

ТРАНСФОРМАЦИЯ ПОЧВ В РЕЗУЛЬТАТЕ РАЗРАБОТКИ УРАНОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАЕЖУГАН

К.М. Пачикин, Т.А. Солопова

*Казахский научно-исследовательский институт почвоведения и агрохимии
им. У.У. Успанова, 050060, Алматы, пр. аль-Фараби, 75в, Казахстан*

Изучены типы и степень антропогенного воздействия на почвы при разработке уранового месторождения Канжуган, разработаны рекомендации по восстановлению почвенно-растительного покрова

ВВЕДЕНИЕ

При разработке месторождения методом подземного выщелачивания почвенный и растительный покров подвергается интенсивному антропогенному воздействию и претерпевает значительные изменения. В результате выполнения работ были выделены следующие типы антропогенных воздействий:

1. Механические нарушения, связанные с бурением скважин, открытыми разработками грунта при засыпке труб, строительством вспомогательных сооружений. В результате почвенный и растительный покров полностью уничтожается;

2. Химическое загрязнение территории, связанное со спецификой способа добычи урана – загрязнение ураном и повышение общего радиационного фона, загрязнение тяжелыми металлами, подкисление почв в результате воздействия на них сернокислых растворов;

3. Изменение водного режима почв в связи с изливом вод в местах бурения скважин, созданием отстойников, приводящее к изменению почвообразовательного процесса и формированию новых типов почв.

Помимо изменений, связанных с промышленной разработкой месторождения, на рассматриваемой территории происходят изменения связанные с хозяйственной деятельностью местного населения. Эти изменения связаны с выпасом скота, возделыванием сельскохозяйственных культур. Значительная трансформация почв и растительности отмечена в местах старых стойбищ, где повер-

хностные горизонты почв разбиты и вытоптаны, естественная растительность сменилась на вторичную – эбелек, адраспан, гораниновия. Размер таких участков достигает 400 м в диаметре.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Для количественной оценки степени воздействия различных антропогенных факторов были проведены полевые работы, в процессе которых проводилось картирование территории, закладывались разрезы на нарушенных участках и фоновых (эталонных), отбирались образцы для последующих анализов. Для детального изучения распределения загрязнения в пределах как действующих, так и отработанных полей подземного выщелачивания было заложено 4 участка, на которых до глубины 100 см отбирались образцы почв для определения активности, урана, тория, селена, тяжелых металлов, плотного остатка, рН, содержания SO_4 , анализы которых выполнялись в лаборатории "Волковгеологии". Кроме того, закладывались почвенные разрезы и проводились описания растительности для основных типов ландшафтов как нарушенных, так и естественных.

Величины ПДК в почве взяты из [1, 8] среднее содержание микроэлементов в золе растений - из [9]. Источники для каждого элемента приведены в квадратных скобках в шапке таблицы.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Химическое загрязнение почв и растений.

Химическое загрязнение почв складывается из загрязнения тяжелыми

металлами и подкисления почв в результате воздействия кислых сульфатных растворов.

Для оценки загрязнения тяжелыми металлами был проведен рентгеноспектральный анализ основных элементов. Данные таблицы 1 показывают, что загрязнение валовыми формами всех элементов ниже предельно-допустимых значений. Однако химический анализ подвижных форм некоторых элементов (таблица 2) выявил повышенное содержание свинца. Его содержание в поверхностных горизонтах превышает ПДК в 1,5-1,7 раз. Возможно это связано с тем, что в условиях подкисления увеличивается его подвижность и происходит относительное накопление подвижных форм.

Растения, также как и почвы не загрязнены тяжелыми металлами. Практически все элементы присутствуют в них на уровне среднего содержания или ниже (таблица 3). Исключение составляет уран, количество которого превышает среднее содержание в сотни раз и свинец, превышение над средним содержанием которого составляет 1,5-4 раза.

Различные виды растений неодинаково накапливают металлы. Наиболее сильно накапливает практически все тяжелые металлы, за исключением свинца, полынь, в меньшей степени ажрек, который, однако имеет максимум по свинцу. Наибольшее содержание бария отмечено в кейреуке.

Высокое содержание свинца в растениях коррелирует с высоким содержанием его подвижных форм в почвах.

Сильным антропогенным фактором, оказывающим влияние на свойства почв является поступление в почву агрессивных растворов серной кислоты. Ее действие сводится к разрушению почвенных карбонатов, сильного вторичному засолению, изменению реакции среды, в результате чего изменяется активность и подвижность некоторых элементов, увеличивается токсичность почвы.

Сильноокарбонатные (9-11 % CaCO_3) горизонты серо-бурых почв являются мощным геохимическим барьером, нейтрализующим действие кислых растворов. Однако даже такого количества карбонатов недостаточно, чтобы полностью нейтрализовать сернокислые растворы. В результате на фоне разрушения карбонатов происходит интенсивное подкисление почвы, щелочная реакция почвенных суспензий изменяется от щелочной ($\text{pH}=8,7-9,2$) до кислой ($\text{pH}=5-6$). Экстремальное значение pH отмечено на участке № 4, где в точке 11 величина pH составила 4,57 (таблица 4). Одновременно происходит интенсивное вторичное засоление почв сульфатами. Если природные ненарушенные почвы содержат в верхней части профиля незначительное количество солей, то в результате воздействия кислотных растворов почвы переходят в разряд солончаков. Величина плотного остатка может достигать 1,2-1,3 %. Засоление при этом в основном поверхностное.

Общий радиационный фон и загрязнение почв и растительности радиоактивными элементами

Если принять за фоновое значение α -активности 1000 Бк/кг, а предельно-допустимое значение 2200 Бк/кг, то анализируя таблицу 4 видно, что распределение α -активности неравномерно по территории добычи и в среднем составляет 2-3 ПДК. В то же время отмечены участки, где суммарная α -активность значительно превышает эти значения, достигая 15000-20000, а иногда и 30000-40000 Бк/кг. Максимальное значение достигает 72000 (точка 4, участок 4, таблица 4).

Высокие значения α -активности наблюдается на всех обследованных участках. Закономерностей в распределения α -активности по глубине не прослеживается. Максимум α -активности в профиле почвы отмечается как с поверхности, так и в средней части профиля.

Содержание урана в общем коррели-

Таблица 1 - Рентгено-спектральный анализ почв

		Co	Zn	U	Cu	Sn	Mo	Ba	Ni	Mn	V	Ti	Pb	Be	W	As	Sb	F
?	Глубина, см	50 [4,5]	100 [3]	50 [5]	55 [3]	50 [5]	10 [6] 5 [5]	500 (кларк) [7]	85 [3]	1500 [3,8]	150 [3,8]	5000 [5]	30 [3, 8]	10 [5,6]	1.3 (кларк) [7]	20 [8]	5 [5]	
13уп	0-4	10	50	30	40	4	1.5	600	30	600	80	3000	15	1.5	3	3	0	1.9
	4-12	10	80	40	40	4	2.0	600	40	800	100	3000	20	1.5	4	0	0	
	12-22	10	60	30	40	3	1.5	600	40	600	100	3000	15	2.0	4	3	0	1.9
	25-35	10	60	40	40	4	2.0	600	40	600	100	3000	15	2.0	4	0	0	
	40-50	10	80	30	40	4	2.0	600	40	800	100	3000	20	2.0	4	0	0	
	100-110	6	50	40	40	4	2.5	600	30	600	150	3000	8	3.0	3	0	0	0.95
16уп	0-6	8	80	30	40	4	2.0	600	40	800	150	3000	15	1.5	3	0	0	
	6-12	10	80	30	40	4	2.0	600	40	800	100	3000	15	2.0	4	0	0	
	15-25	8	60	30	40	4	2.0	500	40	600	100	3000	15	1.5	3	3	0	
	25-35	20	80	30	50	4	2.0	600	50	600	150	3000	20	1.5	3	3	15	
	60-70	10	60	30	40	4	3.0	600	30	600	150	3000	8	2.0	0	3	15	0.95
18уп	0-6	10	80	30	40	4	2.0	500	40	600	100	3000	15	1.5	3	4	0	
	6-12	8	60	20	30	3	1.5	600	30	600	100	3000	10	2.0	4	0	0	0.95
	15-25	15	100	30	50	4	2.0	600	40	800	150	3000	15	2.0	3	0	0	
	35-45	15	80	30	40	4	2.0	800	40	800	150	3000	15	2.0	3	0	0	
	60-70	8	50	30	30	4	2.0	800	30	600	100	3000	10	2.0	0	3	0	1.72

рует с α -радиоактивностью, максимальное загрязнение ураном наблюдается в местах высокой α -активностью. Среднее содержание урана составляет 15-20 мг/кг, на отдельных локальных участках достигая 200-300, а иногда 400-600 мг/кг. Максимальное значение составляет 958 мг/кг. Максимальное загрязнение

урана наблюдается с поверхности, иногда в первых 50 см профиля почвы. Наиболее загрязнены действующие участки полей выщелачивания -№ 3 и № 4, на отработанных участках №1 и №2 загрязнения не отмечено.

Содержание тория стабильно по территории и почвенным горизонтам. При

Таблица 2 - Содержание подвижных форм металлов в почвах

№ разреза	Глубина, см	Zn	Cu	Pb	Cd	Mn	F (водорастворимый)
ПДК, мг\кг		23 [5,10]	3 [6]	6*	2-5**	600	10 [10]
13уп	0-4	2,1	1,3	9,0	5,5	180	1,9
	12-22	1,4	1,2	7,4	3,2	112	1,9
16уп	0-6	1,0	0,7	7,4	4,0	169	0,95
18уп	0-6	1,5	0,8	10,0	4,0	183	0,95
	15-25	0,9	0,8	5,8	2,2	85	0,95

*По Н.И. Несвижской, 1985.

**По Зырину, 1985.

среднем его содержании в почвах 6 мг/кг, на территории месторождения его концентрации составляют 10-25 мг/кг.

Распределение селена несколько отличается от распределения урана и тория. Очень часто его максимальные концентрации наблюдаются не с повер-

хности, а нижних горизонтах на глубине 75-100 см. Особенно отчетливо это проявляется на участке № 4. В целом содержание селена в почвах невелико и лишь иногда его концентрации превышают ПДК в 2-3 раза.

Таблица 3 - Спектральный анализ растений

Среднее в растениях		Co	Zn	U	Cu	Sn	Mo	Ba	Ni	Mn	V	Ti	Pb
		15	110-300	0,1	200	5	20	100	50	7500	61	1000	10
13	Карелиния	0,5	80	-	100	-	2,5	50	10	300	5	200	20
	Ажрек	1,0	150	20	150	1	8	100	20	400	40	500	40
16	Кейреук	1,0	0	1	30	1,5	2	500	10	300	10	400	15
	Польнь туранская	2,5	150	50	200	2,0	10	400	40	400	50	800	10

Трансформация почв и растительности при изменении водного режима

Добыча урана методом подземного выщелачивания сопровождается бурением скважин и изливом на поверхность большого количества воды. В результате вокруг длительно действующих скважин образуются своеобразные оазисы с почвами и растительностью нехарактерными для данной территории. В результате дополнительного избыточного

поверхностного увлажнения, пустынный ландшафт трансформируется в гидроморфный. По мере удаления от скважины формируются следующие ряды почв и соответствующая им растительность:

1. Болотные и лугово-болотные почвы под осоковой, тростниковой, рогозовой и мезофитно-разнотравно-злаковой растительностью;

Таблица 4 - Радиоактивные и физико-химические свойства почв

?	Глубина, см	pH	Плотный остаток, %	SO ₄ , %	CO ₂ , %	α, Бк/кг	U, мг/кг	Th, мг/кг	Se, мг/кг	Cu, мг/кг	Zn, мг/кг	Pb, мг/кг
Участок 3												
4	0-25	6,84	1,28	9,4	0,17	72000	269	23	12	30	70	<10
	25-50	6,85	1,22	0,0	0,31	52000	288	17	14	30	70	<10
	50-75	7,05	1,22	6,0	0,57	14000	198	14	21	50	80	<10
	75-100	7,05	1,12	6,1	4,97	20000	649	11	16	40	80	<10
5	0-25	7,39	1,20			20000	72	16	13	40	60	<10
	25-50	7,01	0,68			1560	12	16	10	40	80	<10
	50-75	7,85	0,42			1500	10	15	17	50	80	<10
	75-100	7,45	0,08			1520	7	18	17	50	60	<10
17	0-25	7,40	1,16	6,9	0,64	24000	28	15	16	30	50	<10
	25-50	7,50	1,28	1,9	2,60	10600	19	9	14	40	70	<10
	50-75	7,65	1,02	1,0	9,79	4562	5	21	33	50	80	<10
	75-100	7,80	1,16	2,3	8,06	3790	6	7	7	50	80	<10
Участок 4												
1	0-25	8,86	0,08	0,0	3,59	538	8	12	11	60	60	<10
	25-50	8,05	0,12	0,0	3,50	1850	7	13	7	50	70	<10
	50-75	8,30	0,06	0,0	4,31	1304	7	23	12	40	50	<10
	75-100	8,95	0,12	0,0	4,37	1700	10	13	<5	40	70	<10
4	0-25	6,95	1,16			40000	68	11	8	40	60	<10
	25-50	6,96	0,88			6900	22	10	<5	40	70	<10
	50-75	7,50	0,46			6300	18	19	<5	60	80	<10
	75-100	7,25	0,90			4800	26	12	26	50	60	<10
6	0-25	7,55	1,32	3,4	1,54	17600	45	18	<5	40	70	<10
	25-50	7,60	0,40	0,3	4,03	1990	12	12	<5	50	60	<10
	50-75	7,90	0,24	0,1	4,49	1320	13	14	<5	40	70	<10
	75-100	7,87	0,34	0,3	4,15	2030	16	21	<5	50	60	<10
9	0-25	6,50	1,24			53000	47	16	<5	50	40	30
	25-50	5,36	1,22			23000	20	23	<5	50	80	<10
	50-75	7,40	1,26			29000	38	2	<5	50	70	<10
	75-100	6,96	1,18			16000	58	19	23	50	60	<10
11	0-25	4,57	1,20			56000	958	11	<5	50	40	<10
	25-50	6,70	1,16			22800	39	10	<5	50	50	<10
	50-75	7,25	1,18			30000	615	19	11	40	50	<10
	75-100	7,05	1,26			16000	283	14	8	50	50	<10
Фон												
1	0-25	8,95	0,10	0,0	4,22		20	43	36	50	50	<10
	25-50	8,86	0,06	0,0	4,62		10	18	38	40	70	<10
	50-75	8,97	0,12	0,0	2,24		15	18	<5	40	70	<10
	75-100	9,45	0,12	0,0	4,51		12	18	20	60	60	<10
2	0-25	8,97	0,10				13	65	98	40	40	<10
	25-50	8,40	0,06				16	29	<5	50	80	<10
	50-75	8,05	0,20				12	13	10	50	60	<10
	75-100	7,75	1,16				21	13	12	40	60	<10
	75-100	8,85	0,30				10	24	8	50	60	<10
7	0-25	8,75	0,08			1320	10	16	<5	50	70	<10
	25-50	8,95	0,06				6	20	13	50	70	<10
	50-75	9,45	0,10			1190	11	23	17	30	60	<10
	75-100	7,70	0,74				20	14	10	40	60	<10

2. Луговые, обычно солончаковые почвы под ажрековой, тростниково-ажрековой, часто с однолетними солянками растительностью,

3. Лугово-бурые солончаковые почвы под горчаком, карелинией, тамариском.

Поскольку зональные серо-бурые почвы территории всегда содержат в своей нижней части профиля легкорастворимые соли, то при дополнительном поверхностном увлажнении происходит смыкание капиллярной каймы с поверхностью и соли подтягиваются вверх с восходящими токами влаги. В результате происходит вторичное засоление поверхностных горизонтов почвы и формируются солончаки.

Таким образом вторичные солончаки на рассматриваемой территории формируются под воздействием двух основных факторов: прямого воздействия сернокислых растворов на почву и в результате выпаривания солей при дополнительном увлажнении при бурении и длительном изливе воды из скважин. Эти процессы могут действовать и совместно. Примером этого является разрез 13.

Разрез 13. Пролувиальная наклонная к северу подгорная равнина северного макросклона Каратау. Разрез в 30-40 м от линии скважин подземного выщелачивания. Растительность ажреково-тростниково-карелиниевая. Сомкнутость 50-60 %, высота 25-30 см. Глубина 110 см, А+В=38 см. Вскипание от НС1 с поверхности.

А^к 0-4 см Буровато-светло-серая непрочная сухая корочка почти без корешков легкосуглинистая.

АВ 4-12 см Серовато-светло-бурый сухой уплотненный с редкими порами, с горизонтальной слоеватостью и почти без корешков среднесуглинистый.

В₁ 12-23 см Бурый сухой плотный с корешками растений глыбковый среднесуглинистый.

В₂ 23-38 см Бурый светловатый с немногочисленными ржавыми пятнами сухой менее плотный непрочный

глыбковый легкосуглинистый песчанистый.

С^к 38-53 см Грязновато-желто-бурый с корешками пылевато-глыбковый супесчаный.

СD 53-110 см Грязно-серый пролувиальный нанос из слабоокатанной гальки и крупного песка.

Этот солончак произошел из зональной почвы и в профиле еще сохранились горизонты, характерные для серо-бурой почвы. Основные физико-химические свойства почвы приведены в таблицах 1-3 статьи «Почвы уранового месторождения Канжуган», помещенной в этом номере журнала. Почва засолена с поверхности, количество карбонатов уменьшилось, реакция почвенных суспензий снизилась, что говорит о прямом воздействии кислых растворов. На избыточное дополнительное увлажнение указывает характер растительности, а также наличие в профиле ржавых пятен, которые образовались при смене окислительных и восстановительных условий. В настоящее время происходит ее обсыхание. Об этом говорит сухость профиля и угнетенное состояние растительности.

ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

На основании проведенных исследований и анализа полученных результатов можно отметить следующее:

1. В результате разработки месторождения методом подземного выщелачивания на почвы оказываются следующие воздействия:

- механические нарушения, связанные с бурением скважин, открытыми разработками грунта при засыпке труб, строительством вспомогательных сооружений,

- прямое загрязнение почвы ураном и увеличение общей α -радиоактивности,

- поступление в почву агрессивных сульфатных растворов, приводящее к разрушению почвенных карбонатов, подкислению почв, их вторичному засолению.

2. При бурении и длительном использовании скважин происходит

избыточное поверхностное увлажнение всего профиля почв, что при последующем интенсивном ее испарении приводит к подтягиванию солей, находящихся в нижней части профиля, к поверхности и вторичному засолению почв;

Восстановление и рекультивация территории должна проводиться в соответствии с [9]. Однако благодаря биоклиматическим особенностям территории и своеобразию почв эти методы могут оказаться неэффективными.

Дело в том, что процессы почвообразования в пустынной зоне протекают очень медленно и стабильный равновесный профиль формируется в течение нескольких сотен лет. К тому же мощность всего почвенного профиля составляет всего 60-70 см. Если в соответствии требованиями "Санитарных правил" производить изъятие грунта для его последующего захоронения, то весь почвенный покров будет полностью уничтожен и в обозримом будущем восстановиться не сможет. К тому же это не устранил засоление почвенной толщи, поскольку засоление отмечается до значительной глубины. Замещение изъятых слоев "чистым потенциально-плодородным слоем" также нецелесообразно, поскольку придется нарушать нетронутые территории на такой же площади.

Необходимо изменить требования, предъявляемые к рекультивации земель

в пустынной зоне в отношении кислотно-солевого загрязнения. Поскольку пустынные почвы часто содержат в себе соли природного происхождения, то удалить их из профиля просто невозможно, потому что так или иначе их количество придет в соответствие с литологическими и гидрогеологическими условиями.

Поэтому при восстановлении территории месторождения Канжуган рекультивацию следует проводить дифференцированно.

Поскольку радиоактивное загрязнение имеет не сплошное, а локальное распространение, изъятие грунта следует для его последующего захоронения проводить только на этих загрязненных участках. Так как солевое загрязнение связано с радиоактивным, то наиболее загрязненный в солевом отношении грунт также будет удален. Оставшаяся часть территории должна быть оставлена для самовосстановления при обязательном консервировании всех скважин. В результате процесс почвообразования изменится и постепенно в течение нескольких десятков лет почва придет в свое равновесное состояние. Для ускорения процессов восстановления возможно проведение фитомелиораций – подсева основных ландшафтообразующих видов растений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. CaH и П, № 2546-82 от 13.05.83 г.
2. Tietjen C. The admissible rate of waste (residue) application to land with regard to high efficiency in crop production and soil pollution abatement // Land as a waste Management Alternative - Publisher Inc. 1976.
3. Kloke A., Orientierungsdaten für tolierbare Gesamtgehalte einiger Elemente in Kulturboden, Mitt. VDLUFA. H.2. 1980.
4. Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях. Л.: 1987.
5. Виноградов А.П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах. М.: 1987.
6. Предельно-допустимые концентрации химических веществ в почве. № 3.02.002-97 от 24.11.97.
7. Санитарные правила ликвидации, консервации и перепрофилирования предприятий по добыче и переработке радиоактивных руд (СП ЛКП-91). 1991.
8. Алексеенко В.А. Геохимия ландшафта и окружающая среда. М. 1990.

9. Санитарные правила ликвидации, консервации и перепрофилирования предприятий по добыче и переработке радиоактивных руд (СП ЛКП-91). 1991.

Resume

Types and degree of anthropogenous impact on soils of uranium deposit Kanzhugan are studied, recommendations about restoration of soil-vegetative cover are worked out.

Түйін

Қанжуған жер қойылының өңделу барысында топыраққа антропогендік әсердің дәрежесі және типі айқындалды. Топырақ және өсімдік жамылғасынын сақтау және оны қалпына келтіру туралы ұсыныс жасалды.