ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ
ГЕОЛОГИЯ И РАЗВЕДКА
2019, № 6

ТЕХНИКА ГЕОЛОГО-РАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ
GEOLOGICAL EXPLORATION TECHNIQUE

УДК62.643.622

О ПРИМЕНЕНИИ БЕНТОНИТА ДЛЯ СООРУЖЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СКВАЖИН ПОДЗЕМНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ УРАНА

А.Г. ИВАНОВ[1], С.А. АЛЕКСАНДРОВ[2], И.А. КУРАШОВ[3], Д.А. ИВАНОВ[4], П.Е. ШИХОВ[5], Ю.А. АРСЕНТЬЕВ[6], А.П. НАЗАРОВ[6], О.Ю. ГЛОТОВА[7]

[1]АО «Атомредметзолото»
22, Б, Дровяной пер., г. Москва 109004, Россия
e-mail: AlekGeorIvanov@armz.ru

[2]ТОО СП «Инкай»
1 г. Мадели кожа ул., Шымкент 160021, Республика Казахстан
e-mail: salex_702@list.ru

[3]АО «Русбурмаш»
59, стр. 2, Земляной вал ул., г. Москва 109004, Россия
e-mail: kurashovia@rbm-armz.ru

[4]Компания «Weatherford»
4, 4-й Лесной пер., Москва 109004, Россия
e-mail: dexhouse@ya.ru

[5]АО «Далур»
1, Лесная ул., Уксянское с., Далматовский район, Курганская обл. 641750, Россия
e-mail: PESikhov@rosatom.ru

[6]ФГБУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе»
23, ул. Миклухо-Маклая, г. Москва 117977, Россия
e-mail: arsentev1956@yandex.ru

[7]АО «ГСПИ»
4, ул. Шарикоподшипниковская, г. Москва 115088, Россия
e-mail: info@aogspi.ru

Добыча урана методом скважинного подземного выщелачивания (СПВ) производится из продуктивных водоносных горизонтов, представленных песками различной крупности. Вскрытие пластов производится бурением технологических скважин с применением бентонитового глинистого раствора. Это сопровождается кольматацией пород прифильтровой зоны (ПФЗ). Выполненные исследования показали необходимость полного удаления из ПФЗ глинистого раствора на стадии сооружения скважин. Показано, что это можно выполнить способами поинтервального освоения фильтра или обрушением песков продуктивного горизонта при зафильтровой промывке ПФЗ технической водой. Выполнены лабораторные испытания на химическую стойкость бентогильз к воздействию рабочих растворов кислот. Определены геологические и технологические условия применения бентогильз для гидроизоляции заколонного пространства технологических скважин СПВ.

К л ю ч е в ы е с л о в а: скважина; скважинное подземное выщелачивание; бентонит; рабочий раствор серной кислоты; бентогильза; гидроизоляция.

https://doi.org/10.32454/0016-7762-2019-6-80-87

*Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.

APPLICATION OF BENTONITE FOR THE CONSTRUCTION OF PROCESS WELLS FOR BORE-HOLE MINING OF URANIUM

ALEKSANDR G. IVANOV[1], SERGEI A. ALEXANDROV[2], ILIA A. KURASHOV[3], DMITRII A. IVANOV[4], PAVEL E. SHIKHOV[5], IURII. A. ARSENTEV[6], ALEKSANDR P. NAZAROV[6], OLGA IU. GLOTOVA[7]

[1]JSC Atomredmetzoloto»
house 22, B. Drovyanoy pereulok, Moscow 109004, Russia
e-mail: alekgeorivanov@armz.ru

[2]Inkai JOINT
house 1 G, Madeli Kozha str., Shymkent,Republik of Kazakhstan
e-mail: Salex_702@list.ru

[3]JSC «Rusburmash»
house 59, p. 2, Zemlyanoy Val str., Moscow 109004, Russia
e-mail: kurashovia@rbm-armz.ru

[4]Weatherford
4, 4th Lesnoy Pereulok, Moscow 125047, Russia
e-mail: alekgeori vanov@armz.ru

[5]JSC «Dalur»
1, Lesnaya str., Uksyanskoye S., Dalmatovsky district, Kurgan region 641750, Russia
e-mail: PESikhov@rosatom.ru

[6]Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting
23, Miklukho-Maklay street, Moscow 117977, Russia
e-mail: arsentev1956@yandex.ru

[7]JSC «GSPI»
4, ball bearing str., Moscow 115088, Russia
e-mail: info@aogspi.ru

Production of uranium by the method of bore-hole mining (BHM) is carried out from productive water-bearing formations represented by sands of various sizes. The beds are opened by the process well drilling using bentonite clay mud. This is accompanied by colmatation of the near-filter zone (NFZ) rocks. The performed studies showed the need for the complete removal of clay mud from the NFZ at the stage of well construction. It is shown that this can be done by the methods of interval-by-interval filter development or by the collapse of the productive horizon sands when NFZ after-filter washing with technical water. Laboratory tests on the chemical resistance of bentonite sleeves to the acid solutions action were carried out. Geological and process conditions for the use of bentonite sleeves for waterproofing the bore-hole annulus of process BHM wells were defined.

Keywords: well; bore-hole mining; bentonite; sulphuric acid working solution; bentonite sleeve; hydrosulation.

Добыча урана методом скважинного подземного выщелачивания производится из продуктивных горизонтов, представленных песками различной крупности: от мелкозернистых до крупнозернистых, чаще всего разнозернистых. Для эффективной отработки таких месторождений важнейшее значение имеют технологии сооружения и освоения скважин СПВ. Применяемые технологии должны обеспечить устойчивую работу скважин в течение всего времени отработки добычных блоков, которое составляет от 3 до 15 лет, в зависимости от геологических особенностей залежей. Сооружение технологических скважин СПВ урана производится в массовом порядке и измеряется сотнями единиц в год в зависимости от предприятия. На практике, как правило, в пределах одной или группы месторождений (залежей) сооружаются скважины двух типовых конструкций: откачные и закачные. При этом технологии сооружения однотипных скважин с относительно коротким сроком службы (3—15 лет), при всех прочих равных условиях, могут отличаться в зависимости от вида циркуляционного агента, применяемого при вскрытии продуктивного горизонта. В связи с этим возможны два пути реализации технологии сооружения однотипных скважин:

1) с применением полимерных промывочных растворов для вскрытия продуктивных горизонтов с последующим их освоением с помощью известных методик и технических средств;

2) с применением глинистого раствора, приготовленного на основе бентонитовых глин (порошковых или комковых).

Достоинство полимерных промывочных растворов заключается в том, что продуктивный горизонт при их применении подвержен слабой кольматации в основном частицами выбуренной породы, которые относительно легко удаляются при освоении скважин с применением широко распространенных технических средств и приёмов: эрлифтных прокачек, промывок, поинтервальным освоением фильтра и прифильтровой зоны (для случаев, когда длина фильтра превышает 6—8 м). При такой технологии затраты на освоение сооружаемых технологических скважин являются минимальными. При этом межремонтный цикл (МРЦ) для поддержания производительности скважины в пределах проектных показателей будет максимальным. Однако, указанная технология имеет свои недостатки, основными из которых являются следующие:

1) требование дополнительного и достаточно громоздкого оборудования в виде амбаров или зумпфов, гидроциклонов или вибросит, предназначенных для активной очистки полимерных растворов от бурового шлама;

2) ограничение срока применения полимерных растворов вследствие использования специфических реагентов, приводящих к распаду растворов на воду и осадок, не подлежащих перемешиванию с восстановлением первоначальных свойств;

3) необходимость разбрызгивания над шламонакопителями дорогостоящих препаратов с целью устранения сильнейшего гнилостного запаха, сопровождающего процесс разложения остатков полимерных растворов;

4) высокая стоимость 1 м^3 полимерных растворов, изменяющаяся от 28 до 43 и более долларов США.

Кроме того, из практики применения полимерных растворов известно, что, рецептуры растворов подбираются для каждого отдельно взятого месторождения в зависимости от способа бурения, а иначе, на стенках скважины в интервале продуктивного горизонта образуется плотная полимерная плёнка, трудноудаляемая при эрлифтной прокачке, промывке и др. В этом случае необходимо применение специальных технологий и оборудования для раскольматации пород прифильтровой зоны.

Обращаясь ко второму возможному пути реализации технологии сооружения однотипных скважин с применением глинистого раствора, приготовленного на основе бентонитовых глин, следует указать на то, что процесс вскрытия продуктивного горизонта сопровождается кольматацией пород буровым шламом, собственно глинистым раствором и формированием на стенках скважины глинистой корки. А при освоении технологических скважин традиционным эрлифтным способом для вариантов с установкой фильтров длиной более 6 м продукты кольматации удаляются только из верхнего участка прифильтровой зоны, поскольку как показывают исследования, выполненные Э.А. Грикевичем [2], И.И. Гринбаумом [3] и др., скорости входа потока пластовой жидкости в фильтр уменьшаются в направлении от верхней границы фильтра к нижней. Вследствие этого процесс раскольматации прифильтровой зоны наиболее интенсивно протекает в области верхнего участка фильтра, а в области нижнего участка фильтра — идет крайне медленно или совсем отсутствует. Если участок продуктивного горизонта, приуроченный к верхнему участку фильтра, представлен песками различной крупности, то вследствие высокой входной скорости потока в этой области происходит обрушение несвязных пород с защемлением закольматированного интервала пласта. Кольматант в этом случае представлен глинистой коркой, глинистым раствором в прифильтровой зоне пласта и буровым шламом, как показано на рис. 1.

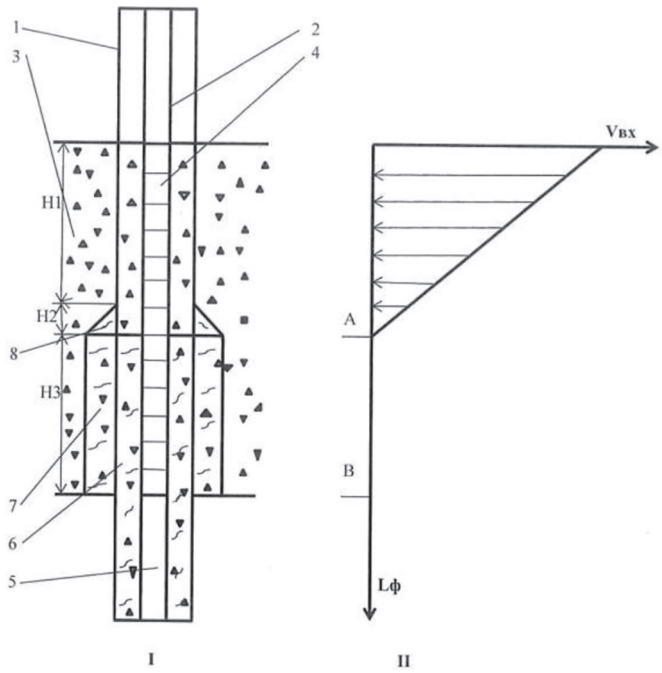


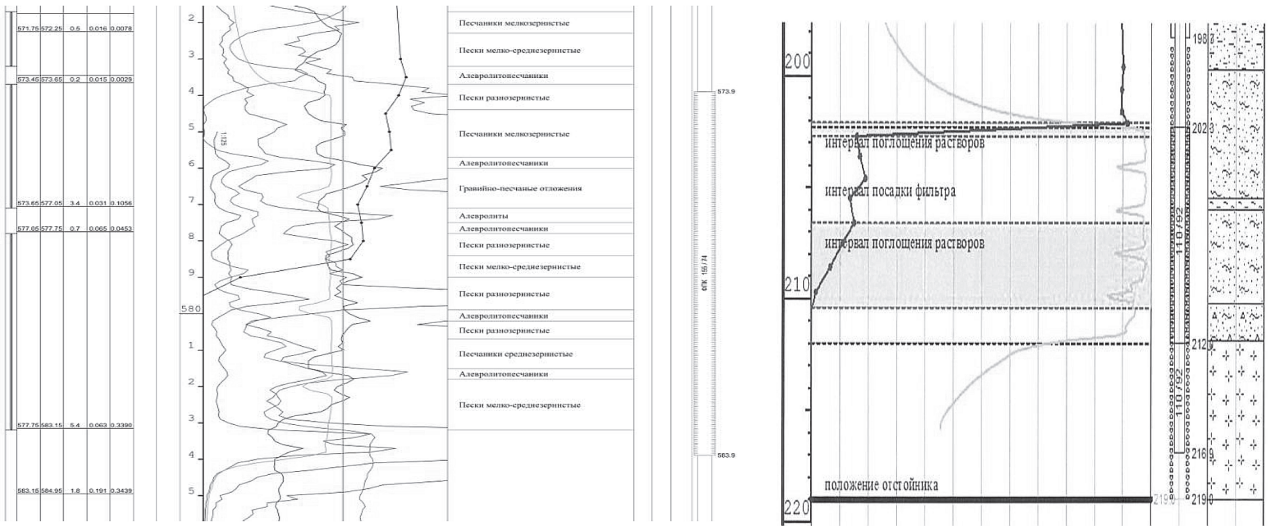
Рис. 1. Схема блокирования участков фильтра продуктами кольматации: 1 — ствол скважины; 2 — эксплуатационная колонна; 3 — проницаемые породы водоносного горизонта; 4 — фильтр; 5 — отстойник фильтра; 6 — зона обрушения пород водоносного горизонта из освоенного интервала прифильтровой зоны (ПФЗ); 7 — заблокированный неосвоенный интервал водоносного горизонта; 8 — переходная область частичного блокирования водоносного горизонта (область малых входных скоростей пластовой жидкости со слабым выносом продуктов кольматации в фильтр)

На приведенном рис. 1 показаны также: I — принципиальная схема блокирования фильтра и прифильтровой зоны (ПФЗ) продуктами кольматации; II — расходограмма притока пластовых вод в фильтр при освоении (верхний интервал фильтра); *H*1 — интервал ПФЗ и фильтра с полным удалением кольматанта; *H*2 — интервал ПФЗ и фильтра с частично удалённым кольматантом; *H*3 — нижний интервал ПФЗ и фильтра с неудалённым при освоении кольматантом из водоносного горизонта и барьером, состоящим из глинистого раствора и обрушенных в него из интервала Н1 пород водоносного горизонта; А-Б — неработающий интервал фильтра.

Вышеприведенные утверждения убедительно подтверждаются результатами расходометрии, выполняемой как на стадии сооружения, так и эксплуатации скважин. Примеры расходограмм, выполненных для скважин различных месторождений показаны на рис. 2.

Скв. 3−9−17. Интервал установки фильтра 202,3—212,0 м (длина фильтра 9,7 м). На интервал 202,3—202,8 м (0,5 м или 5,5% длины фильтра) приходится 84% поглощения жидкости при наливе, на интервал 202,8—206,5 м (3,7 м или 38,1% длины фильтра) приходится 2% поглощения, на интервал 206,5—210,2 м (3,7 м или 38,1% длины фильтра) приходится 14% поглощения. Интервал 210,2—212,0 (1,8 м или 18,3% длины фильтра) не вовлечен в работу, поэтому не вовлечен в отработку интервал оруденения 210,2—212,0 м (1,8 м).

Такой вариант неполного освоения скважины при ее сооружении приводит к тому, что глинистый раствор, заблокированный в зафильтровом пространстве и прилегающей области водоносного горизонта, при контакте с рабочими растворами кислот в процессе начала работ по извлечению урана может стать причиной резкого падения производительности скважин. Это объясняется следующим.



Скв. 2 - 3 - 9 Скв. 3 - 9 - 17

Рис. 2. Расходограммы для скважин различных месторождений

Анализ приведенных расходограмм показывает следующее.

Скв. 2−3−9. Интервал установки фильтра по этой скважине составляет 573,9—583,9 м (длина фильтра 10 м). На интервал 573,9—578,5 м (4,6 м или 46% от общей длины фильтра) приходится 23,3% поглощения жидкости при наливе, а на интервал 578,5—579,5 м (1,0 м или 10% от общей длины фильтра) приходится 76,7% поглощения. Интервал 579,5—583,9 м (4,4 м или 44% от общей длины фильтра) не вовлечен в работу, поэтому не вовлечен в отработку интервал оруденения 579,5—583,15 м (3,55 м).

Для вскрытия продуктивного горизонта используется чаще всего глинистый раствор на основе бентонитовых глин. Бентониты представляют собой смесь природных алюмосиликатных минералов, основу которых составляет монтмориллонит (60—70%), и являются результатом разложения вулканической лавы и пепла. Химический состав монтмориллонита может быть представлен следующей формулой: $(Ca, Na) \times (Mg, Al, Fe)_2 \times (OH)_2 \times [(Si, Al)_4O_{10}] \times nH_2O$ [4]. Содержание окислов различных щелочных металлов и влажность для монтмориллонита колеблются в достаточно широких пределах, приведенных в табл.

Таблица

Содержание окислов металлов и воды в монтмориллоните, %

MgO	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	Na_2O	FeO	H_2O
0,1–29,9	0–30	0,2–3,5	0,1–3,0	0,2–1,0	12–26	0,2–31,6

Перечисленные окислы щелочных металлов и их соли активно реагируют с рабочими растворами кислот с образованием в том числе растворимых и выпадающих в осадок солей и газообразных продуктов реакций. Такие химические процессы с одной стороны снижают степень кольматации ПФЗ в интервалах *Н*2 и *Н*3 за счет перехода части содержащихся в монтмориллоните металлов в раствор, а, с другой стороны, нерастворённые в кислом растворе и выпавшие в осадок соли представляют кольматант, блокирующий движение рабочих растворов в нижнем интервале фильтра. На рис. 3 показана реакция глинистого раствора с рабочим раствором серной кислоты.

Глинистый раствор был приготовлен из бентонитового глинопорошка марки ПБМБ производства АО «Бентонит» (Зыряновское месторождение г. Курган). Концентрация порошка в технической воде составляла 60 кг/м^3 и имел плотность 1,04 г/см^3, водоотдачу 21 см^3/30 мин, условную вязкость 25°С. Реакция протекала при смешении 1000 см^3 глинистого раствора, приготовленного из бентонита и 500 см^3 раствора серной кислоты в воде с концентрацией 8 г/дм^3. После окончания реакции наблюдалось расслоение раствора. На приведенном рис. 3 отчетливо видны каналы выделения газообразных продуктов реакции, прежде всего CO_2. Образовавшиеся каналы в дальнейшем не схлопывались. Еще один опыт был выполнен для определения химстойкости отработанного глинистого раствора. В ёмкость с 50 мл раствора было залито 10 мл раствора серной кислоты с концентрацией 8 г/дм^3. При этом наблюдалось расслоение раствора на твердую и жидкую фазы, причем осевшие хлопья свернувшейся глины не слипались между собой.

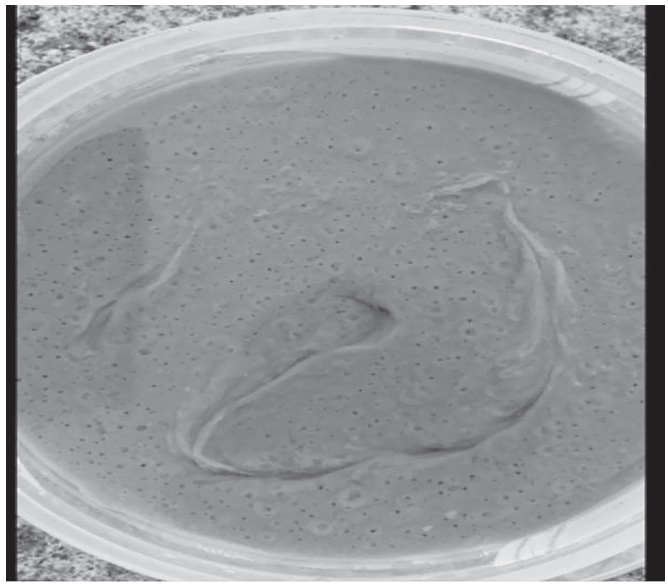
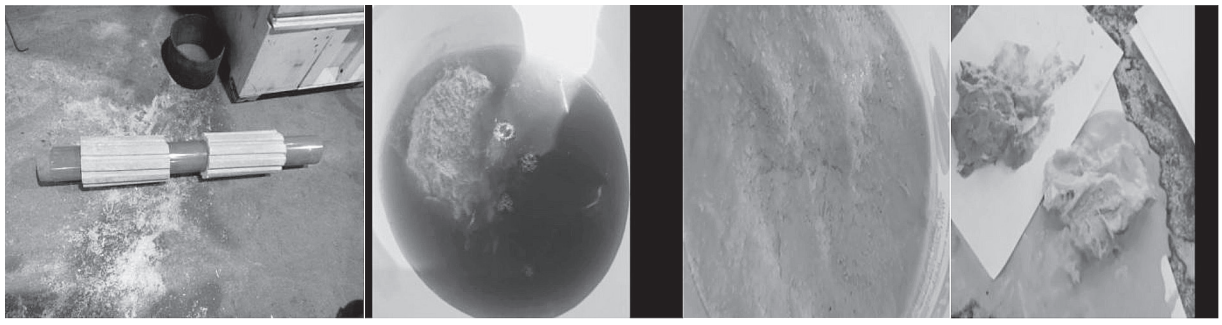


Рис. 3. Реакция глинистого раствора с раствором серной кислоты

Еще одним направлением использования бентонитовых (монтмориллонитовых) глин является использование их для изготовления бентогильз. Бентогильза (изделие гидроизоляционное производства ТОО «B-Clay», Республика Казахстан) состоит из бентонита и полимеров, регулирующих скорость ее набухания. Она имеет цилиндрическую форму и изготавливается опрессовкой исходного состава давлением 1,0 МПа с последующей сушкой. Способ гидроизоляции заколонного пространства с использованием такого изделия нашел применение при отработке месторождений урана методом СПВ в Республике Казахстан [5].



I II III IV

Рис. 4. Этапы испытания бентогильзы на химстойкость к воздействию рабочего раствора серной кислоты: I – внешний вид секций бентогильзы; II – начало реакции элемента секции бентогильзы с рабочим раствором серной кислоты с концентрацией 20 г/дм^3; III – поверхность бентогильзы по окончании реакции; IV – материал бентогильзы после извлечения из емкости

На рис. 4 приведены испытания бентогильз на химстойкость к воздействию рабочих растворов для определения возможности применения их для гидроизоляции заколонного пространства технологических скважин СПВ урана в условиях месторождений АО «Хиагда» и АО «Далур».

Для проведения опыта использовался элемент бентогильзы массой 0,2 кг, который помещался в емкость и заливался рабочим раствором серной кислоты с концентрацией 8 г/дм^3. При проведении испытаний разрушение бентогильзы начинается после ее контакта с рабочим раствором (рис. 4. II). В процессе контакта на поверхности образца формируется разрушенный слой с ячеистой структурой, представленный продуктами реакции материала бентогильзы с серной кислотой (рис. 4.III). Таким образом, результаты испытаний на химстойкость показали, что при контакте с рабочими растворами материал бентогильзы разрушается, превращаясь в осадок, в течение непродолжительного времени — первые часы после начала контакта (рис. 4.IV).

Проведенные опыты показали, что при использовании глинистых материалов для сооружения технологических скважин СПВ урана необходимо учитывать их влияние на надежность и сохранение производительности скважин при эксплуатации.

Как следует из вышеприведенных рассуждений, на стадии сооружения технологических скважин необходимо добиваться полного удаления глинистого раствора и его составляющих (глинистой корки) из ПФЗ в интервале установки фильтра, что позволит решить следующие основные задачи:

— достигнуть максимального дебита скважин при освоении;

— увеличить продолжительность межремонтного цикла и снизить затраты на эксплуатацию скважин;

— сократить сроки отработки эксплуатационных блоков.

Эрлифтная прокачка позволяет решить проблему декольматации ПФЗ от глинистого раствора и глинистой корки только для фильтров длиной не более 4—6 м в зависимости от свойств продуктивного горизонта.

Решением задачи максимальной декольматации ПФЗ для фильтров длиной более 4—6 м является способ поинтервального освоения фильтра. Схема его реализации приведена на рис. 5.

Способ реализуется следующим образом. После оборудования скважины эксплуатационной колонной с фильтром, выполнения работ по гидроизоляции заколонного пространства и геофи-

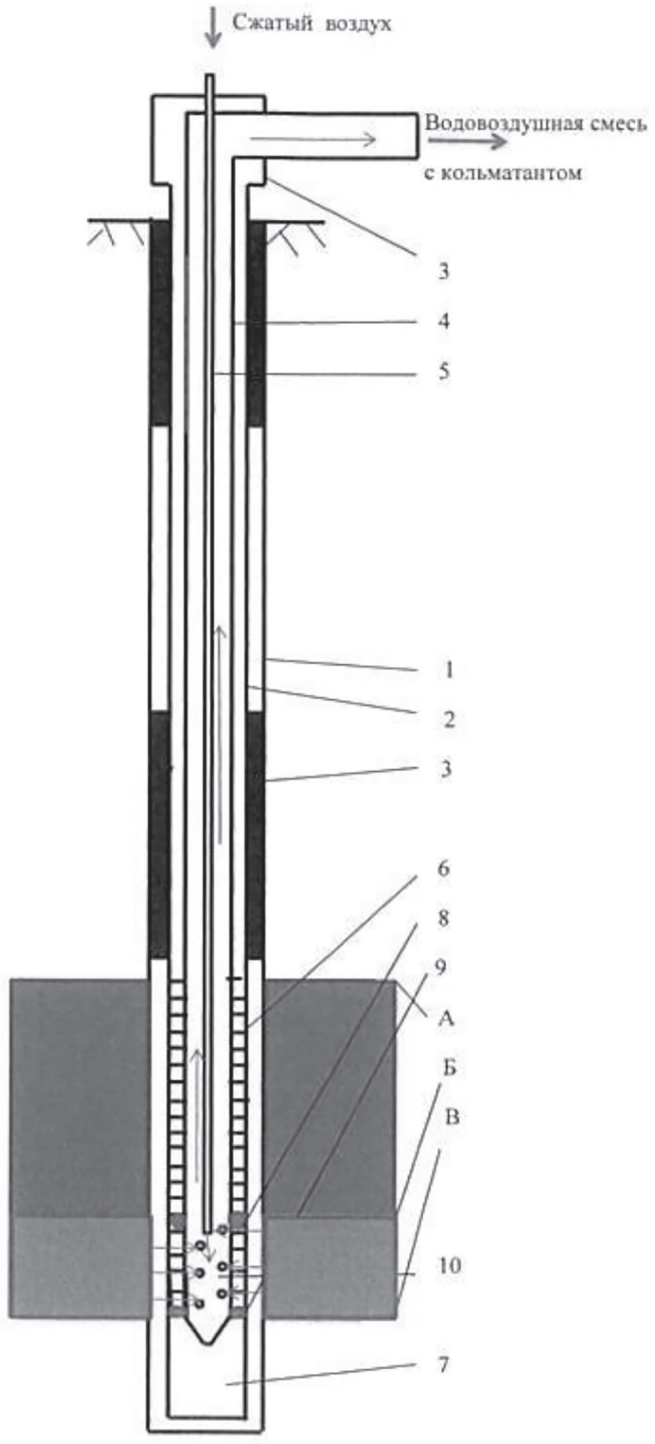


Рис. 5. Схема поинтервального освоения скважины: 1 — ствол скважины; 2 — эксплуатационная колонна; 3 — интервалы гидроизоляции заколонного пространства; 4 — водоподъемная колонна (шланг ПНД); 5 — воздушные трубы (шланг ПНД); 6 — фильтр; 7 — отстойник; 8, 9 — верхняя и нижняя отсекающие осваиваемый интервал фильтра эластичные (резиновые) манжеты; 10 — перфорированный интервал водоподъемной трубы; 11 — оголовник. А — кровля продуктивного горизонта (верхняя граница фильтра); Б — верхняя граница осваиваемого интервала фильтра; В — подошва продуктивного горизонта (нижняя граница осваиваемого интервала фильтра).

зических исследований (ГИС) в эксплуатационную колонну спускаются водоподъемные трубы 4 (шланг ПНД диаметром 50—63 мм) с размещенным в них воздушными трубами 5 (шланг ПНД диаметром 16—25 мм). Длина водоподъемных труб должна соответствовать глубине сооружаемой скважины, длина воздушных труб определяется гидрогеологическими условиями конкретного месторождения (статический уровень пластовых вод, интервал залегания продуктивного горизонта и т. д.). В нижней части водоподъемных труб выполнена перфорация, интервал которой составляет 300—500 мм, при этом в торце труб также имеется отверстие диаметром до 5 мм для удаления песка из отстойника. На границах интервала перфорации на водоподъемных трубах размещены отсекающие осваиваемый интервал фильтра эластичные манжеты 8, 9. Через водоподъемные трубы до начала поинтервальной эрлифтной прокачки возможно выполнение промывки зафильтрового и внутрифильтрового пространства от глинистого раствора. Сразу после промывки производится поинтервальное освоение фильтра в направлении снизу вверх. Освоение каждого интервала производится до осветления откачиваемой пластовой жидкости. Сооруженная с применением такой технологии освоения скважина позволяет восстановить проницаемость и фильтрационные свойства пород по всей длине фильтра. Способ может быть реализован и для поинтервальной химической обработки ПФЗ, когда растворы реагентов подаются в заданный интервал по водоподъемным трубам, которые, как и манжеты 8, 9 и воздушные трубы выполнены их химстойких материалов. Он также может быть применен для освоения многоярусных фильтров.

Для максимального удаления продуктов кольматации из прифильтровой зоны может быть применен способ зафильтровой промывки с обрушением песков продуктивного горизонта, который показан на рис. 6.

Для реализации способа в состав эксплуатационной колонны между основным фильтром и отстойником включают дополнительный щелевой фильтр длиной 0,5−0,6 м с размером щели 0,35−0,5 мм. Возможно также применение резиновых заколонных муфт [1, стр. 228] После обсадки и выполнения ГИС в колонну спускаются стальные бурильные трубы с размещённым на нижнем их конце пакерующим узлом. Пакерующий элемент размещается между основным и нижним фильтрами. После распакеровки через нижний фильтр производится промывка зафильтрового пространства технической водой. При промывке контролируется давление на буровом насосе. Промывка

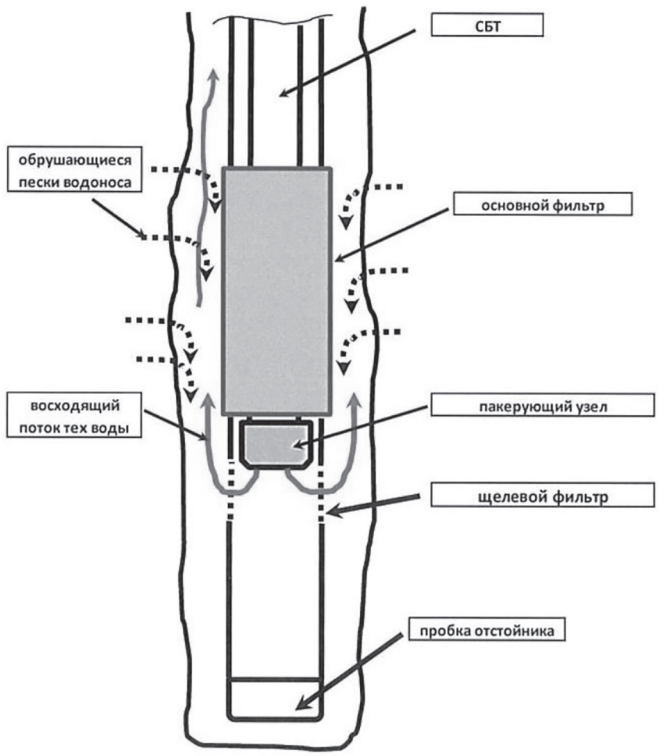


Рис. 6. Способ раскольматации продуктивного горизонта обрушением слагающих пород

производится до удаления глинистого раствора и глинистой корки со стенок скважины. После обрушения пород (песок) продуктивного водоносного горизонта фиксируется рост давления на буровом насосе и прекращается выход на поверхность воды. Далее бурильные трубы с пакером извлекаются на поверхность и производится гидроизоляция заколонного пространства с дальнейшей эрлифтной прокачкой скважины.

Способ имеет ограничения по применению: обязательно наличие верхнего и нижнего водоупоров продуктивного горизонта; интервал установки основного фильтра должен соответствовать мощности продуктивного горизонта; мощность верхнего над продуктивным горизонтом водоупора должна превышать возможную высоту подъема обрушенного в заколонном пространстве песка. Его можно дополнить поинтервальным освоением ПФЗ.

Приведенные выше способы позволяют максимально устранить кольматацию пород продуктивного горизонта в интервале установки фильтра при применении для вскрытия глинистого раствора любого состава и качества.

Полученные авторами результаты по определению химической стойкости бентогильз показали, что они могут применяться в ограниченных геологическими особенностями месторождений условиях. Эти условия следующие:

— стенки скважины должны быть устойчивы в течение всего времени по спуску эксплуатационной колонны с фильтром на конечную глубину, выполнения ГИС, подтверждающих состояние соединений обсадных труб и точность установки фильтра и резерва времени на извлечении колонны на поверхность в случае возникновения аварийных ситуаций с целостностью колонны;

— в геологическом разрезе на всю глубину должны отсутствовать набухающие и пучащие породы;

— мощность верхнего над продуктивным горизонтом водоупора, в котором устанавливаются бентогильзы, должна обеспечить герметичность контакта «бентогильза — ствол скважины» исходя из того, что градиент прорыва воды по этому контакту составляет не более 0,1 МПа на 1 м бентогильзы (градиент прорыва рабочих растворов не определялся);

— наличие выше продуктивного горизонта одного или нескольких водоносных горизонтов исключают применение бентогильз для гидроизоляции заколонного пространства технологических скважин при добыче урана методом СПВ.

Выводы

1. Высокоэффективная отработка рудных залежей возможна только при вскрытии их скважинами, гарантированно работающими в течение всего срока отработки, с включением в их конструкцию высокоэффективных фильтров, установленных в заданных интервалах, и освоеных с применением способов, позволяющих полностью удалить кольматант из прифильтровой зоны, и с применением материалов для гидроизоляции заколонного пространства, которые не изменяют свои свойства при контакте с рабочими растворами кислот.

2. Глинистый раствор, приготовленный на основе бентонитовых глин, должен быть максимально удален из прифильтровой зоны до ввода технологических скважин в эксплуатацию известными способами, в том числе предлагаемыми в настоящей статье.

3. Применение бентогильз для гидроизоляции заколонного пространства технологических скважин оправдано только в определенных геологических условиях, изложенных в настоящей работе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Геотехнология урана (российский опыт): монография / Под. ред И.Н. Солодова, Е.Н. Камнева. М.:, «КДУ», «Университетская книга», 2017. 576 с.
2. Грикевич Э.А. Гидравлика водозаборных скважин. М., Недра, 1986. 231 с.
3. Гринбаум И.И. Расходометрия гидрогеологических и инженерно-гидрогеологических скважин. М., Недра, 1975. 271 с.
4. Справочник по геотехнологии урана / В.И. Белецкий, Л.К. Богатков, Н.И. Волков и др.; Под ред. Д.И. Скороварова. М.: Энергоатомиздат, 1997. 672 с.: ил.
5. Сушко С.М., Асанов Н.С., Карманов Т.Д., Калиев Б.З. Метод гидроизоляции затрубного пространства при сооружении геотехнологических скважин для подземного выщелачивания подземного горизонта. International Journal Of Experimental Education. 2013. 11. С. 118–122.

REFERENCES

1. *Uranium Geotechnology (Russian experience): monograph. Under.* Ed I.N. Solodova, E.N. Kamneva. M.: KDU, University Book, 2017, 576 p.
2. Grikevich E.A. *Hydraulic water intake wells.* M., Nedra Publ., 1986, 231 p.
3. Greenbaum I.I. *Expendutermsofion of hydrogeological and hydrogeological wells.* M., Nedra Publ, 1975, 271 p.
4. *Reference on uranium geotechnology.* V.I. Beletsky, L.K. Bogatkov, N.I. Volkov, etc.; Under Ed. D.I. Skorovarova. M.: Energoatomizdat, 1997, 672 p.: il.
5. Sushko S.M., Asanov N.S., Karmanov T.D., Kaliyev B.S. The method of waterproofing of the groundwater space in the construction of geotechnological wells for underground leaching of the underground horizon. *International Journal of Experimental Education*, 2013, no. 11, pp. 118–122.