

Геоэкологический мониторинг. Часть 2

Лекция 10-11. Мониторинг территорий
добычи урана методом ПСВ.



профессор, д.г.-м.н.
Язиков Егор Григорьевич;
ст. препод., к.г.-м.н.
Азарова Светлана Валерьевна

**Организация мониторинга в
районах добычи урана
методом подземного
скважинного выщелачивания**

- Подземное выщелачивание подземных ископаемых – метод добычи полезного ископаемого избирательным растворением его химическими реагентами в рудном теле на месте залегания с извлечением на поверхность. Подземное выщелачивание применяется для добычи цветных металлов и редких элементов, имеются предпосылки использования его для разработки фосфатов, боратов и др.
- Подземное выщелачивание цветных металлов известно с XVI века (Испания), в крупных промышленных масштабах метод впервые освоен на медном руднике Кананеа в Мексике (1924) и на медноколчеданных месторождениях Урала (1939-42). Урановые руды разрабатываются

- Подземное выщелачивание применяется в ряде стран (США, СССР, Франция, Япония, ГДР и др.); в 1974 этим способом было получено 20 % мировой добычи меди.
- Выбор растворителя при подземном выщелачивании зависит от состава руды и характера химического соединения, образуемого полезным компонентом.
- Подземное выщелачивание относится к фильтрационным процессам и основано на химических реакциях «твердое тело-жидкость».
- Подземное выщелачивание позволяет вовлечь в разработку месторождения полезных ископаемых, залегающих на значительных глубинах (недоступных по экономическим показателям для обычной технологии) месторождения бедных руд и

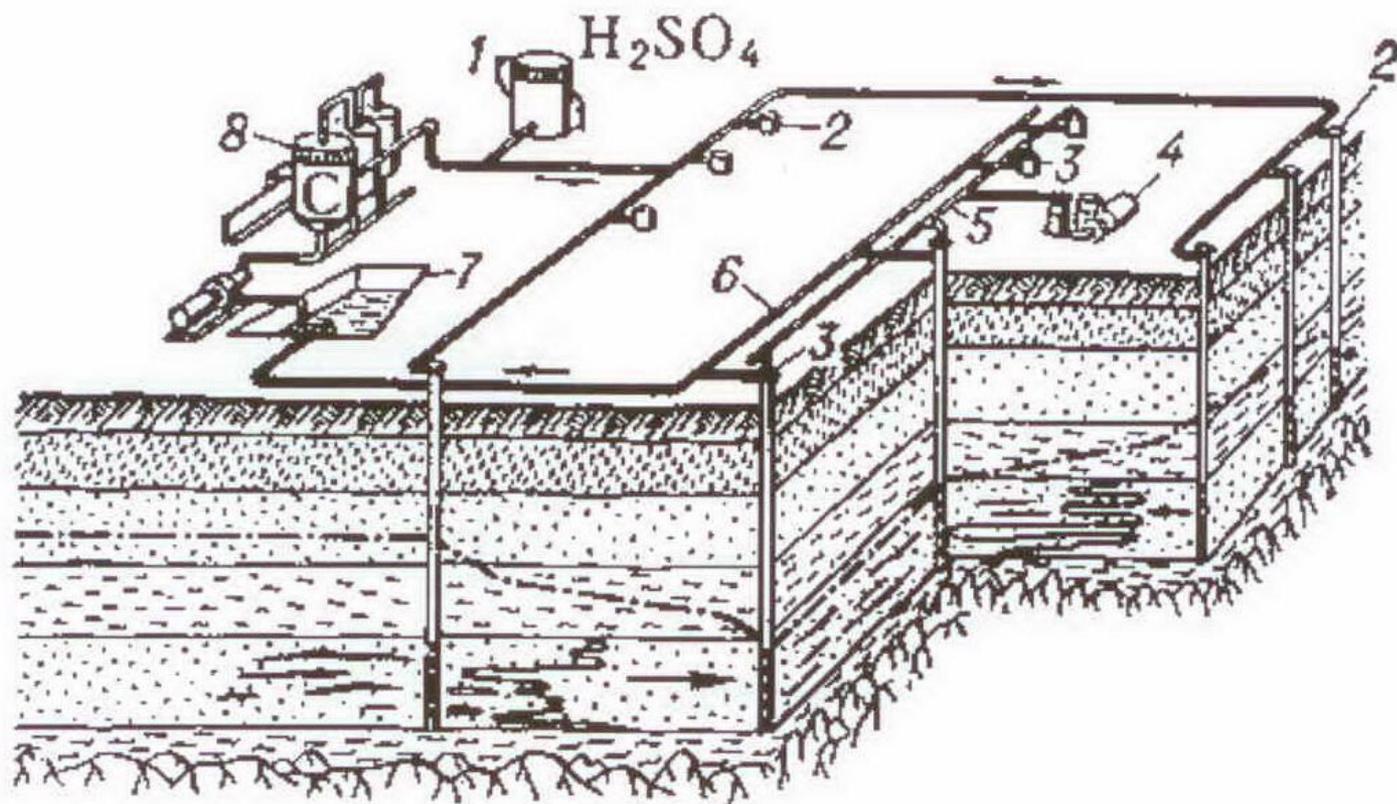


Рис. 1. Схема отработки пластовых месторождений выщелачиванием через скважины: 1 — узел приготовления растворов; 2 — нагнетательные скважины; 3 — дренажные скважины; 4 — компрессор; 5 — воздухопровод для эрлифта продуктивных растворов; 6 — коллектор для продуктивных растворов; 7 — отстойник; 8 — установка для переработки раствора.

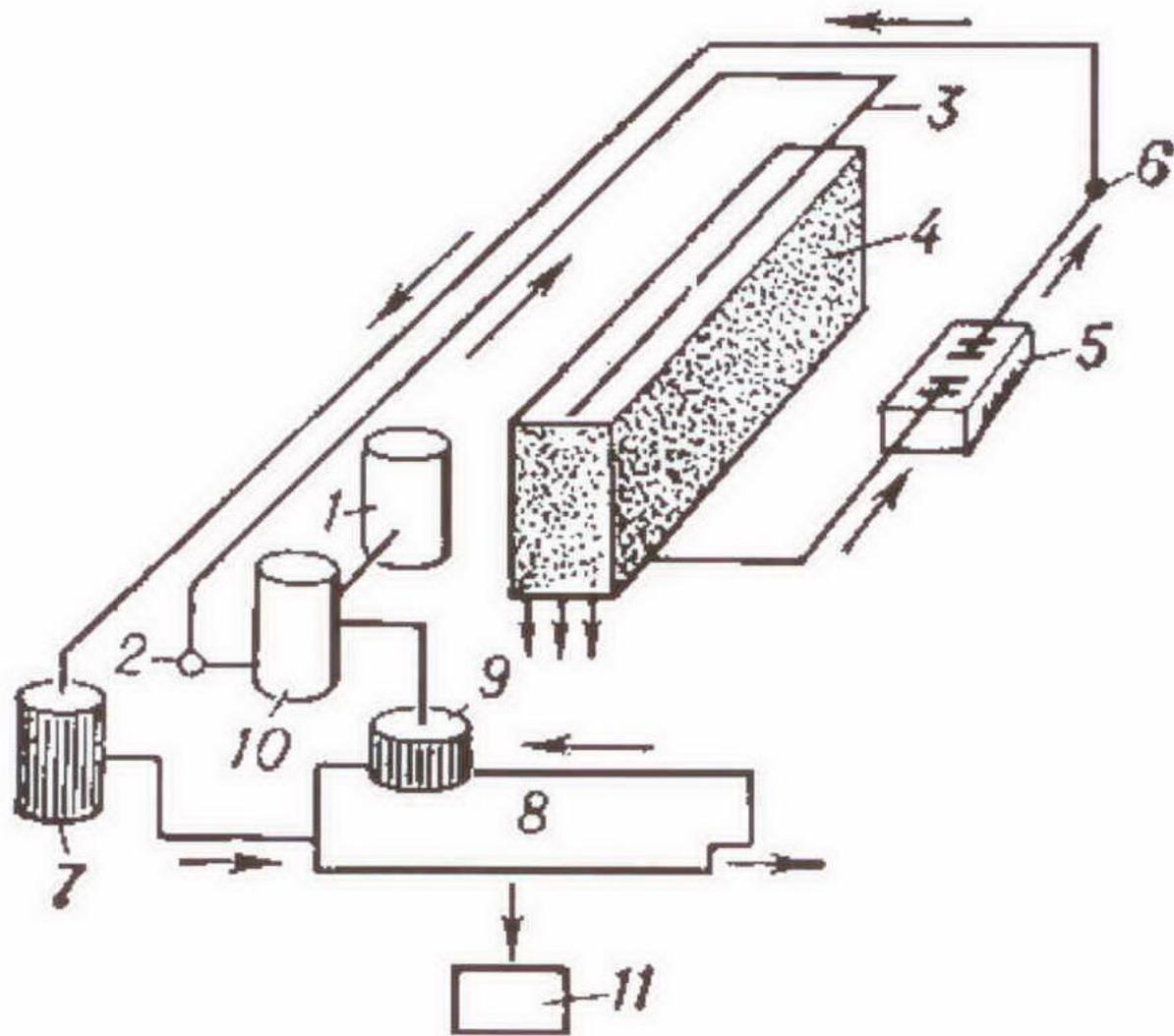


Рис. 2. Схема подземного выщелачивания скальных руд: 1 — ёмкость для растворителя; 2 — насос; 3 — трубопровод рабочих растворов; 4 — обрабатываемый блок руды; 5 — ёмкость для сбора продуктивных растворов; 6 — насос; 7 — ёмкость для продуктивных растворов на поверхности; 8 — сорбционная установка; 9 — отстойник отработанного раствора; 10 — ёмкость для доукрепления растворов; 11 — пресс-фильтр.

- При подземном выщелачивании проницаемых рудных тел месторождение вскрывается системой скважин, располагаемых (в плане) рядами, многоугольниками, кольцами. В скважины подают растворитель, который, фильтруясь по пласту, выщелачивает полезные компоненты.

Продуктивный раствор откачивается через другие скважины (рис.1). В случае монолитных непроницаемых рудных тел залежь вскрывают подземными горными выработками, отдельные рудные блоки дробят с помощью буровзрывных работ (рис.2).

- Затем на верхнем горизонте массив орошают растворителем, который, стекая вниз, растворяет полезное ископаемое. На нижнем горизонте раствор собирается и перекачивается на поверхность.

- Перспективы развития подземного выщелачивания связаны прежде всего с выявлением месторождений урана, которые относятся к «песчаниковому» типу. Около 90% «песчаниковых» руд размещено на юге Казахстана в Южно-Казахстанской и Кызылординской областях, где в настоящее время НАК «Казатомпром» ведет и будет вести многие годы добычу урана.

Эпигенетические урановые месторождения региональных зон пластового окисления, сформировавшиеся при циркуляции кислородных атмосферных вод, выщелачивающих уран из горных пород областей питания, транзита и сбрасывания его на геохимических барьерах на пути следования к областям разгрузки позволяют применять метод подземного скважинного выщелачивания в условиях естественной проницаемости пород. Подобные месторождения встречаются в особых геологических обстановках, обычно перекрыты толщами без рудных пород и слабо проявлены или совсем не проявлены на поверхности.

Метод подземного скважинного выщелачивания наиболее эффективен, так как позволяет резко сократить количество объектов капитального строительства и уменьшить капитальные затраты в 2 – 4 раза по сравнению с обычным горным способом добычи.

- Подземное выщелачивание является 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 загрязнённых дренажных подземных вод и сброс их в поверхностные водотоки;
 - -загрязнение воздушного бассейна пылью и вредными газами.



Пескоотстойник выщелачивающих растворов. Добыча урана методом ПСВ.
(урановое месторождение Канжуган)

Низкорadioактивные отходы

производства

- Твердые отходы считаются радиоактивными, если их удельная активность превышает сумму минимально значимых удельных активностей радионуклидов, согласно таблице П-4 НРБ-99.
- В процессе эксплуатации месторождений низкорadioактивные твердые отходы представлены в среднем по рудоуправлению:

выбракованным
сорбентом

песками, илами от
очистки растворов

металлоконструкциями
, инструментом

прочими материалами
(фильтр-полотно и др.)

почвой,
накапливающаяся при
оперативной зачистке
проливов
продуктивных
растворов

- Основным загрязняющим радионуклидом в твердых отходах является природный уран. Данные отходы захораниваются в ведомственном поверхностном могильнике.
- В Центральном рудоуправлении низкорadioактивные твердые отходы, в основном представляющие собой почвенно-грунтовый слой, снимаемый при проведении рекультивационных работ, имеют удельную активность значительно ниже допускаемых к захоронению в поверхностных могильниках.

- Особенностью деятельности предприятий начальных этапов ядерно-топливного цикла является неизбежное загрязнение окружающей среды твердыми, жидкими и газообразными отходами.
- Выполненные исследования (Разыков З.А. и др., 2005) позволяют сделать следующие выводы.
 - 1. Экологическая нагрузка по гамма-фону связана с отвалами пород и бедных руд, а также хвостами гидрометаллургической переработки. Максимальные значения гамма-фона находятся в пределах промплощадки и требуются мероприятия по предотвращению свободного доступа населения.

- 2. В пределах жилой зоны имеются локальные участки с аномальными значениями гамма-фона. Требуются мероприятия по их ликвидации с целью снижения дозовой нагрузки на население.
- 3. Экологическая нагрузка на гидросферу связана с размывом и механическим переносом материала хвостохранилищ, что приводит к радиационному загрязнению поливных сельскохозяйственных земель.
- 4. Экологическая нагрузка на атмосферу определяется в основном, пылевым разносом. Необходимы мероприятия по снижению или устранению «пыления», что одновременно приводит к сокращению годового выброса радона с поверхности хвостохранилищ и

Целью мониторинга окружающей среды на действующих предприятиях по добыче урана методом подземного скважинного выщелачивания является обеспечение достоверной информацией о воздействии предприятия на окружающую среду и возможных изменениях при неблагоприятных или опасных ситуациях.

Программа мониторинга включает следующие основные направления:

- контроль выбросов в атмосферный воздух;
- контроль за состоянием подземных вод;
- контроль за загрязнением почв и грунтов отходами производства и потребления.

Воздействие на атмосферный воздух

- Воздушная среда (атмосфера) подвергается радионуклидному и химическому воздействию добычного и перерабатывающего комплексов



Полигон добычи урана методом ПСВ (урановое месторождение Канжуган)

Воздействие на подземные воды

- Подземное выщелачивание связано с введением в продуктивный водоносный горизонт химических реагентов и поэтому непременно сопровождается изменением гидрохимической обстановки подземных вод в районе действия технологических скважин.
- На промышленных полигонах ПСВ размер техногенного ореола определяется в первую очередь площадью обрабатываемой рудной залежи. Нарушение баланса растворов в сторону откачки над закачкой или наоборот соответственно незначительно уменьшает или увеличивает его размеры в пределах ± 50 м.

- Наряду с выше указанными проблемами, существует также ряд геоэкологических проблем загрязнения подземных вод, которые связаны в первую очередь за счет буровых работ: эксплуатационно-разведочное бурение с целью уточнения морфологии рудных залежей; сооружение эксплуатационных (технологических) скважин двух видов - 1) закачные – скважины, в которые закачивают серную кислоту 2) откачные – скважины, из которых откачивают рудосодержащий раствор, а также технологического процесса: стадия закисления - заполнение порового пространства рудоносного горизонта выщелачивающим раствором с заданными свойствами, который переводит «связанный» уран в растворимую форму

- Для того, чтобы снизить отрицательное воздействие на водоносный горизонт на завершающей стадии отработки выполняется отмывка, т.е. выщелачивающие растворы не подвергаются дополнительному подкислению.
- В соответствии с инструкцией по подземному скважинному выщелачиванию (2006), система контроля состояния подземных и поверхностных вод на полигонах ПСВ определяется природной сложностью месторождения, геолого-гидрогеологическими условиями, принятой технологией отработки и географией полигона ПСВ, его местоположением в существующем хозяйственно-питьевом водозаборе,

- сельскохозяйственном севообороте и состоянии поверхностного ландшафта, с учетом СанПиН 5.01.023.99 «Санитарные нормы проектирования, строительства, эксплуатации, консервации и ликвидации полигонов подземного выщелачивания радиоактивных руд».
- Контролю подвергаются все водоносные горизонты в районе действующего полигона ПСВ, поверхностные сборы атмосферных осадков, а также пескоотстойники с продуктивными и выщелачивающими растворами.

Химический и радиохимический составы природных подземных вод и остаточных растворов (сернокислотная схема) *(по данным Язикова и др., 2001)*

№ п/п	Среда Компоненты	Содержания, мг/л			
		Природные воды в Кызылкумской провинции	Природные воды в Сырдарьинской провинции	Остаточные растворы	ПДК (ГОСТ 2874-82) «Вода питьевая»
1.	Общая минерализация	2230-5900	570-1000	14000-30000	1000
2.	SO ₄ ²⁻	701 - 2060	125-500	7000-17000	500
3.	NO ₃ ⁻	н.о.	5.0	65-300	45
4.	Fe _{общ.}	0.03-1.3	0.03-0.16	до 1500	0.3
5.	Al ³⁺	0.05-0.23	0.005-0.05	до 1600	0.5
6.	Be ²⁺	0.00002-0.06	0.00002	0.01-0.87	0.0002
7.	As ^{3+, 5+}	0.005	0.002-0.005	0.1-1.6	0.05
8.	Pb ²⁺	0.0005-0.05	0.006-0.360	0.02-1.65	0.03
9.	Cu ²⁺	0.01	0.01	0.1-0.7	1.0
10.	Zn ²⁺	0.1	0.1-0.330	2.4-7.0	5.0
11.	Hg ²⁺	0.002	0.002	-	0.0005
12.	Cd ²⁺	0.001-0.0016	0.001	0.03-0.2	0.001
13.	Sr ⁴⁺	2-15	0.9-3.4	9-21	7.0

Химический и радиохимический составы природных подземных вод и остаточных растворов (сернокислотная схема) *(по данным Язикова и др., 2001)*

№ п/п	Среда Компоненты	Содержания, мг/л			
		Природные воды в Кызылкумской провинции	Природные воды в Сырдарьинской провинции	Остаточные растворы	ПДК (ГОСТ 2874-82) «Вода питьевая»
14.	Cl ⁺	511-1970	77-170	до 3000	350
15.	Co ²⁺	0.001-0.01	0.001-0.003	0.7-2.9	1.0(0.01)
16.	Mn ²⁺	0.01-0.4	0.01	15-170	0.1
17.	Cr ³⁺	0.06	0.06	0.76-5.1	0.5(0.1)
18.	pH	7.0-8.2	7.0-8.2	1.5-3.0	6.0-9.0
19.	U ⁶⁺	0.0003-4.4	0.0002-12.0	до 20	1.7
20.	Ba ²⁺	0.1-0.4	0.4	-	0.1
21.	Mo ²⁺	0.01-0.06	0.001-0.011	0-31.5	0.25
22.	Se	0.0001-0.017	0.0001-0.158	0.05-5.0	0.001
23.	Ni	0.01	0.01	0.01	0.09-0.4
24.	²²⁶ Ra, Ки/л	1*10 ⁻¹³ -7.6*10 ⁻¹⁰	1*10 ⁻¹³ -1.64*10 ⁻¹³	2 10 ⁻¹⁰ -5*10 ⁻⁹	5.4*10 ⁻¹¹
25.	²³⁰ Th, Ки/л	(150- 2200)*10 ⁻¹⁰	-	до 3*10 ⁻⁸	2.2*10 ⁻¹¹
26.	²¹⁰ Po, Ки/л	2.8*10 ⁻¹³ -1.3*10 ⁻¹⁰	-	до 5*10 ⁻⁹	3.8*10 ⁻¹⁰
27.	²¹⁰ Pb, Ки/л	(1.2-18)*10 ⁻¹¹	-	(12-29)*10 ⁻¹¹	7.7*10 ⁻¹¹

Воздействие на почвы

Основными источниками загрязнения поверхностного слоя почв являются:

- пыль, разносимая ветровой эрозией с разбитых внутриблочных полевых дорог;
- разливы выщелачивающих и продуктивных растворов в результате переливов закачных скважин, разгерметизации соединений и разрывов трубопроводов. Глубина проникновения в почву загрязняющих компонентов составляет 40 см (в отдельных случаях до 1м);
- утечка технологических растворов при аварийных разрывах трубопроводов;
- проливы растворов и взвесей при чистке технологических скважин.

В местах пролива растворов поверхность земли может загрязняться сульфатами и естественными радионуклидами уран-радиевого ряда.

- Для снижения радионуклидного и химического загрязнения почв и почво-грунтов, кроме технических средств по предупреждению, локализации и своевременному предотвращению аварийных ситуаций, используется устройство ловушек из гашеной извести для перехвата растворов (продуктивных, выщелачивающих) при авариях на трубопроводах и запорных механизмах.

Радиоактивные технологические отходы

- Дополнительно к загрязненным грунтам добавляются отходы, образуемые в производственной зоне. К ним относятся разрушенные смолы, радиоактивные отходы в виде зараженного металлолома и шлам пескоотстойников.

Мониторинг выбросов в атмосферный воздух

- Общие работы по мониторингу на предприятиях проводятся службами ТБ и радиационной безопасности. Контроль за выбросами производится путем прямых измерений по плану-графику. Отбор проб воздуха производится в рабочих зонах установки, непосредственно у технологических карт и сорбционных колонн в цехе переработки продуктивных растворов.
- Перечень вредных химических веществ, контролируемых в окружающей среде и воздухе рабочей зоны наряду с типовыми – оксид углерода, диоксид азота, сажа, ангидрит сернистый, свинец, бенз(а)пирен и другими, также пары кислот серной, азотной и значения по урану.

- Отбор проб на границе СЗЗ производится два раза в год (зимой и летом по направлению факелов выбросов. Измерения выполняются в пяти точках: три в зоне факела и две за пределами зоны факелов. Пробы берутся на окись углерода, окислы азота и окислы серы.

Мониторинг за состоянием подземных

ВОД

- Мониторинг за состоянием подземных вод продуктивного горизонта осуществляется по наблюдательным скважинам, пробуренных для контроля горизонтального и вертикального растекания выщелачивающих растворов. Горизонтальное растекание в направлении естественного потока подземных вод будет контролироваться в 3 раза чаще, чем в направлении обратном естественному потоку. Аналогично, подрудные горизонты будут контролироваться в 3 раза чаще, чем надрудные, так как вероятность загрязнения нижнего подгоризонта выщелачивающими растворами наиболее вероятна.
- Предусматривает размещения 5-и наблюдательных скважин по профилю с интервалом 400 м вкрест

- За счет разряжения наблюдательных скважин на надрудный горизонт и в направлении обратном естественному потоку могут быть пробурены наблюдательные скважины на непродуктивные водоносные горизонты от 70 до 76.
- В производственной и вспомогательной зонах требуется бурение наблюдательных скважины на грунтовые воды.
- В случае обнаружения выхода загрязненных вод за пределы внешнего контура наблюдательных скважин, т.е. обнаружения превышения концентраций контролируемых компонентов (химических или радиоактивных) в 3 раза по сравнению с фоновыми содержаниями (измеренными в этих же скважинах до начала закисления), рассматривается вопрос дополнительного числа наблюдательных скважин.

Мониторинг за загрязнением почв

На период эксплуатации предприятия специальные нормативы на загрязнение почвы не установлены. Тем не менее, с целью сокращения затрат на рекультивационные работы, а также уменьшения неконтролируемого облучения персонала и населения, предусматривается постоянное поддержание суммарной активности грунтов на уровне, отвечающем нормативным требованиям (п.5.9.4. СНП-ПВ-99):

- в слое от 0 до 25 см превышение естественного фона не более, чем на 1 200 Бк/кг в среднем по участку; и
- в слоях 25-50, 50-75 и 75-100 см превышение естественного фона не более, чем на 7400 Бк/кг в среднем по участку

Кроме того, с этой целью предусматривается поддержание среднего значения мощности дозы внешнего гамма-излучения на уровне, не превышающем естественный фон более, чем на 30 мкР/час по всей площади участка. В отдельных локальных точках (не более 20%) – могут допускаться превышения, но не более 60 мкР/час над естественным фоном.

Оценка загрязнения на территории санитарно-защитной зоны и промплощадки производится 1 раз в год на основе данных пешеходной гамма-съемки. Сеть съемки 100x100 м.

- При этом выполняется непрерывное прослушивание во время перехода с точки на точку (для обнаружения локальных аномалий, которые могут быть пропущены рядовыми измерениями). По всем выделенным аномалиям производится детальная съемка (сеть 1x1м). На территории полигона в площадь съемки обязательно включаются ряды скважин и трубопроводы, а также междурядное пространство.

Мониторинг загрязнения оборудования и транспорта

- Мониторинг выходного контроля загрязненного оборудования и транспорта обеспечивает нераспространение радиационного загрязнения за пределы участка работ. Оно достигается путем соблюдения не превышенных допустимых (контрольных) уровней загрязнения поверхностей спецавтомобилей и упаковочных комплектов, в которых перевозится готовый продукт, а также оборудования, вывозимого с территории промплощадки.



Благодарю за внимание!