

МИНИСТЕРСТВО НЕФТЯНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ  
ВНИИСПТнефть

МЕТОДИКА  
КОНТРОЛЯ ЗАРАЖЕННОСТИ  
СУЛЬФАТВОССТАНАВЛИВАЮЩИМИ БАКТЕРИЯМИ,  
ЗАКАЧИВАЕМЫХ В ПРОДУКТИВНЫЕ ПЛАСТЫ ВОД  
И ДОБЫВАЕМОЙ ПРОДУКЦИИ  
РД 39-1-163-79

Уфа - 1979

Министерство нефтяной промышленности  
ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПО СБОРУ,  
ПОДГОТОВКЕ И ТРАНСПОРТУ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ  
"ВНИИСПНефть"

МЕТОДИКА  
КОНТРОЛЯ ЗАРАЖЕННОСТИ СУЛЬФАТВОССТАНАВЛИВАЮЩИМИ  
БАКТЕРИЯМИ, ЗАКАЧИВАЕМЫХ В ПРОДУКТИВНЫЕ ПЛАСТЫ  
БОД И ДОБЫВАЕМОЙ ПРОДУКЦИИ

РД 39 - I - 163 - 79

В настоящей методике отражены вопросы контроля зараженности нефтяных пластов сульфатвосстанавливающими бактериями и сероводородом и указаны методы их определения. Даны условия, которым должны отвечать магнетательные и эксплуатационные скважины, выбранные для контроля, способы отбора проб воды, нефти и газа и методы их анализа.

Методика разработана с учетом замечаний и предложений институтов : ТатНИПнефть, СибНИПнефть, БашНИПнефть.

Методика составлена в лаборатории защиты нефтепромыслового оборудования и магистральных трубопроводов от коррозии ВНИИСПнефть старшими научными сотрудниками Липович Р.Н., Кильпибековым И.Г. и к.т.н. Асфандияровым Ф.А.

## РУКОВОДЯЩИЙ ДОКУМЕНТ

---

### МЕТОДИКА КОНТРОЛЯ ЗАРАЖЕННОСТИ СУЛЬФАТВОССТАНАВЛИВАЮЩИМИ БАКТЕРИЯМИ, ЗАКАЧИВАЕМЫХ В ПРОДУКТИВНЫЕ ПЛАСТЫ ВОД И ДОБЫВАЕМОЙ ПРОДУКЦИИ

РД 39-1-163-79

---

Приказом Министерства нефтяной промышленности № 287  
от 29.05.79

Срок введения установлен с 01.10.79

Данный документ устанавливает методы контроля и обнаружения сульфатовосстанавливающих бактерий в нефтяных пластах и источниках водоснабжения, используемых для заводнения нефтяных месторождений.

Методика предназначена для использования в научно-исследовательских и производственных организациях, занимающихся вопросами контроля и оценки зараженности нефтяных месторождений сульфатовосстанавливающими бактериями и сероводородом.

#### 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Заводнение нефтяных пластов поверхностными водами, применяемое с целью поддержания пластового давления и интенсификации добычи нефти, сопровождается на ряде месторождений страны появлением сероводорода в добываемой продукции.

Установлено, что причиной образования сероводорода в продуктивных пластах является деятельность сульфатовосстанавливающих бактерий (СВБ), превращающих сульфаты в сероводород.

СВБ заносятся в пласт вместе с нагнетаемой водой и особенно интенсивно развиваются в призабойной зоне нагнетательных скважин, где складываются наиболее благоприятные условия для формирования биоценоза. Продвигаясь с закачиваемой водой по пласту, образующийся сероводород попадает в добываемую продукцию, что приводит к значительному ухудшению качества нефти и газа, осложняет их переработку, затрудняет эксплуатацию месторождения, резко усиливает коррозию нефтепромыслового оборудования. Увеличивается опасность загрязнения окружающей среды в результате аварий, приводящих к неконтролируемому разливу нефти и соленой воды.

Активная деятельность СВБ сопровождается резким увеличением количества жизнеспособных форм бактерий, изменением физико-химического состава воды: появляется и растет во времени содержание сероводорода, снижается количество сульфат-ионов. С течением времени могут измениться и другие показатели — pH, окислительно-восстановительный потенциал  $Eh$  и т.д.

Для предотвращения развития СВБ в продуктивных пластах, своевременного обнаружения зараженности призабойной зоны нагнетательных скважин, где создаются условия наиболее благоприятные для деятельности СВБ, необходимо осуществлять постоянный микробиологический и химический контроль закачиваемых в пласт вод и добываемой продукции.

Активность процесса сульфатредукции носит сезонный характер, что определяет периодичность контроля.

## 2. КОНТРОЛЬ ИСТОЧНИКОВ ВОДОСНАБЖЕНИЯ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ ЗАВОДНЕНИЯ НЕЖАТЫХ ПЛАСТОВ

2.1. Отбор проб воды для микробиологического и химического анализа производится на водозаборах из всех, используемых на данном месторождении источников водоснабжения (речные, озерные, морские, подземные, сточные воды).

2.2. Периодичность отбора проб - 4 раза в год (зимой, весной, летом, осенью).

2.3. В воде определяют: температуру, наличие и количественное содержание сульфатовосстанавливающих бактерий (СВВ), сероводорода -  $H_2S$ , сульфатов -  $SO_4^{2-}$  - это основные показатели.

Кроме того, один раз в год проводят полный химический анализ каждого водоисточника, определяя: pH, окислительно-восстановительный потенциал, содержание ионов хлора -  $Cl^-$ , гидрокарбонатов -  $HCO_3^-$ , кальция -  $Ca^{++}$ , магния -  $Mg^{++}$ , железа - Fe.

2.3.1. Отбор проб воды, их консервирование для проведения химических анализов производится по общеизвестным методам.

2.3.2. Для предотвращения поглощения сульфатов сульфатовосстанавливающими бактериями пробу, предназначенную для анализа сульфатов, консервируют подкислением 10% HCl до pH не *более* 4 и непосредственно перед определением фильтруют через бумажный фильтр.

2.4. Обнаружение СВВ. Для выявления зараженности источников заводнения СВВ необходимо приготовить специальную питательную среду, оборудование, отобрать пробы и оценить зараженность по содержанию жизнеспособных клеток и количеству образ-

вавшегося сероводорода.

#### 2.4.I. Приготовление питательной среды

Для приготовления питательной среды необходимо следующее оборудование и реактивы:

Оборудование:

- автоклав АГ-I или АВ-I
- термостат суховоздушный
- микроскоп МБИ-I, МБФ-I (или другой марки, обеспечивающий увеличение не менее 1500)

- сушильный шкаф

- стерилизатор

- шприцы медицинские на 1-2 мл

- колбы, емкостью 1; 0,5; 0,1 л

- пипетки разные

- пробирки

- пробки резиновые

- предметные стекла

- покрывные стекла

- бутылочки пенициллиновые с плоскими резиновыми пробками.

Реактивы, необходимые для приготовления 1 литра питательной среды:

- калий фосфорнокислый однозамещенный ( $KH_2PO_4$ ) - 0,5 г;

- аммоний хлористый ( $NH_4Cl$ ) - 1,0 г;

- натрий сернокислый ( $Na_2SO_4$ ) - 4,0 г;

- кальций хлористый ( $CaCl_2 \cdot 6H_2O$ ) - 0,06 г;

- магний сернокислый ( $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ ) - 0,06 г;

- натрий молочнокислый ( $C_3H_5O_3Na$ ) - 6,0 г;

- натрий хлористый ( $NaCl$ ) - 5,0 г;

- натрий лимоннокислый ( $C_6H_5O_7Na_3 \cdot 5,5H_2O$ ) - 0,3 г;
- добавки (добавляют перед употреблением);
- железо серноокислое закисное ( $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ ) - 0,1 г;  
(готовится в виде 5% раствора в 2%  $HCl$ );
- дрожжевой экстракт (готовят в 50 мл. воды) - 1-2 г;
- натрий двууглекислый ( $NaHCO_3$ ) 1% водный раствор;
- соляная кислота - 1% раствор;
- аскорбиновая кислота 0,1 г в виде 1% водного раствора;
- агар-агар - 0,08 г.

Все реактивы, кроме добавок, растворяют в 1 литре водопроводной воды. Добавки готовят отдельно и приливают перед употреблением. Питательную среду и добавки стерилизуют отдельно.

#### 2.4.2. Стерилизация питательных сред и посуды

- Подготовка посуды к стерилизации: посуда перед стерилизацией должна быть тщательно вымыта и завернута в бумагу для сохранения стерильности после прогревания. Колбы и пробирки закрывают ватными пробками, обернутыми в марлю. Пипетка подготавливают следующим образом - в концы пипеток вставляют ватные тампоны и заворачивают в длинные полоски бумаги шириной 4-5 см, резиновые пробки заворачивают в бумагу.

Пенициллиновые бутылочки моют водой и выдерживают сутки в хромовой смеси (10 частей серной кислоты, 1 часть двуххромовокислого калия), затем тщательно промывают водой. Плоские резиновые пробки моют горячей водой с добавкой соды.

Предметные стекла моют хромовой смесью, промывают водой, высушивают и хранят под слоем этилового спирта.

- стерилизация посуды производится горячим воздухом в сушильном шкафу при 165-170°C в течение 2-х часов.

- стерилизация питательных сред, добавок и других жидкостей



тей производится нагреванием насыщенным водяным паром при давлении выше атмосферного в специально предназначенных для этого автоклавах<sup>х)</sup>. Среда наливает не выше, чем на половину высоты сосуда и закрывают ватными пробками. Стерилизацию проводят при 1 атм, температура 120-121°C, время - 30 минут. Резиновые пробки стерилизуют в автоклаве.

При отсутствии автоклава можно осуществлять стерилизацию сред обработкой паром (дробная стерилизация). Для этого используют металлический сосуд цилиндрической формы с крышкой. Внутри сосуда находится сетчатая подставка на ножках, куда помещают стерилизуемый материал. На дно сосуда наливают воду так, чтобы уровень ее не доходил до дна подставки. Сосуд закрывают крышкой с отверстием для выхода пара и нагревают на электроплитке. Обработку проводят 3 раза по 30-40 минут. В промежутках между нагреванием среды помещают на сутки в термостат при температуре 30-35°C. Этот метод требует большой затраты времени (3 суток).

#### 2.4.3. Составление питательной среды.

После стерилизации всех жидкостей к раствору реактивов приливают 10% стерилизованной пластовой воды, смесь нагревают до кипения и быстро охлаждают под струей холодной воды - для удаления кислорода. Затем приливают добавки-дрожжевой экстракт, раствор сернокислого железа, аскорбиновую кислоту и устанавливают рН до 7-7,5, добавляя по каплям стерильный раствор

---

х) Установка автоклава и работа с ним производится при строгом и точном выполнении правил, указанных в прилагаемой к аппарату инструкции. К работе допускаются только подготовленные лица. Периодический контроль за автоклавом осуществляется котлонадзором.

$\text{NaHCO}_3$  и (если нужно) 1% раствор  $\text{HCl}$ . Величину pH проверяют по универсальной индикаторной бумаге.

Все манипуляции производятся над пламенем горелки (спиртовки, газовой горелки). Горлышки колб, пробки, концы пипеток обжигают в пламени.

#### 2.4.4. Отбор проб

Подготовленной питательной средой заполняют пенициллиновые бутылочки, оставляя минимальное количество воздуха, закрывают плоскими резиновыми пробками, заворачивают горлышко пробкой полиэтиленовой пленкой и закрепляют резинкой.

Все процедуры производят у пламени горелки, бутылочки маркируются. (Флаконы с питательной средой могут быть подготовлены в специализированном предприятии).

Воду из емкостей (резервуары, отстойники) отбирают из бооотборного крана шприцем из струи. Пробку пенициллиновой бутылочки, закрытую полиэтиленовой пленкой, протирают спиртом, впрыскивают через пробку 1 мл исследуемой воды и тщательно перемешивают.

При отборе проб из эксплуатационных скважин, магистральных нефтепроводов или других систем, где вода не отделяется в виде свободной фазы, эмульсию наливают в стерильную делительную воронку, приливают несколько капель 1% раствора дезэмульгатора (типа дисольвана), перемешивают и оставляют до отделения водного слоя. Сливают воду в стерильный сосуд, быстро отбирают шприцем 1 мл пробы и вышеуказанным *способом* вводят в бутылочку с питательной средой.

С каждой точки отбирают 3-4 пробы.

Для проведения лабораторных исследований воду отбирают в стерилизованные бутылки, заполняя их полностью, тщательно

закрывают резиновой пробкой без пузырька воздуха.

#### 2.4.5. Обнаружение СББ

Бутылочки с питательной средой сразу же после отбора пробы помещают в термостат при температуре 30-35°C и выдерживают 15 дней. В случае выделения СББ из среды обитания, отличающихся более высокой температурой (40-55°C), пробы следуют выдерживать в соответствующих условиях.

Для контроля стерильности в каждом случае термостатируют в тех же условиях 2-3 бутылочки с питательной средой без добавки исследуемой воды.

Присутствие СББ в исследуемых водах отмечают по следующим показателям:

- появление темного осадка на дне бутылочки;
- образование сероводорода;
- наличие живых форм СББ;
- появление темного осадка - сульфида железа при взаимодействии сероводорода, образующегося в результате жизнедеятельности СББ, с солями железа, содержащимися в питательной среде, характеризует скорость развития СББ. Эта скорость оценивается во времени "индексом активности".

При почернении пробы на 1 сутки "индекс активности" принимают за 100 единиц, за 2 суток - 50 единиц и т.д.

- образование сероводорода. Оценивается количественно после 15 дневной выдержки. Для этого содержимое бутылочки быстро переносят в колбу, куда предварительно добавлено определенное количество титрованного раствора йода, приливают 1-2 мл 10% соляной кислоты, перемешивают и выдерживают 5 минут. Избыток йода титруют раствором тиосульфата до светло-желтой окраски. Прибавляют крахмал и дотитровывают до обесцвечивания.

Одновременно, таким же образом, определяют объем раствора тиосульфата, расходуемый на контрольную пробу, в которой нет развития СББ (содержимое бутылочки, выдержанной в холодильнике или с добавкой бактерицида), количество образовавшегося сероводорода рассчитывают по формуле:

$$\text{H}_2\text{S мг/л} = \frac{(a-b)K \cdot N \cdot 17 \cdot 1000}{V} \quad (1)$$

где  $a$  - объем раствора тиосульфата, расходуемого на титрование контрольной пробы, мл;

$b$  - объем раствора тиосульфата, израсходованный на титрование избытка йода, мл;

$K$  - поправочный коэффициент раствора тиосульфата;

$N$  - нормальность раствора тиосульфата;

17 - эквивалентный вес  $\text{H}_2\text{S}$  ;

$V$  - объем пробы (содержимое бутылочки), мл.

Наличие живых форм СББ

Определяется микроскопированием пробы, взятой после образования темного осадка в бутылочке с питательной средой. На тщательно вымытое сухое предметное стекло наносят каплю пробы, взятую шприцем из бутылочки. Каплю прижимают покровным стеклом так, чтобы избыток жидкости не выступал из-под краев. Приготовленный препарат "раздавленная капля" помещают на предметный столик микроскопа. На середину покровного стекла наносят каплю иммерсионного масла и рассматривают препарат через иммерсионный объектив при увеличении не менее 1500-1600. СББ - быстро движущиеся в различных направлениях изогнутые спиралевидные

микроорганизмы или неподвижные веретенообразные клетки.

#### 2.4.6. Определение количества клеток СББ

Разведение и посев. Отбирают 1 мл анализируемой воды стерильным шприцем и вводят в 1-ю бутылочку с питательной средой. Перемешивают и новым стерильным шприцем отбирают из этой бутылочки 1 мл и вводят во 2-ю бутылочку с питательной средой - это разведение 1:10. Таким же образом готовят и последующие разведения 1:100; 1:1000; 1:10000 и т.д. Все бутылочки термостатируют при 32-35°C и наблюдают ~~до~~ 15 суток. Появление темного осадка свидетельствует о наличии СББ в данном разведении.

Подсчет количества клеток СББ. Зараженность выражают обычно количеством клеток микроорганизмов в 1 мл исходной воды (единицы, десятки, сотни и т.д.).

Подсчет количества клеток СББ в исследуемой воде производится с учетом разбавления по формуле:

$$M = \frac{10(p-1)}{y}, \quad (2)$$

где: M - количество клеток СББ в исследуемой воде;

p - порядковый номер последней бутылочки, где отмечен рост СББ;

y - объем пробы воды, взятой для определения, мл.

### 3. КОНТРОЛЬ ПРИЗАБОЙНОЙ ЗОНЫ НАГНЕТАТЕЛЬНЫХ СКВАЖИН

3.1. Количество контрольных нагнетательных скважин: по 2 для каждого ряда.

3.2. Периодичность исследований - 3 раза в год (весной,

летом, осенью).

3.3. Нагнетательные скважины, выбранные для контрольных замеров, должны соответствовать следующим требованиям:

- находиться в зоне, где наблюдается наиболее интенсивная коррозия нефтепромыслового оборудования и коммуникаций;
- располагаться в зоне площадного или внутриконтурного заводнения;
- иметь избыточное буферное давление на устье при остановке скважины - не менее 50 ат; продолжительность закачки воды не менее 2 лет;
- иметь достаточно высокую приемистость (не менее 300 м3 сутки);
- схема обвязки и подсоединения скважины к кустовой насосной станции (КНС) должна позволять проводить исследования без опасности загрязнения окружающей среды.

Для этого в линию нагнетания до отсекающей задвижки устанавливают задвижку с патрубком, куда подключают агрегат АН-700, с помощью которого изливаемая из скважины вода, предварительно собранная в емкость, откачивается на распределительную гребенку КНС:

- устье скважины должно быть оборудовано пробосборным краном и счетчиком - водомером типа "Турбоквант".

3.4. Для отбора проб скважин останавливают и пускают на излив.

3.4.1. Расчет общего количества дренируемой воды производят по формуле:

$$Q = y_{\text{кол}} + y^I \quad (3)$$

$$y_{\text{кол}} = 0,785 D^2 L \quad (4)$$

- где  $U_{\text{кол}}$  - объем эксплуатационной колонны или НКТ, м<sup>3</sup>;  
 $U^I$  - объем жидкости, при котором наблюдается максимальное содержание  $H_2S$  в контрольной пробе, м<sup>3</sup>;  
 $D$  - внутренний диаметр эксплуатационной колонны или НКТ, м;  
 $L$  - глубина залегания кровли продуктивного пласта, м.

3.4.2. В процессе излива замеряют дебит и периодически отбирают пробы для микробиологического и химического анализа с интервалом 20-30 м<sup>3</sup> изливаемой воды.

В пробах воды определяют: содержание СВБ и химический состав по п.2.3 и 2.4 настоящей методики.

#### 4. КОНТРОЛЬ ПЛАСТОВЫХ ВОД И ГАЗА

4.1. Пробы для контроля пластовых вод отбирают из эксплуатационных скважин.

4.1.1. Количество скважин по 2, расположенных в первом ряду от каждого нагнетательного ряда.

Примечание. В случае обнаружения СВБ и сероводорода в контрольных эксплуатационных скважинах необходимо провести дополнительное обследование 2-х скважин последующего ряда.

4.1.2. Эксплуатационные скважины, выбранные для контроля должны соответствовать следующим требованиям:

- гидродинамически быть связанными с контролируемыми нагнетательными скважинами;

- обводненность добываемой продукции должна быть не менее 60-70%.

4.2. Отбор проб, их консервирование, химический и микро-

биологический анализ производится в соответствии с п.п.2.3, 2.3.1, 2.3.2, 2.4.

4.2.1. Периодичность отбора проб - 4 раза в год.

4.3. Пробы попутного газа отбирают для качественного и количественного определения содержания сероводорода по ГОСТ 11382-76.

4.3.1. Отбор проб газа для анализа производится на групповых установках.

4.2.2. Периодичность отбора газа 2 раза в год (зимой, летом).

## 5. КОНТРОЛЬ НЕФТЕПРОМЫСЛОВЫХ СТОЧНЫХ ВОД

5.1. Пробы сточной воды отбирают:

- с резервуара предварительного отстоя;
- после очистных сооружений, с выкида насосов;
- с выкида насосов кустовой насосной станции.

5.1.1. Отбор проб, консервирование, химический и микробиологический анализ производят в соответствии с п.п. 2.3, 2.4.

5.2. Периодичность отбора проб сточной воды - 4 раза в год.

## 6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ КОНТРОЛЯ

6.1. Обнаружение в водоисточнике жизнеспособных клеток СББ свидетельствует о его зараженности.

6.2. Обнаружение в пробах воды, отобранных при изливе членистых скважин, СББ и прогрессирующий рост количества сероводорода, свидетельствует об активном развитии броценоза СББ в призабойной зоне.

6.3. Появление  $H_2S$  в доошваемой продукции, в первую оче-



Стр.16 РД 39-1-163-79

редь, в газе, свидетельствует о заражении СБВ продуктивных пластов.

6.4. Рост индекса активности и количества СБВ в сточных водах по сравнению с теми же параметрами пластовых вод свидетельствует о наличии в системе утилизации сточных вод условий, стимулирующих процесс сульфатредукции.

#### М Е Т О Д И К А

КОНТРОЛЯ ЗАРАЖЕННОСТИ СУЛЬФАТВОССТАНАВЛИВАЮЩИМИ  
БАКТЕРИЯМИ, ЗАКАЧИВАЕМЫХ В ПРОДУКТИВНЫЕ ПЛАСТЫ  
ВОД И ДОБЫВАЕМОЙ ПРОДУКЦИИ

РД 39-1-163-79

ВНИИСПТнефть  
450055, г.Уфа- пр.Октября,144/3

Редактор Л.Д.Чернышева

---

Подписано к печати 20.08.79г. П03462  
Формат 60x90 1/16. Уч.-изд.л. 0,8. Тираж 150 экз.  
Заказ 157

---

Ротапечать ВНИИСПТнефти