



## ISSUES OF WATER FLOW INSULATION IN OIL AND GAS WELLS AND THEIR SOLUTIONS

Khodjaev Sh. F.

Applicant for the Department of Ecology and Environmental Protection, TSTU,  
shovkat.khodjaev@mail.ru, +998998198968,

Safayev U. A.

Ph.D., Associate Professor, TSTU, Tashkent State Technical University  
usafayev@mail.ru, +998974704411

### Annotation

The article discusses the current state of the oil industry from the environmental point of view. The results of impact analyses on the environment elements at various stages of development of oil and gas objects are given.

The issues of reservoir water produced with oil, and their impact on the ecosystem as a whole are brought up. Ecological aspects of selective isolation in oil wells are widely considered. Modern insulating reagents data, their efficiency, and researches held on the development of water isolating compounds are provided.

**Keywords:** oil, drilling, extraction, recovery, water cut, formation water, soil cover, selective isolation.

### Аннотация

Мақолада нефт ва газ саноатининг ҳозирги кундаги ҳолати, ушбу соҳанинг атроф-муҳитга таъсири нуктаи назаридан таҳлил қилинган. Нефт ва газ объектларини ишга туширишнинг турли босқичлари атроф-муҳит элементларига бўладиган таъсирлар таҳлили келтирилган.

Нефт билан биргаликда қазиб олинadиган қатлам сувлар ва уларни экосистемага кўрсатадиган таъсири масалари кўтарилган. Нефт қазиб олинувчи қудуқларни селектив изоляциялашнинг экологик аспекти атрафлича кўриб чиқилган. Замонавий изоляцияловчи реагентлар, уларнинг самарадорлиги, ҳамда қатлам сувларидан изоляцияловчи қоришмаларни ишлаб чиқиш бўйича олиб борилаётган изланишлар бўйича маълумотлар келтирилган.

### Аннотация

В статье рассматривается современное состояние нефтяной промышленности с точки зрения воздействия на окружающую среду. Приводятся результаты анализов воздействия на элементы природной среды на различных этапах разработки нефтегазовых объектов.

Подняты вопросы пластовых вод, добываемые с нефтью, их влияние на экосистему в целом. Широко рассмотрены экологические аспекты селективной изоляции в нефтедобывающих скважинах. Приведены данные по современным изоляционным



реагентам, их эффективности, а также проводимые в исследований по созданию водоизоляционных составов.

**Калит сўзлар:** нефт, бурғулаш, ишга тушириш, қазиб олиш, сувланганлик, қатлам суви, тупроқ қатлами, селектив изоляциялаш.

**Ключевые слова:** нефть, бурение, разработка, добыча, обводненность, пластовая вода, почвенный покров, селективная изоляция.

**Введение.** Известно, что добыча углеводородного сырья сопровождается огромным ущербом для биосферы, хотя сопутствующие этому виду деятельности негативные процессы не являются неизбежными. Рост добычи углеводородного сырья осуществляется за счет освоения новых месторождений, что значительно увеличивает экологическую опасность данного производства. По оценкам в странах СНГ предприятия топливно-энергетического комплекса, в том числе – по добыче и переработке нефти, несмотря на снижение объемов производства, остаются крупнейшим в промышленности источником загрязнителей окружающей среды. На их долю приходится около 48% выбросов вредных веществ в атмосферу, 27% сброса загрязненных сточных вод, свыше 30% твердых отходов и до 70% общего объема парниковых газов.

Пластовые воды, добываемые с нефтью и образующие с ней дисперсную систему, содержат, как правило, значительное количество растворимых минеральных солей. По химическому составу пластовые воды делят на хлоркальцевые, состоящие в основном из смеси растворов хлорида натрия, магния и кальция, и щелочные. Последние, в свою очередь, можно разделить на хлоридно-щелочные и хлоридно-сульфатщелочные. Своеобразный солевой и микроэлементный состав пластовых минерализованных вод резко изменяет состояние экосистем, приводит к деградации биоценозов, причем скорость трансформации почвенного комплекса много выше, чем при разливах нефти, а самоочищение идет медленнее. Заметная потеря продуктивности загрязненных земель, и быстрая деградация ландшафта определяют необходимость изучения процессов, которые обуславливают их трансформацию. Утрата плодородия почвы вследствие ее засоления и осланцевания, то есть, насыщения почвенного поглощающего комплекса обменным натрием, является основной причиной гибели растений при таком загрязнении [1].

Селективная изоляция пластовых вод даст возможность решить сразу две проблемы – проблемы разработки, т.е. обводнения добывающих скважин и соответственно проблемы поступления на окружающую среду пластовых вод, добываемых вместе с углеводородами.

**Материалы и методы.** В настоящее время в нашей Республике на нефтегазодобывающих скважинах в качестве основного метода ликвидации поступлений пластовой воды в эксплуатационные горизонты используют технологию установки цементного моста при капитальном ремонте скважин.



Данная технология характеризуется следующими недостатками:

- цементный раствор практически не фильтруется в призабойную зону пласта из-за специфических реологических свойств цементной суспензии, что не позволяет получить достаточно протяженный изоляционный экран по радиусу дренирования скважин;

- сроки застывания цемента достаточно продолжительны, при взаимодействии с пластовой водой цементный камень получается низкого качества из-за изменения водоцементного соотношения и наличия кальция и ионов магния в пластовой воде.

Изучив зарубежных методов и технологий авторами была поставлена задача создать на композиционные составы для селективной изоляции пластовых вод на основе местных сырьевых ресурсов, но при этом не уступающим зарубежным аналогам по технологическим показателям.

В связи с вышесказанным, авторами выполнялись экспериментальные работы, связанные с поиском рецептур таких тампонажных материалов, которые имели бы как можно меньше давления при продавке их в призабойную зону пласта.

Для проведения лабораторных экспериментальных работ были изучены материалы по анализу химических составов пластовых вод, т.к. химический состав и физические свойства пластовых вод имеют огромное значение при разработке рецептур композиций для водоизоляции. Эти параметры оказывают существенное влияние на процессы комплексообразования полимерных составляющих раствора и структурообразования полимер-минеральной композиции в пласте.

В таблице 1 приводятся усредненные значения химических элементов в составе пластовых вод нефтегазовых скважин [2].

Таблица 1. Усредненные показатели анализа пластовых вод

Режим	I	II	III
Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup>	31765,3	31967,7	31588,2
Ca <sup>2+</sup>	2816,9	2725	2725
Mg <sup>2+</sup>	626,2	627,5	682,2
Cl <sup>-</sup>	55447,5	55614,3	55170,6
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	274,5	341,6	347,7
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	0	0	0
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	326,4	254,4	273,6
Суммарная минерализация	91256,8	91530,5	90787,3
CO <sub>2</sub>	118,8	70,4	70,4
Fe <sup>2+</sup>	11,2	11,2	Отс
Fe <sup>3+</sup>	Отс	Отс	Отс
Плотность	1,068	1,068	1,067
pH	6,65	6,95	6,95
Тип воды по Сулину	Хлоридно-кальциевый	Хлоридно-кальциевый	Хлоридно-кальциевый

Лабораторным исследованиям были подвергнуты следующие химические реагенты, имеющиеся у нас в Республике, которые дали ожидаемые результаты в других нефтяных районах России и зарубежьем:



- нефтцементные растворы;
- соляная кислота;
- нефть;
- полимерный комплекс ПСК;
- глино-порошок, Навбахарский бентонит и гидрослюдистая глина Шорсу;
- жидкое стекло;
- кальцинированная сода;
- натриевые и кальциевые щелочи.

В результате проведенных экспериментальных работ был разработан специальный композиционный состав для изоляции водопритоков в нефтегазовых скважинах.

Изоляционный композиционный раствор приготовлен на основе местного материала - Навбахорской бентонитовой глины с использованием полимерных структурообразователей, составы которых представлены в таблице 2.

Полимерные комплексы ПСК-1 и ПСК-2 приготовлены на основе карбоксиметилцеллюлозы (КМЦ) с добавлением в качестве второй полимерной части - солянокислой полимерной соли диметиламиноэтилметакрилата (ПСДС) и полимерной соли диметиламиноэтилметакрилата с аллиловым эфиром хлоруксусной кислоты [3,4]. При этом соотношения КМЦ и полимерной соли составляет в пределах 10:1.

Таблица 2. Основные ингредиенты изоляционного раствора

№	Наименование компонента	Содержание компонента, в %	
		нижний предел	верхний предел
1	Кальцинированная сода	0,1	0,5
2	Полимерный комплекс ПСК-1	-	3,0
3	Полимерный комплекс ПСК-2	0,5	-
4	Нефть плотностью не более $\gamma = 0,9 \text{ г/см}^3$	45	55
5	Бентонитовый порошок	8	12
6	Порошковый графит	1	4
7	Вода	остальное	

**Результаты и обсуждения.** В результате предварительных исследований выявлен оптимальный состав изоляционного раствора с применением ПСК-1. Приготовление опытного образца для испытания осуществляли следующим образом:

- измерили 100 мл пластовой воды и налили ее в емкость объемом 500см<sup>3</sup>.
- поставили емкость под мешалку (с высоким усилием сдвига при скорости 8500 ± 1000 об/мин), в зависимости от степени минерализованности пластовой воды добавили до 0,3 об. % кальцинированной соды.
- продолжая перемешивание, медленно добавили полимерный комплекс ПСК в объеме 2 % и перемешивали (не менее 15 минут) до растворения полимерного комплекса и образования однородной жидкости.
- добавили бентонитовый порошок до 10 об. % и перемешивали в течении 10 минут. В однородную текучую массу добавили порошковый графит до 3 об. %, нефть плотностью не более 0,9 г/см<sup>3</sup> в объеме до 50 % и перемешивали в течение 30 мин.



Для определения селективности раствор был подвергнут реакции с минерализованной пластовой водой и нефтью.

Испытательные работы проводились по той же методике, которые имеют место в производственных условиях непосредственно в скважине:

1. На гладкую поверхность стекла или мрамора, наносится слой раствора для изоляции пластовых вод;
2. На слой раствора наносится слой минерализованной пластовой воды. При этом визуально определяется, как протекает реакция, заключающаяся в нейтрализации катионов солей кальция и магния.
3. На гладкую поверхность второго стекла или мрамора, также наносится слой раствора для изоляции пластовых вод;
4. На слой раствора наносится слой нефти. При этом визуально определяется как протекает реакция.

Результаты испытаний приведены на таблице 3.

**Таблица 3. Физико-химические и технические характеристики изоляционного раствора**

№	Наименование подвергнутого к реакции вещества	Результаты испытаний
1	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	1,10-1,16
2	Условная вязкость, с	90-100
3	Водоотдача, см <sup>3</sup> /30 мин	2-3
4	pH	8-9
5	Цвет	коричневый
<b>Взаимодействие с пластовыми флюидами:</b>		
1	Нефть	н/вз
2	Вода	гель
3	Газ	н/вз

Примечание: н/вз. - не взаимодействует с пластовым флюидом; гель – происходит гелеобразование.

На основании проведенных испытаний раствор, полученный на основе местных сырьевых материалов с использованием полимерного комплекса ПСК, можно рекомендовать для селективной изоляции пластовых вод в нефтегазовых скважинах.

При планировании ремонтно-изоляционных работ следует учитывать, что значительное влияние на выбор типа изоляционного состава и его компонентов оказывают размеры каналов в скважине, в которые производится закачка. Анализ конкретных скважинных условий, а также дисперсной фазы суспензий позволит осуществить правильный выбор изоляционного состава, его проникающей и кольматирующей способности. Поэтому следует учитывать размеры частиц основных компонентов изоляционных составов, которые приведены в таблице 4, а данные о размерах флюидопроводящих каналов в породах приведены в таблице 5.



**Таблица 4. Сведения о размерах частиц дисперсной фазы в изоляционных составах для ремонтно-изоляционных работ**

№	Название материала	Размер частиц, мм
1	Электролиты, ПАВы, ионно- и молекулярно-дисперсионные растворы	$(0,3 - 1,0) \cdot 10^{-6}$
2	Олигомерные кремнийорганические соединения, полимеры с низкой молекулярной массой в разбавленных растворах, растворы силиката натрия	$(1 - 5) \cdot 10^{-6}$
3	Пирогенные кремнеземы (аэросилы), в т.ч. в золях, мицеллярные растворы ПАВ	$(5 - 40) \cdot 10^{-6}$
4	Высокомолекулярные полимеры с большой молекулярной массой в концентрированных растворах (полиакрилаты)	$(0,1 - 1) \cdot 10^{-6}$
5	Латексы	$(1 - 5) \cdot 10^{-6}$
6	Гелеобразующие полимеры	$(1 - 5) \cdot 10^{-6}$
7	Смолы в исходном состоянии	$(0,01 - 10) \cdot 10^{-3}$
8	Цементы	$(0,1 - 10) \cdot 10^{-3}$
9	Природные и техногенные наполнители	$(10 - 80) \cdot 10^{-3}$

**Таблица 5. Средние значения медианного диаметра фильтрующих поровых каналов (D) и структурного коэффициента эффективного порового пространства (S) терригенных и карбонатных пород-коллекторов в зависимости от проницаемости K**

Параметры пористой среды	Проницаемость пород K, 10 – 15м <sup>2</sup> (мД)				
	1 – 10	10 - 100	100-500	500-1000	более
<b>Терригенные породы</b>					
D, мкм	< 5	5 - 11	11- 20	20 - 26	≥ 26
S <sub>к</sub>	< 0,4	0,4 - 1,6	1,6 – 4,1	4,1 – 6,0	≥ 6
<b>Карбонатные породы</b>					
D, мкм	< 6,5	6,5 – 12,0	12 - 22	22 - 30	≥ 30
S <sub>к</sub>	< 0,8	0,8 – 1,9	1,9 – 4,5	4,5 – 6,2	≥ 6,2

Примечание:  $S_k = D \cdot m_e$ , где  $m_e$  – эффективная пористости пород.

Приоритетным фактором для выбора технологии как неоднократно говорили, является характер обводнения скважин. По данному фактору РИР можно разделить на следующие виды:

- ликвидация заколонных перетоков как с выше-, так и с нижележащих водоносных пластов;
- ограничение притока подошвенных вод (залежи с подстилающими подошвенными водами);
- ликвидация прорыва пластовых и нагнетаемых вод по наиболее проницаемым прослоям внутри нефтяной толщи;
- повышение нефтеотдачи продуктивных пластов за счет выравнивания профиля приемистости в нагнетательных скважинах;
- водоизоляционные работы, проводимые в добывающих и нагнетательных скважинах одновременно;



- отключение отдельных пластов (необходимость проведения данного вида РИР возникает в скважинах, одновременно эксплуатирующих несколько пластов);
- ликвидация нарушений обсадных колонн;
- перевод скважин на нижние пласты/горизонты, временная консервация и ликвидация скважины (осуществляется с действующим положением о порядке перевода скважин на другие горизонты, временной консервации и ликвидации скважин).

Кроме того, на выбор технологии РИР влияют следующие факторы:

особенности геологического строения месторождения, пласта, собственно объекта воздействия;

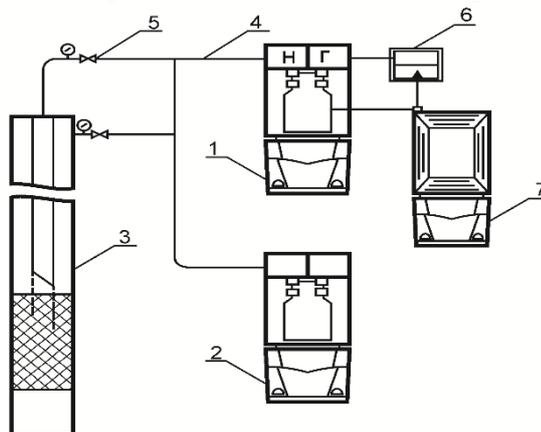
геолого-промысловые характеристики месторождения, пласта, условия разработки и т.д.;

конструкция скважины, ее техническое состояние, имеющееся подземное и наземное оборудование и др.

С учетом указанных факторов разрабатывается собственно технология проведения РИР и подбирается наиболее подходящая к ним рецептура изоляционной композиции.

Практика применения изоляционных составов показала, что в каждом конкретном случае, вне зависимости от выбранного изолирующей композиции необходимо использовать различные технологические приемы обработки, это обусловлено характером притока пластовой воды, ее составом, а также другими показателями обводненных скважин.

На рисунке показана принципиальная схема обвязки оборудования при изоляции водопритоков в нефтегазовых скважинах. Для месторождений данная схема является как бы универсальной, так как ее используют и при капитальном ремонте скважин (цементаж нарушений колонны) и при водоизоляционных работах.



**Рисунок. Принципиальная схема обвязки оборудования при изоляции водопритоков в нефтегазовых скважинах:**

- 1 – ЦА-320М; 2 – ЦА-320М с продавочной жидкостью;
- 3 – обрабатываемая скважина; 4 – нагнетательные линии;
- 5 – задвижки; 6 – чанок; 7 – СМН-20; Н – нефть, Г – ГТМ-3

**Заключения и предложения.** Таким образом, если ориентироваться на обоснование необходимости и установление вида РИР без уточнения метода и технологии их



проведения, то задачу можно решить, базируясь на сведениях банка данных, созданных для подсчета запасов и анализа разработки месторождений.

Надо отметить, что для окончательного принятия решения о применимости той или иной рецептуры и технологии изоляции водопритоков, нужно более детально исследовать характеристики и параметры каждой скважины, и индивидуально подбирать рецептуру и технологию.

Промышленно-технологические параметры будут определены после приготовления укрупненного объема исследованного раствора, и расширенного испытания в промышленных условиях.

Надо отметить, что у разработанной новой композиции время начала реакции с пластовой водой составляет – 20 мин, этого времени достаточно для закачки в пласт изолирующей композиции в полном объеме. При этом имеется возможность, в зависимости от геологических параметров пласта, а также технологических параметров скважины, где предусмотрены водоизоляционные работы можно регулировать время реагирования с пластовой водой за счет концентрации полимерного комплекса ПСК.

#### **Использованная литература:**

1. Ушивцева Л.Ф., Смирнова Т.С. Гидрогеология нефти и газа//Астрахань, Издательский дом «Астраханский университет», 2009, -с. 133.
2. Большая электронная энциклопедия нефти газа. Химический состав - пластовая вода.
3. Сафаев У.А., Ибрагимов А.А., Валиев М.А., Ходжаев Ш.Ф. Изучение процесса образования интерполимерных комплексов с участием природных высокомолекулярных соединений//Конференция молодых ученых «Актуальные проблемы химии природных соединений» посвященной памяти академика С.Ю. Юнусова. АН РУз, Ташкент, 12 марта 2015, -с.192.
4. Сафаев У.А., Ходжаев Ш.Ф., Абдураимов Б.М., Сафаев Ф.У. Синтез и исследование полимеризации мономерных четвертичных солей на основе N,N-диметиламиноэтилметакрилата и эфиров хлоруксусной кислоты// Ташкент, Вестник ТашГТУ, 2013, № 2, -с. 142-146.
5. Демахин С.А., Демахин А.Г. Селективные методы изоляции водопритока в нефтяные скважины. Саратов: Изд-во ГосУНЦ «Колледж», 2003. -164 с. ISBN 5-94409-029-4.
6. Спутник нефтегазопромыслового геолога: Справочник/ Под ред. И.П. Чоловского. – М.: Недра, 1989. -376 с.
7. Персиянцев М.Н. Добыча нефти в осложненных условиях. - М.: Недра, 2000. -653 с. ISBN 5-94920-023-3.
8. Ибрагимов Л.Х., Мищенко И.Т., Челоянц Д.К. Интенсификация добычи нефти. – М.: Наука, 2000. -414 с.
9. Блажевич В.А. и др. Ремонтно-изоляционные работы при эксплуатации нефтяных месторождений. - М.: Недра, 1981. -232 с.



10. Блажевич В.А., Умрихина Е.Н. Новые методы ограничения притока воды в нефтяные скважины. - М: Недра, 1981. -168 с.
11. Газизов А.Ш., Газизов А.А. Повышение эффективности разработки нефтяных месторождений на основе ограничения движения вод в пластах. – М: ООО «Недра-Бизнесцентр», 1999. -285 с.
12. Газизов А.Ш., Газизов А.А., Смирнов С.Р. Повышение эффективности разработки нефтяных месторождений на основе ограничения непроизводительной фильтрации закачиваемых и пластовых вод по промытым зонам пласта. // Нефтепромысловое дело. – 2000. - № 7. – с. 2-10.
13. Булгаков Р.Т., Газизов А.Ш., Габдуллин Р.Г. Ограничение притока пластовых вод в нефтяные скважины //– М.: Недра, 1976. -175 с.
14. Рябоконт С.А., Усов С.В., Шумилов В.А., Вагнер Г.Р., Уметбаев В.Г. Выбор технологии и тампонажных материалов при проведении ремонтно-изоляционных работ в скважинах //Нефтяное хозяйство, 1989. -№4. -с. 47-53.
15. Safaev U.A., Khodjaev Sh.F., Isanova R. R., Abdullaev D. Kh. Possibilities of isolation of water inflows in oil and gas wells with use local raw materials resource. European Applied Sciences. Germany, Stuttgart. 2018, -№3. p.9-12.