

## Литература

1. Руководство программиста (УЧПУ NC-110, NC-201, NC-201M, NC-202, NC-210, NC-220, NC-230), Балт-Систем. – СПб., 2008. – Режим доступа: [www.bsystem.ru](http://www.bsystem.ru).
2. Старовойтов, Н. А. Разработка управляющих программ для токарных станков с ЧПУ : практикум по выполнению лаборатор. работ для студентов специальности 1-36 01 01 «Технология машиностроения» днев. и заоч. форм обучения / Н. А. Старовойтов. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2017. – 112 с.
3. Руководство оператора (УЧПУ NC-110, NC-201, NC-201M, NC-202, NC-210, NC-220, NC-230), Балт-Систем. – СПб., 2008. – Режим доступа: [www.bsystem.ru](http://www.bsystem.ru).
4. Старовойтов, Н. А. Эмулятор системы ЧПУ модели NC200 для разработки и отладки управляющих программ / Н. А. Старовойтов. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2019. – 18 с.
5. САМ приложение «CNC Turn x64» к графическому редактору «Компас 3Dv19». – Режим доступа: <https://kompas.ru>.
6. Старовойтов, Н. А. Автоматизированное написания управляющих программ для токарных станков с ЧПУ : учеб.-метод. пособие / Н. А. Старовойтов. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2021. – 42 с.

**К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ ИНТЕНСИВНОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ  
ПРОЦЕССОВ РАССОЛЕНИЯ ПРОДУКТИВНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ  
И ОСАЖДЕНИЯ ГАЛИТА В ДОБЫВАЮЩИХ СКВАЖИНАХ  
ПО ГИДРОХИМИЧЕСКИМ ДАННЫМ**

**С. Л. Порошина, В. А. Климович**

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический  
университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель В. Д. Порошин

Нефтяные месторождения Беларуси связаны с коллекторами, пустотное пространство которых частично заполнено галитом. При разработке открытых здесь залежей с использованием пресных или слабоминерализованных вод для вытеснения нефти происходит растворение данного минерала, что приводит к значительному изменению фильтрационно-емкостных свойств пород. Пластовые и значительная часть попутных вод этих месторождений представлены крепкими рассолами с предельной степенью насыщенности по хлоридам натрия. При изменении термобарических условий во время эксплуатации скважин из этих рассолов могут выпадать хлоридные соли и прежде всего галит. Поэтому для рациональной эксплуатации таких залежей необходимо учитывать происходящие процессы рассоления пород, приводящие к существенному изменению пористости и проницаемости продуктивных пластов при эксплуатации скважин, добывающих обводненную продукцию, а также проявляющиеся процессы солеотложения в стволах скважин и на оборудовании. Возможности оценки интенсивности проявления этих процессов по промысловым гидрохимическим данным рассмотрим на примере межсолевой залежи нефти Северо-Домановичского месторождения.

По поверхности межсолевых отложений Северо-Домановичская структура представлена моноклиналильным блоком с северо-восточным падением продуктивных пород, ограниченным с юго-запада региональным разрывным нарушением. Залежь нефти приурочена к межсолевым верхнедевонским отложениям и связана с карбонатными засоленными коллекторами. Пластовые воды являются высокоминерализованными (340 г/л) рассолами хлоркальциевого типа. В пробную эксплуатацию залежь введена в 1997 г. скважиной 25, в промышленную разработку – в 2013 г. При разработке залежи с попутными водами выносятся значительное количество

растворенного в продуктивных пластах хлорида натрия. Пористость и проницаемость этих пластов постоянно меняется. На ряде добывающих скважин отмечены случаи хлоридного солеобразования, что затрудняет их эксплуатацию. Существенную помощь в изучении интенсивности рассоления коллекторов и прогноза солеотложения в скважинах рассматриваемой залежи могут оказать результаты гидрохимического мониторинга. Ранее проведенные в этом направлении исследования и обработка имеющихся в наличии гидрохимических данных по компьютерной программе Галит-1 [1] позволили получить конкретные выводы лишь по обводнению скважины 25, химический состав отобранных проб попутных вод которой практически не был искажен технологическими обработками [2].

Попутно добываемые с нефтью воды ряда других скважин, эксплуатирующих межсолевою залежь Северо-Домановичского месторождения, представляют собой смеси в разных пропорциях попутных или пластовых рассолов, обводняющих скважины с преимущественно пресными водами технологических обработок, которые используются для предупреждения и борьбы с хлоридными солеотложениями. Об этом свидетельствуют особенности изменения плотности попутных вод в процессе эксплуатации этих скважин. Так, после проведения технологических обработок скважин отмечается добыча совместно с нефтью слабоминерализованных вод с небольшим участием поступающих из продуктивных пластов в скважины высокоминерализованных рассолов. По мере увеличения отборов попутных вод их минерализация закономерно возрастает за счет увеличения доли рассолов, поступающих из призабойной зоны скважин (рис. 1). После проведения повторных технологических обработок отмеченная картина повторяется.

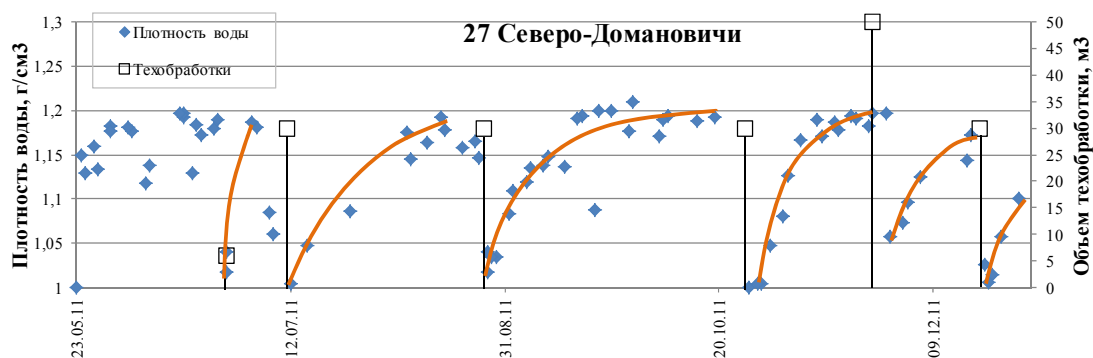


Рис. 1. Изменение плотности попутных вод в процессе эксплуатации скважины 27 Северо-Домановичского месторождения на различных этапах ОПР

Отсутствие на момент ранее проводимых по данной залежи гидрохимических исследований методических приемов корректной обработки данных о составе поступающих из продуктивных пластов попутных рассолов, существенно разбавленных пресными водами при проведении технологических обработок в других (кроме скв. 25) скважинах, не позволило сделать по ним каких-то определенных выводов.

В данной работе, используя специально разработанную для таких случаев методику Галит-1т (Порошина, 2020), авторы попытались определиться с теми процессами, которые происходят в призабойных зонах и в самих скважинах, попутно с нефтью в которых добываются смешанные природные и техногенные воды. Отличие метода Галит-1т от Галит-1 состоит в том, что для определения суммарного содер-

жания кальция и магния в обводняющих скважину попутных водах, необходимо построить график взаимосвязи плотности и концентрации Ca + Mg для вод, разбавленных при технологических обработках скважин. По этому графику, используя сведения о максимальной плотности попутных вод, можно определить искомую величину Ca + Mg, которую и вносят в расчетную формулу определения долевого участия закачиваемых вод в попутно добываемых по программе Галит-1. Аналогично, используя полученную величину, по графику взаимосвязи суммарных концентраций кальция и магния с концентрациями натрия и калия находится суммарная концентрация ионов Na + K в обводняющих скважины водах. Далее расчет ведется по методике Галит-1.

С целью решения поставленной задачи по всем представительным химическим анализам были рассчитаны величины коэффициента долевого участия закачиваемых вод в поступающих из продуктивных пластов совместно с нефтью попутных водах (X), а также величины избыточного содержания в них хлоридов натрия ( $\text{NaCl}_{\text{изб}}$ ) по способу Галит-1т. Результаты этих расчетов приведены в таблице.

**Результаты расчета гидрохимических показателей X,  $\text{NaCl}_{\text{изб}}$   
Северо-Домановичского месторождения**

Скважина	Дата отбора пробы	Плотность, г/см <sup>3</sup>	X	Na + K	$\text{Na}_{\text{изб}}$ , мг/л	$\text{NaCl}_{\text{изб}}$ , г/л
скв. 27	29.03.11	1,205	0,65	103785	78907	200
скв. 27	31.01.13	1,197	0,37	90793	45962	117
скв. 31	19.07.05	1,180	0	62533	-8000	-20
скв. 31	20.07.05	1,185	0,02	61693	-8044	-20
скв. 31	16.11.15	1,200	0,18	78445	20295	52
скв. 51	19.10.05	1,184	0,10	74334	10354	26
скв. 58г	01.09.16	1,187	0,01	66980	-3063	-8
скв. 59г	16.08.16	1,216	0,28	84093	32716	83
скв. 59г	21.08.16	1,196	0,33	87108	39799	101
скв. 59г	04.10.16	1,213	0,07	78211	12212	31
скв. 59г	07.10.16	1,182	0,15	73445	13452	34
скв. 59г	22.02.17	1,038	0,45	101787	62832	159
скв. 59г	05.05.17	1,177	0,07	70752	4563	11
скв. 59г	09.05.17	1,184	0,16	75750	16092	41
скв. 59г	19.05.17	1,135	0,04	68801	1005	2
скв. 59г	16.05.18	1,224	-0,16	55258	-26906	-68
скв. 59г	21.09.18	1,180	0,06	67824	954	2
скв. 59г	29.03.19	1,190	-0,04	61910	-11391	-29
скв. 60п	20.06.13	1,210	-0,06	62179	-13107	-33
скв. 60п	24.10.13	1,204	0,02	64058	-5124	-13
скв. 61п	05.05.15	1,215	0,18	77817	19484	49
скв. 61п	02.11.15	1,150	0,17	77160	18121	46
скв. 63g	03.05.17	1,190	0,58	105115	75519	192

Окончание

Скважина	Дата отбора пробы	Плотность, г/см <sup>3</sup>	X	Na + K	Na <sub>изб</sub> , мг/л	NaCl <sub>изб</sub> , г/л
скв. 63g	22.05.17	1,118	0,57	102672	72323	184
скв. 63g	21.06.17	1,201	0,55	100437	68353	174

Расчеты свидетельствуют о том, что в отдельные периоды работы скважин попутные воды выносили из продуктивных пластов и с забоев скважин разное количество растворенного в них галита (процесс рассоления коллектора), а в некоторых случаях из попутных вод галит выпадал в осадок (процесс солеотложения). Максимальная величина избыточных концентраций хлоридов натрия в водах, поступающих совместно с нефтью в отдельные периоды в скважину 27, 59 и 63 достигает 150–200 г/л.

При этом авторами установлена достаточно тесная связь между величиной избыточного содержания в попутных водах хлорида натрия и долевым участием закачиваемых вод в попутно добываемых (рис. 2). Эта зависимость может быть представлена уравнением следующего вида:

$$\text{NaCl}_{\text{изб}} = 347,86X - 13,573 \quad (R^2 = 0,9918).$$

Приведенные выше материалы позволяют разобраться с условиями, при которых происходит обогащение попутно добываемых с нефтью вод хлоридами натрия и когда проявляется процесс солеотложения в скважинах. Очевидно, что растворение галита, находящегося в продуктивных породах и выпавшего в скважине, происходит закачиваемыми для ППД и технологическими водами, а выпадение этого минерала в осадок связано с поступлением в скважину пластовых рассолов, либо высококонцентрированных попутных вод, обводняющих скважины и перенасыщенных по хлоридам натрия. При этом даже недонасыщенные по хлоридам натрия поступающие в скважину воды в отдельных случаях могут стать предельно насыщенными по галиту за счет растворения выпавшего на забое осадка.

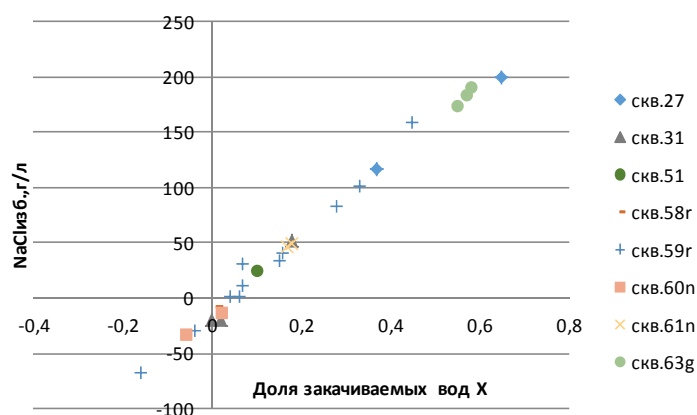


Рис. 2. Зависимость  $\text{NaCl}_{\text{изб}}$  от доли закачиваемых вод Северо-Домановичского месторождения нефти

Следует отметить, что, используя рис. 2, можно прогнозировать интенсивность проявления процессов растворения или осаждения галита в зависимости от величины коэффициента долевого участия закачиваемых вод в попутно добываемых. Полу-

ченные в процессе проведенных исследований результаты предлагается использовать при анализе, контроле и регулировании разработки не только межсолевой залежи нефти Северо-Домановичского месторождения, но и для всех нефтяных залежей, связанных с засоленными коллекторами, где одновременно проявляются процессы выпадения и растворения, выпавшего галита.

#### Литература

1. Порошина, С. Л. Новые подходы к оценке масштабов рассоления коллекторов нефтяных месторождений Беларуси по промысловым гидрохимическим данным / С. Л. Порошина // Вестн. Гомел. гос. техн. ун-та им. П. О. Сухого. – 2019. – № 4. – С. 3–12.
2. Порошин, В. Д. Оценка масштабов рассоления продуктивных пород нефтяных месторождений Припятского прогиба по промысловым гидрохимическим данным (на примере Северо-Домановичского месторождения) / В. Д. Порошин, С. Л. Порошина // Літасфера. – 2020. – № 1 (52). – С. 148–160.

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЗОЛОТНИКОВЫХ ПАР СЕКЦИОННОГО РАСПРЕДЕЛИТЕЛЯ ТИПА РАМ С LS-УПРАВЛЕНИЕМ

К. В. Пупенко

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель Ю. А. Андреевец

При проектировании современных гидравлических систем с несколькими гидравлическими двигателями, работа которых жестко регламентируется требованиями безопасности, рекомендуют применять систему с LS-управлением. ОАО «Гомельское специальное конструкторско-техническое бюро гидропневмоавтоматики» производит секционные распределители типа РАМ с таким видом управления, однако для проектирования гидростанции плавучего крана необходимо произвести индивидуальный подбор геометрии дросселирующих канавок золотниковых пар, чтобы обеспечить равные перепады давления на каждой секции при прохождении к гидродвигателям разных расходов.

Площадь сечения проходных каналов золотника для его смещения из нейтрального положения и интенсивность нарастания расхода жидкости при изменении открытия дросселирующей щели зависит от конструктивного выполнения его рабочих поясков (рис. 1) [1], [2].

Выбор типа золотниковой пары зависит от максимального расхода и необходимого перепада давления. Для каждого вида профильной щели (рис. 1) площадь проходного сечения определяется по соответствующей формуле

$$f_a = \pi d s; \quad f_b = \pi(s - z)[d - (s - z)\sin\alpha \cdot \cos\alpha]\sin\alpha; \quad f_c = nb(s - z)\sin\alpha;$$

$$f_d = \frac{nb}{s}(s - z)^2 \sin\alpha; \quad f_e = nb\left[R - \sqrt{h^2 + (e + z)^2}\right],$$

где  $d, s, z, b, R, h, e$  – геометрические размеры профилей дросселирующих проточек на золотниках (рис. 1);  $n$  – количество проточек на золотнике, расположенных равномерно по окружности.

Треугольная форма дросселирующих пазов обеспечивает более плавную интенсивность нарастания расхода рабочей жидкости и более технологична.