

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ДОБЫЧИ УРАНА МЕТОДОМ ПОДЗЕМНОГО
ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ И ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ РАДИОНУКЛИДОВ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ**

DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2020.7.80.1138

*Назира Махмудовна Ахмедова**Доктор PhD Навоийского государственного горного института,
Узбекистан, г.Навои**Тошнараров Абдумалик Хамзаевич**Ассистент Навоийского государственного горного института,
Узбекистан, г.Навои**Мухаммадиев Акбар Рахимович**Ассистент Навоийского государственного горного института,
Узбекистан, г.Навои***ENVIRONMENTAL CONSEQUENCES OF URANIUM MINING BY UNDERGROUND LEACHING
AND ASSESSMENT OF THE ENVIRONMENTAL INFLUENCE***Nazira Maxmudovna Akhmedova**Doctor PhD, Navoi State Mining Institute,
Uzbekistan, Navoi**Tachnazarov Abdumalik Khamzievich**Assistant at Navoi state mining Institute,
Uzbekistan, Navoi**Mukhammadiev Akbar Rahimovich**Assistant at Navoi state mining Institute,
Uzbekistan, Navoi***АННОТАЦИЯ**

В статье рассмотрено исследование проблемы радиационной безопасности уранодобывающих предприятий, поскольку в процессе добычи и переработки, урановых руд в окружающую среду попадают значительное количество радионуклидов, а также методы абсорбции радионуклидов с помощью сорбентов (бентонитов).

ABSTRACT

The article considers the study of the radiation safety of uranium mining enterprises, since in the process of mining and processing of uranium ores a significant amount of radionuclides enter the environment, as well as methods for the absorption of radionuclides using sorbents (bentonites).

Ключевые слова: кислые породы, осадочные породы, урановые руды, урановые черны, возрастная зависимость, концентрирование, минералы урана, выщелачивание концентратов, радиационная безопасность, скважины, самоочищение почвы, химические реагенты, водоносный горизонт.

Keywords: acid rocks, sedimentary rocks, uranium ores, uranium mobiles, age dependence, concentration, uranium minerals, leaching of concentrates, radiation safety, wells, soil self-cleaning, chemicals, aquifer.

Уран широко распространён в природе. Основная масса урана находится в кислых породах с высоким содержанием кремния. Значительная масса урана сконцентрирована в осадочных породах, особенно обогащённых органикой. В больших количествах, как примесь уран присутствует в ториевых и редкоземельных минералах (ортит, сфен CaTiSiO_5 , монацит $(\text{La,Ce})\text{PO}_4$, циркон ZrSiO_4 , ксенотим YPO_4 и др.). Важнейшими урановыми рудами являются настуран (урановая смолка), уранинит и карнотит; основные минералы-спутники урана – молибденит MoS_2 , галенит PbS , кварц SiO_2 , кальцит CaCO_3 , гидромусковит и др.

Основными формами нахождения урана в природе являются уранинит, настуран (урановая смолка) и урановые черны. Они отличаются только формами нахождения; имеется возрастная зависимость: уранинит присутствует преимущественно в древних (докембрийских породах), настуран - вулканогенный и гидротермальный - преимущественно в

палеозойских и более молодых высоко- и среднетемпературных образованиях; урановые черны - в основном в молодых (кайнозойских и моложе образованиях) - преимущественно в низкотемпературных осадочных породах.

Самая первая стадия уранового производства - концентрирование. Порода дробят и смешивают с водой. Тяжёлые компоненты Mg^{2+} , Na^{+} , K^{+} , Fe^{3+} , NH_4^{+} взвеси осаждаются быстрее. Если порода содержит минералы урана (настурана), то они осаждаются быстро. Вторичные минералы урана легче, в этом случае раньше оседает глинистая пустая порода. Следующая стадия - выщелачивание концентратов, перевод урана в раствор. Применяют кислотное и щелочное выщелачивание. Первое дешевле, поскольку для извлечения урана используют серную кислоту. Но если в исходном сырье, как, например, в урановой смолке, уран находится в четырёхвалентном состоянии, то этот способ неприменим: 4-валентный уран в серной кислоте практически не растворяется. В этом случае нужно

либо прибегнуть к щелочному выщелачиванию, либо предварительно окислять уран до шестивалентного состояния.

Уран и его соединения токсичны. Особенно опасны аэрозоли урана и его соединений. Для аэрозолей растворимых в воде соединений урана ПДК в воздухе 0.015 мг/м³, для нерастворимых форм – 0.075 мг/м³ [2].

Уранодобывающие предприятия имеют особенности, связанные с обеспечением радиационной безопасности, поскольку в процессе добычи и переработки, урановых руд в окружающую среду поступает значительное количество радионуклидов. Уровень радиации, поступающей в окружающую среду, различен для разных месторождений и зависит от исходного содержания урана в руде и активности геохимических процессов, протекавших в урановых месторождениях до его разработки.

Добыча урана методом выщелачивания по существу безотходное производство, осуществляемое на месте залегания рудных тел, обычно без производства горных работ, нарушающих существующие природные условия недр и поверхности.

При подземном выщелачивании загрязнение обычно сводится к воздействию на земную поверхность и водоносный горизонт вредных для здоровья человека и живой природы химически активных веществ, используемых и образующихся в процессе извлечения урана из недр. Хотя это загрязнение и имеет локальный характер, тем не менее, оно может принести вред народному хозяйству, и поэтому должно контролироваться, как в процессе подземного выщелачивания, так и после его завершения при рекультивации поверхности. В некоторых случаях предусматриваются и специальные мероприятия по рекультивации подземных вод.

Наибольшую опасность для окружающей среды при подземном выщелачивании представляет загрязнение земной поверхности и в особенности почвы, с которой, в первую очередь, связана жизнь растительного и животного мира, а также человеческая деятельность.

Загрязнение поверхности обусловлено утечками растворов при нарушении целостности труб, переливами при снижении приемистости открытых закачных скважин или прокачками, предпринимаемыми для их очистки или отбора проб, когда продуктивные растворы поступают не в специальные передвижные емкости, а изливаются непосредственно на землю. При хорошо поставленной службе охраны среды этих проливов быть не должно, однако нередко поверхность особенно у закачных скважин загрязняется, и с этим приходится считаться. На поверхность земли с растворами попадают обычно серная кислота и ее соли, нитраты и радионуклиды (уран, торий, радий, полоний и др.). В результате почва может стать на время полностью непригодной для жизни растений, или эти растения приобретают опасные для животных и человека свойства. Из радионуклидов

особенно токсичны: ²¹⁰Pb, период полураспада которого составляет 22 года, Po с периодом полураспада всего 140 суток и ²³⁰Th, период полураспада которого достигает 8.3·10⁴ лет; ²³⁸U в этом отношении наименее опасен, его период полураспада 4.49·10⁹ лет [2].

Глубина загрязнения почв определяется их фильтрационными и физико-химическими свойствами. Максимальные уровни загрязнения поверхности наблюдаются в рядах технологических скважин и около трубопроводов растворов.

Самоочищение почвы и миграция загрязняющих компонентов в подпочвенном слое осуществляется обычно крайне медленно и в лучшем случае (в условиях влажного климата) может составлять несколько десятков лет. Следует иметь в виду, что в пустынных и полупустынных районах с сильными ветрами возможно формирование значительных по площади ореолов загрязнения земной поверхности.

Подземное выщелачивание связано с введением в продуктивный водоносный горизонт химических реагентов и поэтому непременно сопровождается загрязнением подземных вод в районе действия технологических скважин. В особенности оно значительно при использовании серной кислоты, когда резко снижается рН среды (с 7-8 до 1-2), а выщелачиванию помимо урана подвергаются и другие минералы [3]. В первую очередь это относится к карбонатам (в особенности кальциевым), в меньшей степени – к глинистым минералам, сульфидам, слюдам, полевым шпатам и др. В отличие от карбонатов и сульфидов выщелачивание полевых шпатов может длиться десятками и даже сотнями лет. Наиболее устойчив к выщелачиванию кварц.

При сернокислотном выщелачивании в подземные воды помимо кислоты поступают SiO₂, радионуклиды и микрокомпоненты Zn, Cu, Ni, Se, Be, V, Co, Cr, Ti и т.п.

При использовании H₂SO₄ в раствор в той или иной степени переходят почти все имеющиеся в породах элементы в количествах, превышающих ПДК для питьевого водоснабжения. Общая минерализация подземных вод возрастает до 15-25 г/л.

При работе опытных участков подземного выщелачивания в сбалансированном режиме распространение границы ореола загрязнения подземных вод контролируется положением внешних линий стока растворов, которые выходят из закачных скважин, огибают участок с флангов и подходят к боковым откачным скважинам. Таким образом, при работе опытных полигонов большого загрязнения обычно не происходит. Но распространение загрязнения происходит практически стабилизирующегося процесса во времени гидродинамического контура закачных скважин искусственно создаваемого потока.

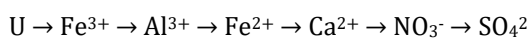
В процессе сернокислотного подземного выщелачивания в распределении ореолов загрязнения отдельных компонентов отмечается

определенная зональность [1]. Особенно это относится к тем из них, содержание, которых в растворе контролируется значением pH. Прежде всего, это Fe и Al, а также U, который обычно сосредоточен во внутренней части ореола с $\text{pH} < 2.2 \div 2.5$. При наличии бикарбонатного эффекта уран распространяется значительно дальше, поскольку его карбонатные комплексы устойчивы в нейтральной и слабощелочной среде. Затем следуют границы распространения Fe^{3+} ($\text{pH} \approx 3$), Al^{3+} ($\text{pH} = 4 \div 5$), Fe^{2+} ($\text{pH} \approx 6$), осаждение которых осуществляется в основном в виде гидроксидов по мере нейтрализации кислоты в фильтрующихся по пласту растворах.

Ион Ca мигрирует несколько дальше, и его распространение определяется в основном растворимостью гипса $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Поставщиком Ca являются карбонаты и отчасти глинистые минералы (в первую очередь вследствие ионообменных процессов), а необходимый для его образования сульфат-ион поступает в избытке с сернокислотными растворами.

Дальше всего распространяется в водном ореоле ион SO_4^{2-} (реже NO_3^-). Хотя миграционные свойства NO_3^- выше по сравнению с SO_4^{2-} (при подземном выщелачивании не образуется нерастворимых нитратов).

Таким образом, зональность основных макроэлементов загрязнения при сернокислотном выщелачивании имеет следующий вид:



Остальные макро- и микрокомпоненты, в том числе и радионуклиды, распространены в пределах сульфатного ореола, по развитию которого можно судить об общем загрязнении водоносных горизонтов при подземном выщелачивании. Осадительные методы очистки широко используются в процессах очистки сточных вод как от нерадиоактивных, так и радиоактивных элементов в том числе уранового производства. В осадительных процессах очистка достигается за счет захвата извлекаемых компонентов осадком малорастворимой твердой фазы, образующейся путем введения специальных реагентов.

Различают два основных осадительных метода очистки: коагуляцию и химическое осаждение.

При коагуляции очистка от примесей, в том числе и радиоактивных, происходит за счет адсорбционных форм элементов, а также взвешенных и коллоидных частиц на развитой

поверхности осадка гидроксида железа или алюминия.

При химическом осаждении очистка протекает благодаря протеканию процессов соосаждения и сокристаллизации примесей с образующимся осадком кристаллической твердой фазы.

Эффективность удаления радиоактивных примесей при проведении осадительных процессов определяется значениями коэффициента очистки $K_{\text{оч}}$ и степени очистки S , которые рассчитываются по формулам:

$$K_{\text{оч}} = A_0/A_{\text{оч}}$$

$$S = \left(1 - \frac{A_{\text{оч}}}{A_0}\right) * 100\%$$

где A_0 , $A_{\text{оч}}$ – удельная активность радионуклида в исходном и очищенном растворе соответственно.

При осадительном методе очистки от радионуклида загрязнений водоносных горизонтов при подземном выщелачивании нами исследовались в объекте Рудуправление №5. Навоийского горно-металлургического комбината (РУ-5 НГМК), вокруг которого расположены несколько районов Навоийской области (Шуркулский район, Гиждуванский район, Навбахорский район, Конимехский район, Нарпайский район), нами определено влияние радионуклидов на питьевую воду и поставлены задачи систематизировать расположение районов приведенной на схеме (рис. 1).

В процессе исследований была освоена методика проведения анализа от радионуклидов и состав производственных стоков, определение величин радионуклидов, их миграции и распределение в подземных водах.

Нами проведены экспериментальные работы схематично по вышеуказанным районам, отобраны пробы воды из водозаборных скважин с целью определения радионуклидов в потоке подземных вод. Эти подземные воды используются в качестве питьевой воды и для орошения земельных участков некоторых районах Навоийской области. Из каждого района отбирали воды из водоносного горизонта Шуркулского района 5л, Гиждуванского района 5л, Навбахорского района 5л, Конимехского района 5л, г. Навоий 5л, Нарпайского района 5л. Определяли содержание макро и микрокомпонентов в лабораторных условиях.



Рис.1. Схема расположения соседних районов на объекте подземного выщелачивания урана

Таблица 1.

Химический анализ производственных стоков уранового производства

№*	Су-хой остаток мг/дм ³	КАТИОНЫ мг/дм ³						АНИОНЫ мг/дм ³							Жесткость общ. мг/дм ³
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ +K ⁺	Fe ³⁺	NH ₄ ⁺	Σ	CO ₂ ²⁻	HC O ₃ ⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	N O ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	Σ	
1	136,00	5,01	5,47	37,50+0,56	20,05	0,15	48,69	0,00	21,36	4,53	67,32	0,00	0,54	93,75	0,70
	131,76	0,25	0,45	1,64	0,00	0,01	2,35	0,00	0,35	0,09	1,90	0,00	0,01	2,35	-
	3,12	10,63	19,12	69,90	0,00	0,35	100	0,00	14,88	4,01	80,77	0,00	0,34	100,00	4,87
2	3894,00	205,41	136,8	911,0+10,6	<0,05	0,64	1264,45	0,00	247,13	1096,91	1223,03	0,00	2,10	2569,17	21,5
	3710,05	10,25	11,25	39,88	0,00	0,04	61,42	0,00	4,05	22,84	34,50	0,00	0,03	61,42	-
	4,72	16,69	18,32	64,93	0,00	0,06	100	0,00	6,59	37,18	56,17	0,00	0,06	100,00	9,20
3	760,00	77,15	29,91	140,7+10,9	0,22	3,00	261,88	0,00	128,15	162,99	216,95	1,75	76,34	586,18	6,31
	783,98	3,85	2,45	6,40	0,01	0,17	12,88	0,00	2,10	3,39	6,12	0,04	1,23	12,88	-
	3,16	29,89	19,09	49,64	0,09	1,29	100	0,00	16,30	26,34	47,51	0,29	9,56	100,00	0,80
4	3946,00	214,43	142,27	918,0+10,8	<0,05	0,57	1286,07	0,00	250,17	1107,62	1254,93	0,00	3,73	2616,45	22,4
	3777,43	10,70	11,70	40,19	0,00	0,03	62,62	0,00	4,10	23,06	35,40	0,00	0,06	62,62	-
	4,27	17,09	18,68	64,18	0,00	0,05	100	0,00	6,55	36,83	56,52	0,00	0,10	100,00	0,60
5	9054,00	380,76	245,63	2440+27,5	0,13	1,47	3095,49	12,00	521,12	4832,18	1288,43	0,00	11,77	6665,50	39,2
	9500,43	19,00	20,20	106,79	0,01	0,08	146,08	0,40	8,54	100,61	36,34	0,00	0,19	146,08	-
	4,93	13,01	13,83	73,10	0,00	0,06	100	0,27	5,85	68,87	24,88	0,00	0,13	100,00	28,27

*наблюдаемые районы: 1 - Шуркулский район, 2 - Гиждуванский район, 3 - Навбахорский район, 4 - Конимехский район, 5 - Нарпайский район

Таблица 2.

№*	Концентрации, мг/дм ³						
	Mn	Pb	Cu	Zn	Co	Cr	Ni
1	<0,001	<0,003	<0,001	<0,005	<0,001	<0,001	0,06
2	0,01	<0,003	0,01	0,018	0,05	0,01	0,11
3	0,04	<0,003	<0,001	<0,005	<0,001	<0,001	0,11
4	0,01	<0,003	0,01	0,11	0,04	0,015	0,03
5	0,01	<0,003	0,04	0,05	0,20	0,04	0,06
Предел обнаружения	0,001	<0,003	0,001	0,005	0,001	0,001	0,001

*наблюдаемые районы: 1 - Шуркулский район, 2 - Гиждуванский район, 3 - Навбахорский район, 4- Конимехский район, 5 - Нарпайский район

Таблица 3.

Место отбора пробы	U	Ra	Th	Po	Pb
20НХ	208,1	0,061	0,32	0,041	0,022
20анх	3,82	0,027	0,18	0,013	0,018
21	7,56	0,032	0,23	0,017	0,019
21а	0,14	0,0055	0,26	0,016	0,022
20	0,36	0,0029	0,28	0,024	0,025
20а	0,22	0,0195	0,37	0,048	0,017
23анх	2,26	0,046	0,22	0,010	0,023
21Б	0,26	0,0063	0,18	0,008	0,018
7А	10,15	0,029	0,28	0,037	0,019
7Б	1,64	0,041	0,32	0,041	0,021
5А	16,6	0,039	0,38	0,040	0,027
5Б	2,36	0,015	0,38	0,038	0,026
22Б	0,34	0,0073	0,18	0,013	0,020
16НХ	0,73	0,011	0,23	0,017	0,028
28Б	0,10	0,032	0,26	0,016	0,023
10анх	0,11	0,033	0,28	0,024	0,029
29Б	1,0	0,012	0,37	0,032	0,031
30Б	0,1	0,028	0,22	0,018	0,011
27Б	0,15	0,036	0,18	0,011	0,013

В связи с этим изучение и решение проблем защиты водных объектов от загрязнения радионуклидами приобретает сегодня огромную актуальность. Особая роль принадлежит научным исследованиям в области изучения методов очистки природных водных объектов от радиоактивного загрязнения.

Самая эффективная защита вод от загрязнения - это, применение технологий, которые позволят перевести в твёрдую фазу техногенные радионуклиды и будут надёжно изолированы в виде радиоактивных отходов. Одним из методов, применяемых для извлечения различных примесей из водных сред, является сорбция природными сорбентами. Наиболее перспективными из них по экономическим и технологическим показателям, являются кремнистые сорбенты, в частности, бентонитовые глины из месторождений Навбахорского района Навоийской области, состоящие преимущественно из SiO₂ (57,91%). До настоящего времени эти бентонитовые глины в качестве коллекторов радионуклидов не применялись. Поскольку бентонитовые глины являются местным природным материалом, его использование в качестве фильтрующей загрузки экономически целесообразно для Навоийского

региона. Отработанные сорбенты, на основе кремнистых пород, как твёрдые радиоактивные отходы, могут быть направлены на остекловывание и последующее хранение в специальных сооружениях.

В лабораторных условиях выявлено, что на основе определения эксплуатационных свойств изученных сорбентов выявлено, что наиболее перспективным сорбентом для очистки поверхностных вод от радионуклидов являются природные кремнистые сорбенты, обладающие сильно развитой удельной поверхностью и повышенными механическими характеристиками. Доступность и низкая стоимость делает их применение экономически целесообразным.

Вывод

Применение методики адсорбции позволит за период до 10 лет снизить дозу внешнего и внутреннего облучения людей на радиоактивно-загрязнённых территориях до предусмотренной законом НРБ - 2006 величины до 30 мкЗв/год, и оздоровить среду обитания населения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гребовнеков В.А., Рубейкин Б.Г. Формирование и строение ореолов рассеяния вещества в подземных водах. М. Недра, 1987 г.
2. Скороваров Д.И., Фазлуллин М.И. и др. Справочник по геотехнологии урана. М., Энергоатомиздат. 1997 г.

3. Кочетков В.И., Белецкий В.И., Спешиллов С.Л. Миграция загрязняющих компонентов в подземных водах на отработанных объектах ПВ. М. Недра, 1986 г.

УДК 614.84
ГРНТИ 81.92.01

АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ СОВРЕМЕННЫХ СПОСОБОВ БОРЬБЫ С ПОЖАРАМИ

DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2020.7.80.1136

Чумачева Надежда Михайловна

*кандидат биологических наук, доцент НГАСУ (Сибстрин),
г. Новосибирск*

Бадмаева Арьяна Мункоевна

*студентка 3-го курса НГАСУ (Сибстрин),
г. Новосибирск*

Соловова Александра Алексеевна

*студентка 3-го курса НГАСУ (Сибстрин),
г. Новосибирск*

АННОТАЦИЯ

В данной статье исследуются проблемы, возникающие в области борьбы с пожарами. Анализируются наиболее существенные вопросы охраны лесов от пожаров, вырабатываются методы по стабилизации выявленных проблем.

ABSTRACT

This article examines the problems that arise in the field of fire fighting. The most significant issues of forest fire protection are analyzed, and methods are developed to stabilize the identified problems.

Пожар – неконтролируемое стихийное горение, причиняющее материальный ущерб, вред жизни и здоровью граждан, интересам общества и государства.

В таблице 1 перечислены основные причины возникновения пожаров в 2020 году в РФ (табл.1).

Таблица 1

Количество пожаров в 2020 году в РФ и причины их возникновения [6, с.7]

Причина возникновения пожара	Количество пожаров
Нарушение эксплуатации электрооборудования	41763
Нарушение эксплуатации печей и неисправности в их устройстве	21934
Установленные поджоги	13625
Неисправность газового оборудования и нарушение норм эксплуатации	1260
Неисправность производственного оборудования, а также нарушение технологического процесса производства	564
Самовозгорание различных материалов и веществ	513
Неисправность в теплогенерирующих установках	446
Проведение огневых работ при нагревании двигателя, труб	372
Взрывы	72
Некорректное обращение с пиротехническими изделиями	67

Анализируя данные таблицы, можно сделать вывод, что в 79% случаев пожары возникают из-за нарушения эксплуатации электрооборудования, печей и неисправности в их устройстве, в 0,17% - из-за взрывов и некорректного обращения с пиротехническими изделиями.

Рассматривая официальные показатели, необходимо учитывать не только виды пожаров, но также изменение их количества по годам. Именно динамика позволяет ориентироваться, насколько эффективные меры реализуются по недопущению

возгораний, а также по оперативному реагированию на пожары для того, чтобы уменьшить наносимый ущерб огнем и последствия пожаров.

По статистическим сведениям ВНИИПО (Всероссийский научно-исследовательский институт противопожарной обороны МЧС России), возникновение пожаров в России за 2015-2019 гг. свидетельствует о следующем: в 2015 году их было – 150804; в 2016 – 145942; в 2017 – 139475; в 2018 – 132844; в 2019 – 131840 [8].