗВЕДКЕ  
И ЭКСПЛУАТАЦИИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ИНКАЙ  
(ШУ-САРЫСУЙСКАЯ УРАНОВОРУДНАЯ  
ПРОВИНЦИЯ, РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН)**

Д.С. Байпишева, В.А. Домаренко

Томский политехнический университет

E-mail: dina\_221189@mail.ru

**Байпишева Дина Сериковна**, магистрант кафедры геоэкологии и геохимии Института природных ресурсов ТПУ.

E-mail: dina\_221189@mail.ru

Область научных интересов: геология, поиски и геолого-экономическая оценка месторождений полезных ископаемых, радиоактивное сырье, скважинное подземное выщелачивание, добыча урана.

**Домаренко Виктор Алексеевич**, канд. геол.-минерал. наук, доцент кафедры геоэкологии и геохимии Института природных ресурсов ТПУ.

E-mail:

viktor\_domarenko@mail.ru

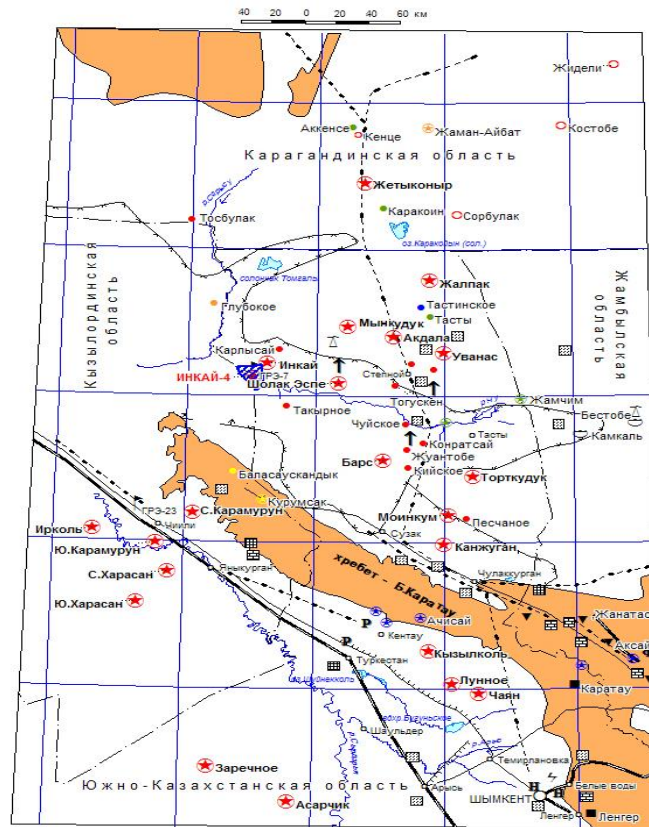
Область научных интересов: геология, прогнозирование, поиски и геолого-экономическая оценка месторождений полезных ископаемых, скважинное подземное выщелачивание.

Национальная энергетическая и экономическая безопасность государства напрямую зависит от развития и использования стратегически важных полезных ископаемых, составной частью которых является уран, как реальная альтернатива углеводородному энергетическому сырью. Эколого-экономическая оценка месторождений основывается на результатах широкого спектра исследований. Проведён анализ влияния подземного выщелачивания на окружающую среду на примере месторождения Инкай.

**Ключевые слова:**

Радиоактивное сырье, энергетическое сырье, уран, скважинное подземное выщелачивание, эколого-экономическая оценка, эколого-экономический ущерб, эколого-экономические исследования, мониторинг окружающей среды, оценка воздействия на окружающую среду, природоохранные мероприятия, радиохимическое и радионуклидное загрязнение почв и грунтов, подземные воды.

В течение последних 30 лет силами АО «НАК "Казатомпром"» в Южном Казахстане выявлено 19 месторождений урана, пригодных для отработки методом подземного выщелачивания. Разведанные запасы и прогнозные ресурсы урана на них составляют около 1 млн. т. Из них только 5 месторождений (Карамурун, Ирколь, Канжуган, Уванас и Восточный Мынкудук) детально разведаны и составляют сырьевую базу действующих горнорудных предприятий. На остальных месторождениях проведены лишь предварительная разведка или поисково-оценочные работы, и для их подготовки к промышленному освоению требуется проведение детальной разведки, сопровождаемой полномасштабными опытами по подземному выщелачиванию урановых руд на многих из них [1].



**Рис. 1.** Обзорная схема района работ

В последние годы экономика природопользования стала необходимым инструментом для выбора экологически приемлемых вариантов отработки месторождений. Охрана окружающей среды, соблюдение норм и требований природоохранного законодательства, прогноз и оценка эколого-экономического ущерба играют всевозрастающую роль в горно-геологической отрасли. Особенно это актуально в процессе добычи радиоактивного сырья.

Эколого-экономическая оценка месторождений основывается на результатах широкого спектра исследований. В данной работе проведён анализ влияния подземного выщелачивания на окружающую среду.

Подземное выщелачивание является наиболее экологически чистым, практически безотходным способом добычи и первичной переработки радиоактивного сырья, поскольку при его применении исключаются:

- выдача руды и горной массы на поверхность, создание отвалов пустых пород и хвостохранилищ гидрометаллургического передела руд;
- выдача на поверхность загрязненных дренажных подземных вод и сброс их в поверхностные водотоки;
- загрязнение воздушного бассейна пылью (из карьеров, с отвалов, дорог) и вредными газами (окислы азота и др.).

По существу, все техногенное воздействие подземного выщелачивания ограничено рудовмещающими водоносными пластами, где природные пластовые воды при эксплуатации замещаются рабочими продуктивными растворами, которые по окончании добычи металла трансформируются в так называемые «остаточные». Те и другие отличаются высокой кислотностью или щелочностью, а также повышенными концентрациями урана (в рабочих растворах – промышленными, в остаточных – непромышленными) и целого ряда элементов-спутников (селена, ванадия, вольфрама, молибдена и др.).

Такое, казалось бы, интенсивное техногенное воздействие на рудовмещающий водоносный горизонт во многих случаях не создает никакой дополнительной экологической опасности, так как подземные воды района месторождений изначально заражены тем же комплек-

сом элементов (уран, селен, ванадий, молибден), что и руды. Это обуславливает их непригодность для использования в хозяйственно-питьевых целях.

Кроме того, нередко пластовые воды рудовмещающих горизонтов имеют повышенную или высокую естественную минерализацию, что также делает невозможным их практическое использование. На подобных объектах рудовмещающий горизонт сам по себе оценивается как перспективный пласт-коллектор для экологически безопасного подземного захоронения жидких промышленных отходов. При подземном выщелачивании захоронение остаточных растворов на таких объектах осуществляется как бы автоматически.

Диапазон гидрогеологических условий рудовмещающих водоносных горизонтов может быть достаточно широким: от горизонтов, пригодных для использования в качестве пластов-коллекторов промышленных стоков и потому не требующих специальных предупредительных и восстановительных мероприятий при отработке приуроченных к ним рудных месторождений, до горизонтов, содержащих подземные воды, пригодные для хозяйственно-питьевых целей. В последнем случае отработка месторождений допускается при определенных ограничительных условиях, а иногда может быть вообще признана нецелесообразной.

Особенность гидрогеологического режима эксплуатации месторождений подземным выщелачиванием – некоторый отрицательный баланс закачиваемых и откачиваемых растворов, что препятствует их значительному растеканию за контуры обрабатываемых блоков в процессе отработки. Расстояния, на которых отмечалось присутствие рабочих растворов за контурами отработки, изменялись от десятков до 100...150 м. Вследствие этого в период отработки, длительность которого для отдельных блоков не превышает 3–5 лет, эксплуатационные системы подземного выщелачивания даже в эксплуатируемых для водоснабжения водоносных горизонтах не представляют практической опасности по отношению к водозаборам, удаленным от них на расстояния более 1,5...2 км. Тем не менее, в таких случаях при проектировании отработки совершенно обязательным являются гидродинамический и миграционный прогнозы взаимодействия водозаборов и участков выщелачивания. Потенциально более опасна в подобных условиях ситуация, создающаяся по окончании отработки месторождения, когда эффект отрицательного дебаланса перестает оказывать сдерживающее и ограничивающее влияние на ореол остаточных растворов.

Таким образом, можно считать, что в большинстве случаев, когда рудовмещающий водоносный горизонт не служит вблизи обрабатываемого месторождения объектом водоснабжения, какие-либо специальные реабилитационные мероприятия в нем необязательны.

Основным природоохранным мероприятием во всех случаях должна быть надежная затрубная цементация рабочих скважин, предотвращающая поступление рабочих, продуктивных или остаточных растворов в эксплуатируемые для водоснабжения водоносные горизонты или на поверхность земли.

Оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС) осуществляется по следующим основным параметрам: источник–вид–характеристика–объект воздействия. Каждый из этих компонентов воздействия характеризуется определенным набором параметров.

Характеристика воздействия производится по степени (масштабам) и интенсивности. Для этого устанавливаются индикаторы (критерии) техногенного воздействия, к которым относятся типы и содержания загрязняющих химических веществ, значения физических параметров состояния природной среды, а также показатели возможности (пригодности) ее использования в других целях. Масштабы воздействия определяются соотношением объемов или площадей техногенных изменений окружающей среды во времени, а интенсивность – превышением значений индикаторов над допустимыми или фоновыми. Кроме этого, рассматриваются и другие не менее важные параметры воздействия – периодичность, необратимость, синергетический эффект суммации отдельных видов воздействия и т. д.

Источником воздействия в горно-геологической отрасли является подземное скважинное выщелачивание (незатампонированные скважины, полигоны и отстойники, остаточные растворы).

Основные виды воздействия:

- нарушение (физическое воздействие);
- загрязнение (химическое воздействие);

- изъятие или отчуждение природных объектов (невозможность их использования другими природопользователями).

Например, при включении в площадь горного отвода земель для создания охранной зоны, они уже не могут быть использованы для других целей даже при отсутствии других видов техногенного воздействия. Широко распространено так называемое косвенное отчуждение, когда природный объект лишь частично утрачивает исходное качество, попадая в зону ореолов загрязнений или нарушений нередко на значительном расстоянии от горного предприятия.

Существуют следующие типы воздействия (в скобках приводятся основные индикаторы воздействия) [2]:

- гидрохимическое (загрязнение поверхностных и подземных источников, индикаторами которого являются тяжелые металлы, кислотные анионы и другие загрязнители);
- механическое (изменение инженерно-геологических характеристик горного массива, индикатором которого являются отклонение от первичных параметров трещиноватости и устойчивости пород, оползни, смещения блоков, провалы и т. п.);
- химическое (загрязнение земель различными химическими компонентами, устанавливаемое по величинам превышений их содержаний над фоновыми и предельно допустимой концентрацией);
- тепловое (изменение температуры сред, термоэрозия, изменение параметров криолитозоны);
- нарушение ландшафта (площади и параметры ландшафтов);
- нарушение или изъятие участков недр (объемы недр и запасы других полезных ископаемых, попавшие в зону отчуждения или нарушения).

К основным объектам воздействия относятся главные компоненты окружающей среды (биосферы): атмосфера, гидросфера (подземные и поверхностные воды), земельные и биоресурсы (различные типы земель и ландшафтов, фауна и флора), недра. Объектом воздействия являются также и антропогенные ресурсы, при рассмотрении которых производится оценка техногенного воздействия на условия жизни и здоровье человека, ухудшение условий и результатов производственной деятельности.

Благодаря исполнению природоохранных мероприятий в полном объеме количество эмиссий в окружающую среду находится под контролем, а их уровень в окружающей среде не превышает контрольных параметров.

Радиохимическое и радионуклидное загрязнение почв и грунтов поддерживается на минимально возможном уровне. Имеет место лишь деградация почв и их незначительное засоление на добычных блоках (табл. 1).

**Таблица 1.** Содержания радионуклидов в грунте и растительности

	Радионуклиды, Бк/кг							
	Cs <sup>137</sup>	K <sup>40</sup>	Pb <sup>210</sup>	Ra <sup>226</sup>	Ra <sup>228</sup>	Ra <sup>223</sup>	Th <sup>228</sup>	Th <sup>234</sup>
Грунт до начала опыта	9,4	747	821	531	37,8	114,5	39,0	705
Растительность до начала опыта	3,5	303	153	47	4,5	11,0	4,0	23
Растительность на 30.04.06 г.	6,3	4069	519	122,5	25,5	31,9	13,3	312

Благодаря своевременной дезактивации почв, мощность экспозиционной дозы не превышает 20 мкР/ч над фоном, однако настораживает повышение радиоактивности растительности на добычных блоках по всем радионуклидам, по самому радиотоксичному радионуклиду свинцу-210 в 3,4 раза. Это может потребовать ужесточения нормативов по радионуклидному загрязнению при окончательной рекультивации блоков.

Как положительный факт, следует отметить высокую культуру обращения со всеми типами отходов на центральной промплощадке. Все отходы собираются, сортируются и утилизируются. Нерadioактивные отходы, неподдающиеся переработке, захораниваются на полигоне промышленных и бытовых отходов, а радиоактивные отходы складываются в хранилище низкорadioактивных отходов.

Наиболее критичным видом воздействия является воздействие на подземные воды и недра. Выщелачивающие растворы, нагнетаемые в рудный горизонт, выщелачивая уран, расходуются на взаимодействие с вмещающими породами и водами. Это приводит к засолению

подрудной части месторождения. Средний удельный расход серной кислоты составил 38 тонн на 1 тонну добытого урана. Этот показатель лучше чем на других месторождениях отрасли, за исключением опытного участка ОПВ-2 на месторождении Акдала, где средний удельный расход серной кислоты составлял 13 тонн на 1 тонну добытого урана. Внедрение Акдалинского опыта, предложенного в 2005 г., позволит снизить уровень засоления горных пород подрудной зоны (табл. 2).

**Таблица 2.** Результаты анализов водных проб, отобранных из наблюдательных скважин участка ОПВ-2 до и после опыта подземного выщелачивания

№№ скважины	До начала опытных работ			По завершению опытных работ (Содержание урана ( $C_U$ мг/дм <sup>3</sup> ))	
	рН	Электропроводность, $\mu$ м сименс/см	рН	Электропроводность, $\mu$ м сименс/см	Общая минерализация вод, мг/дм <sup>3</sup>
S-1	7,5–8,5	765–1170	8,7	1126	0,6
S-2			8,65	1141	0,6
S-4			7,43	1137	0,6
S-5			8,61	1150	0,6
S-6			8,39	1131	0,6
S-7			8,71	1145	0,6
S-8			8,72	1174	0,6
S-9			8,75	1125	0,6
4-НР			7,4	2008	8,45
5-НР	4406	8,20		4676	2,5
10-НР	7,9	3280	8,49	4343	2,3
11-НР		3800	8,24	4275	2,2

Опыт выщелачивания на ОПВ-2 показал, что подземная область выщелачивания обладает рядом геологических и гидрогеологических факторов, способствующих нераспространению засоления.

К этим факторам относятся следующие:

- окислительно-восстановительный барьер на фронте кислых растворов;
- локальные водоупоры в виде линз алевроитов и глин мощностью до 0,6 м;
- увеличение непроницаемости подрудных пород, а также их обогащение сорбционными веществами, гидроокислами железа и алюминия;
- «застойный» гидродинамический режим подземных вод в пределах рудных залежей, где естественная скорость потока подземных вод снижается в 2–3 раза по сравнению со скоростью вод вне залежей.

Засолению подвержены только породы подрудной части. Оно распространяется по латерали до 100 м от крайнего ряда закачных скважин и на глубину до 12 м. Нижняя граница засоления совпадает с кровлей локальных водоупоров, распространенных повсеместно. Максимальный плотный остаток водных вытяжек достигает 0,94 %. Этот уровень засоления часто ниже, чем уровень засоления поверхностных почв на месторождении. Со временем следует ожидать дальнейшего уплотнения пород под выщелоченной рудной частью блоков.

Для получения дополнительных данных по устойчивости или стабильности ореола засоления этих пород для технико-экономического обоснования (ТЭО) [3, 4] на разработку месторождения Инкай рекомендуются дополнительные мониторинговые исследования по изучению данного вопроса, а также восстановлению физико-химических параметров подземной воды.

Таким образом, на опытном участке выщелачивания на месторождении Инкай выполняются весь комплекс природоохранных мероприятий, что исключает значимое отрицательное воздействие на окружающую среду.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бегун А.Д., Берикболов Б.Р., Сушко С.М. Программа развития урановой сырьевой базы АО «НАК КАЗАТОМПРОМ» в Южном Казахстане на 2010–2026 гг. – Алматы: Гылым, 2007. – 171 с.
2. Бармасов В.А., Дуйсебаев Б.О., Малимбаев М.С., Нестеров Г.Л., Патрин А.П., Язиков В.Г. Инструкция по подземному скважинному выщелачиванию урана. – Алматы: Гылым, 2006. – 57 с.
3. Бровин К.Г., Грабовников В.А., Шумилин М.В., Язиков В.Г. Прогноз, поиски, разведка и промышленная оценка месторождений урана для отработки подземным выщелачиванием. – Алматы: Гылым, 1997. – 384 с.
4. Домаренко В.А. Эколого-экономическая оценка месторождений / под ред. профессора Рихванова Л.П. – Томск: ТПУ, 2007. – 351 с.

Поступила 20.09.2012 г.