

УДК 502.1:622

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ПРЕДПРИЯТИЙ ГОРНОРУДНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

**Филонов А.В., Романенко В.О.**

*Юргинский технологический институт (филиал), Национальный исследовательский  
Томский политехнический университет, Юрга, e-mail: znaesh007@yandex.ru*

Выявлены основные экологические проблемы и отходы, влияющие на окружающую природную среду и человека, от деятельности урановой горнодобывающей промышленности. Рассмотрены основные вещества, загрязняющие воздушный бассейн, подземные воды рудовмещающих горизонтов, а также входящие в состав терриконов поднятой на поверхность породы при традиционных способах добычи и переработки урановых руд и их влияние на человека. Определены задачи для обеспечения развития уранодобывающих производств. В связи с длительностью цикла развития горных предприятий от разведки до добычи, который составляет порядка 20 лет, уже в ближайшее время уранодобывающие компании должны сконцентрировать свое внимание на обеспечении будущего развития уранодобывающих производств, для чего в первую очередь необходимо сформулировать и решить основные задачи, связанные с внедрением современных технологий

**Ключевые слова:** отходы, горнодобывающая промышленность, загрязняющие вещества, отвалы урановых рудников, подземные воды, атмосфера

## ENVIRONMENTAL PROBLEMS OF ENTERPRISES MINING INDUSTRY

**Filonov A.V., Romanenko V.O.**

*Yurga Institute of Technology, TPU affiliate Russia, e-mail: znaesh007@yandex.ru*

The basic environmental problems and waste affecting the environment and human activities on the uranium mining industry. The main pollutants in the air basin, groundwater ore bearing horizons, as well as a part of a raised heaps on the surface of rock with traditional methods of extraction and processing of uranium ores, and their effect on humans. Defined objectives for the development of uranium production. In the near future uranium mining companies need to focus on ensuring the future development of uranium production, because of the duration of the cycle of mining companies from exploration to production, which is about 20 years. They need to formulate and solve basic problems associated with the introduction of modern technologies.

**Keywords:** waste, mining industry, pollutants, piles of uranium mines, groundwater, atmosphere

Традиционные способы добычи минерального сырья и его обогащение характеризуются большим объемом отходов. Отходы, размещаемые на значительных территориях, а также сточные воды обогатительных фабрик и шахтные стоки вызывают нарушения и негативные последствия во всех компонентах биосферы – загрязняются воздушный и водный бассейны, в результате чего деградируют земельные ресурсы, исчезают многие виды флоры и фауны. В ходе анализа ряда источников выявились основные экологические проблемы и аспекты, влияющие на окружающую природную среду и человека, как его составляющую [1, 2, 4, 5, 7].

От деятельности урановой горно-добывающей промышленности в первую очередь страдают работники предприятий (шахтеры, операторы оборудования и т.п.), а во вторую – жители окрестных населенных пунктов и природа.

Оно включает:

- загрязнение шахтных вод ураном и другими радионуклидами;
- слив сточных вод в грунтовые воды;

- смыв дождями радионуклидов с загрязнённых территорий и разнос их по окружающей среде;

- поступление радона из шахт, отвалов отработанной породы и хвостохранилищ;

- выщелачивание радионуклидов из хвостов с последующим стоком их в природные воды;

- эрозию систем хвостохранилищ с рассеянием токсинов ветром и водой;

- загрязнение подземных и поверхностных вод ядовитыми нерадиоактивными веществами, такими как тяжелые металлы и реагенты, используемые при переработке руды.

Трассером уранового загрязнения может быть изотопное отношение  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ , которое в рудах и рудных остатках близко к равновесному значению, а в поверхностных грунтовых водах существенно превышает его величину [6].

В Европе урановая руда добывалась либо в открытых карьерах, либо в подземных шахтах. При этом с пользой использовано только 0,1% руды, всё остальное – отходы. Сразу после Второй мировой войны

уран извлекали из неглубоких месторождений, потом – из глубоких шахт. Со снижением цен на уран на мировом рынке подземная горная промышленность стала нерентабельной и большинство шахт было закрыто. В активный период горной промышленности большие количества воздуха, загрязненного радоном и пылью, были перенесены в воздушный бассейн. К примеру, в 1993 г. из шахты Schlem-Alberoda (Саксония, Германия) в воздушный бассейн было вынесено  $7,43 \cdot 10^9$  м<sup>3</sup> (то есть скорость загрязнения составляла 235 м<sup>3</sup>/с) воздуха со средней концентрацией радона 96000 Бк/м<sup>3</sup>.

Основными веществами, загрязняющими воздушный бассейн, при традиционных способах добычи и переработки урановых руд являются:

- пыль, образующаяся в процессе добычи, транспортировки, дробления руд, складирования в отвалах и длительного хранения хвостов гидрометаллургических производств, в том числе пыль, содержащая радиоактивные вещества. К радиоактивным веществам в рудничной пыли относятся долгоживущие излучатели (U, Ra, Po, Io, RaD, Th), которые могут оказывать вредное воздействие на живые организмы при вдыхании загрязненного рудничного воздуха вблизи вентиляционных установок и точек сброса воздуха из зоны производства;

- газы, выделяющиеся при взрывных работах и в результате химического взаимодействия реагентов с рудами и полупродуктами в процессе гидрометаллургической переработки (CO<sub>2</sub>, CO, H<sub>2</sub>S, окислы азота, NH<sub>3</sub>, пары H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> и др.).

Несмотря на хорошо организованное пылеподавление на подземных горных работах (содержание пыли в рудничной атмосфере не превышает 1 мг/м<sup>3</sup>) при перегрузках, транспортировке и дроблении руд, а также при складировании забалансовых руд, пустых пород и хвостов в воздушный бассейн попадают только с одного рудника средней производительности вместе с гидрометаллургическим заводом десятки тонн пыли в год. Особенно заметное количество пыли поступает в атмосферу в процессе ведения открытых горных работ из-за больших объемов вскрыши и сложности пылеподавления в зимний период.

Понизив дозу для шахтеров, вентиляция увеличила радиационную нагрузку на жителей окрестных посёлков. Важно, что это нагрузка продолжалась и после закрытия шахт, поскольку вентиляцию осуществляют в течение довольно длительного пери-

ода консервации рудника и его затопления. В 1992 г. уровни радона для жителей города Schlem в Саксонии были значительно понижены путём изменения шахтной вентиляции: загрязненный воздух стали выбрасывать далеко от жилых массивов. В Болгарии закрытая урановая шахта расположена прямо на окраине деревни Eleshnitsa, так что в жилых домах радона много. Считают, что 30% случаев возникновения рака лёгкого в год среди 2600 жителей деревни связаны с близостью шахты. Но радон и урановая пыль, выбрасываемая вентиляцией шахты, не только непосредственно увеличивают радиационную нагрузку на население. Анализ различных пищевых продуктов, выращенных в Ronneburg (уранодобывающий район в Тюрингии), показал, что потребление местной пищи вносит достаточно высокий дозовый вклад 0,33 мЗ ежегодно, в основном из-за пшеницы, выращенной у выхода шахтной вентиляции.

Помимо загрязнения атмосферного воздуха, предприятия горнорудной промышленности вносят вклад в загрязнение водного бассейна. Большие количества грунтовой воды непрерывно выкачиваются из урановых шахт, чтобы держать их сухими в ходе добычи. Эта вода сливается в реки, ручьи и озера. Так, в отложениях рек в районе Ronneburg концентрации радия и урана равны 3000 Бк/кг, т.е. в 100 раз выше естественного фона. В Чехии длительное загрязнение отложений реки Ploucnic вызвано плохой очисткой шахтных вод уранового рудника Hamr I, эксплуатируемого до 1989 г. Долина реки загрязнена на отрезке 30 км. Дозы, полученные от  $\gamma$ -радиации, достигают в максимуме 3,1 Гр/ч, т.е. в 30 раз выше фона. В реке Lergue во Франции сточные воды уранодобывающего комплекса Herault привели к концентрациям 226 Ra в отложениях 13000 Бк/кг, что практически равно концентрации радия в самой урановой руде.

В части охраны поверхностных и особенно подземных вод в случае добычи урана методами подземного выщелачивания мнения экспертов неоднозначны. Расхождения в оценках являются следствием того, что при подземном выщелачивании на протяжении ряда лет разработки месторождения в подземные воды рудоносных горизонтов для создания необходимых концентраций растворяющего реагента заканчиваются десятки и сотни тысяч серной кислоты или другого растворителя. При растворении загрязнения в общем плане ввод такого

количества растворителя вполне закономерно дает основание говорить о загрязнении подземных вод. В результате физико-химических процессов подземного выщелачивания в технологических растворах (продуктивном и рабочем) некоторые компоненты накапливаются в количествах, значительно превышающих предельно допустимые концентрации для вод, используемых в питьевых и хозяйственных целях. В условиях сернокислотного выщелачивания такими компонентами являются:

1) составляющие растворителя  $\text{SO}_4^{2-}$  и кислотность среды;

2) продукты выщелачивания – как радиоактивные U, Ra, Po, RaD, так и стабильные  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ , и другие катионы;

3) технологические продукты переработки растворов –  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$  (в зависимости от применяемого способа десорбции смолы) [3].

В рудовмещающем горизонте обрабатываемого участка месторождения подземные воды претерпевают существенное изменение в солевом составе. Это относится, в частности, к таким компонентам, как  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ , урану и кислотности (pH). Рост содержания в пределах обрабатываемых рудных тел относится к категории, предусмотренной технологическим регламентом, без которого невозможно осуществлять добычу урана. Процесс перевода урана в раствор происходит непосредственно в рудном теле, в обвод-

ненном рудовмещающем горизонте, в определенном ограниченном пространстве этого горизонта. Загрязнение подземных вод технологическими растворами за пределами обрабатываемой части месторождения по рудовмещающему и смежным водоносным горизонтам.

Как правило, на гидрогенных месторождениях рудовмещающий горизонт отделен от смежных водоносных горизонтов водоупорными толщами, исключая перетекание выщелачивающего и продуктивных растворов в смежные водоносные горизонты. Важным мероприятием, предотвращающим перетекание соленосодержащих вод в смежные горизонты, является качественно выполненная изоляция их от рудовмещающего горизонта при сооружении скважин. Сущность изоляции состоит в правильной цементации затрубного пространства.

Экологическую опасность представляют и отвалы урановых рудников (рис. 1). Ненужная порода извлекается из открытых карьеров при вскрытии рудного тела, при строительстве подземных шахт, при прокладке штреков через нерудные зоны. Терриконы поднятой на поверхность породы обычно содержат больше радионуклидов, чем окружающие породы.

Некоторые из них – те же урановые руды, но с содержанием урана ниже рентабельности добычи, в свою очередь зависящей от современной технологии и экономики.



Рис. 1. Опасность отвалов предприятий урановой горнорудной промышленности

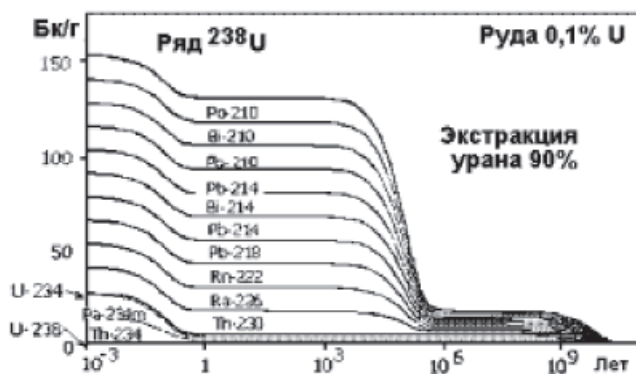


Рис. 2. Изменение во времени активности некоторых радионуклидов в отвалах урановых руд

Все эти скопления отходов представля- ют опасность для местных жителей, так как и после закрытия рудников в них продолжа- ется генерация радона, который выделяется и перемещается в среду обитания (рис. 2).

Кроме того, ряд токсинов (не обязатель- но радиоактивных) вымываются из террико- нов и загрязняют грунтовые воды. К приме- ру, отвалы пустой породы при шахте Schlem имеют объём 47 миллионов м<sup>3</sup> и занимают 343 гектара. Причём отвалы находятся в вер- ховьях наклонной долины, внизу плотно заселённой. Результат: средняя концентра- ция радона в воздухе населённых пунктов 100 Бк/м<sup>3</sup>, а в некоторых – выше 300 Бк/м<sup>3</sup>. Это даёт дополнительные случаи рака лёгко- го (20 и 60 соответственно) на 1000 жи- телей. Для южной части г. Ronneburg по- жизненный дополнительный риск рака легкого равен 15 случаям на 1000 жителей. Учитывая быстрое распространение радона с ветрами, существует риск жителей более широкого ареала: дополнительный риск рака легкого составляет 6 случаев ежегодно в пределах радиуса 400 км.

Из-за малых содержаний урана в рудах пе- рерабатывающие гидрометаллургические про- изводства с учетом санитарных зон занимают значительные площади, а объемы хвостохра- нилищ равны по количеству добываемым и пе- рерабатываемым товарным рудам. Хвостох- ранилища не только полностью исключают большие площади земель из хозяйственного использования, но и являются очагами постоян- ной опасности из-за пылеобразования: с од- ного квадратного метра поверхности хвостов в год уносится от 90 до 250 кг пыли.

Другая проблема – утечка токсинов из отвалов горной породы. Например, вод- ные утечки из отвалов в Schlem/Aue рав- ны 2·10<sup>6</sup> м<sup>3</sup> ежегодно, половина из которых втекает в грунтовую воду. Так называемая пустая порода часто перерабатывается в гравий или цемент с целью использования в строительстве железных или автомобиль- ных дорог. В результате радиоактивность

рассеивается по большому региону. В Че- хии материал с концентрациями урана до 200 г на тонну и концентрациями радия до 2,22 Бк/г использовали для дорожного стро- ительства вплоть до 1991 г.

В связи с длительностью цикла разви- тия горных предприятий от разведки до до- бычи, который составляет порядка 20 лет, уже в ближайшее время уранодобывающие компании должны сконцентрировать свое внимание на обеспечении будущего разви- тия уранодобывающих производств, для чего в первую очередь необходимо решить следу- ющие основные задачи, связанные с внедре- нием современных технологий. А именно: обеспечение комплексности и полноты осво- ения недр, предполагающее полное исключе- ние потерь сырья и минимизацию количества отходов, путем переработки их во вторичные ресурсы, а также извлечение сопутствующих ценных компонентов. Это позволит повысить рентабельность производства и привлечь до- полнительные средства для организации при- родно-охранных мероприятий, в целях сни- жения воздействия антропогенной нагрузки на окружающую среду.

**Список литературы**

1. Бубнов В.К. Извлечение металлов из замагазиниро- ванной руды в блоках подземного и штабелях кучного выщелачивания / В.К. Бубнов, А.М. Капканщиков, Э.К. Спирин – Целиноград: Жана-Арка, 1992 – 307 с.
2. Бубнов В.К. Теория и практика добычи полезных ископаемых для комбинированных способов выщелачивания. / В.К. Бубнов, А.М. Капканщиков, Э.К. Спирин – М.: Акмола, 1992 – 522 с.
3. Заболотский К.А. Оптимальный комплекс гидрогео- логических и геоэкологических исследований месторожде- ний металлов в корях выветривания применительно к от- работке их способом подземного выщелачивания: автореф. дис. ... канд. – Екандтеринбург: УГГУ, 2008 – 91 с.
4. Мамилев В.А. Добыча урана методом подземного выщелачивания. – М.: Атомиздат, 1980 – 248 с.
5. Ташлыков О.Л. Организация и технология ядерной энергетики. – М.: Энергоатомизд, 1995 – 327 с.
6. Титаева Н.А. Геохимия изотопов радиоактивных элемен- тов (U, Th, Ra): автореф. дис. ... д-ра. – М.: МГУ, 2002. – 23 с.
7. Чесноков Н.И., Петросов А.А. Системы разработки месторождений урановых руд. – М.: Атомиздат, 1972 – 22 с.