

УДК 622.245
<https://orcid.org/0000-0002-2637-9704>

РЕЗУЛЬТАТЫ ОПЫТНО-ПРОМЫШЛЕННОГО ИСПЫТАНИЯ (ОПИ) ТЕХНОЛОГИИ ОДНОВРЕМЕННО-РАЗДЕЛЬНОЙ ЗАКАЧКИ 2ПРОК-ОРЗ В АО «ОЗЕНМУНАЙГАЗ»



Б.И. САРИЕВ,
PhD кандидат,
bsariyev1@gmail.com

ТОО «RELIVERESEARCH»,
Республика Казахстан, 010000, г. Астана, ул. Кабанбай Батыра 53, S4.510

Регулировка и контроль скорости закачки воды является широко используемым методом увеличения накопленной добычи нефти из обводненных коллекторов. В данной статье исследуется задача оптимизации добычи одновременно-раздельной закачки. Производственный процесс разделен на несколько сегментов. ОРЗ предусматривает закачку воды в разобщенные пласты по отдельным каналам под разными давлениями или за счет штуцирования на устье скважины. В настоящее время на месторождениях широко внедряются две схемы одновременно-раздельной закачки с разделением пластов - двухлифтовая система концентрической конструкции и однолифтные системы.

В статье применен сравнительный анализ всех видов компоновок ОРЗ и делается акцент на эффективность разработанной компоновки 2ПРОК-ОРЗ со сменными проходными штуцерами без телеметрии. Данная компоновка позволяет защитить эксплуатационную колонну от воздействия закачиваемой агрессивной среды, производить регламентированную закачку в два пласта. При необходимости можно отключить отдельный пласт или пачку пластов от нагнетания воды. Обеспечить надёжное разобщение интервалов эксплуатационной колонны. Производить замер объема закачки в каждый пласт. Предлагаемый вид компоновки является бюджетным решением для одновременно-раздельной закачки на месторождениях.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: одновременно-раздельная закачка, подбор скважин, месторождение «Узень», двухпакерная компоновка, 2ПРОК-ОРЗ.

«ӨЗЕНМҰНАЙГАЗ» АҚ БІР МЕЗГІЛДЕ 2ПРОК-ЖРА БӨЛЕК АЙДАУ ТЕХНОЛОГИЯСЫН ТӘЖІРИБЕЛІК-ӨНЕРКӘСІПТІК СЫНАУ (ТӨС) НӘТИЖЕЛЕРІ

Б.И. САРИЕВ, PhD кандидат, bsariyev1@gmail.com

«RELIVE RESEARCH» ЖШС

Қазақстан Республикасы, 010000, Астана қ., Қабанбай Батыр көш., 53, S4.510

Суды айдау жылдамдығын реттеу және бақылау-суланған коллекторлардан жинақталған мұнай өндіруді арттырудың кеңінен қолданылатын әдісі. Мақалада бір уақытта-бөлек жүктеу өндіруді тиімділігін арттыру міндеттері қарастырылады. Өндіріс үдерісі бірнеше сегменттерге бөлінеді. Бір уақытта бөлек жүктеу түрлі қысыммен немесе ұңғымаға құю арқылы бөлек арналар арқылы бөлінген қабаттарға су айдауды қарастырады. Қазіргі уақытта кен орындарында қабаттарды бөлуден бір мезгілде айдаудың екі сұлбасы - концентрлі құрылымның екі лифт жүйесі және бір лифт жүйелері кеңінен енгізілуде.

Мақалада бір мезгілде бөлек жүктеу макеттерінің барлық түрлеріне салыстырмалы талдау жасалынады және телеметриясыз ауыспалы өткізгіш жалғастығы бар 2ПРОК-ОРЗ өзіндік макетінің тиімділігіне баса назар аударылады. Бұл құрастыру пайдалану бағанасын айдалатын агрессивті ортаның әсерінен қорғауға, екі қабатқа реттелетін айдауды жүргізуге мүмкіндік береді. Қажет болса, жеке қабатты немесе қабаттар пакетін су айдауынан ажыратуға болады. Пайдалану бағанының аралықтарын сенімді ажыратуды қамтамасыз етеді. Әр қабатқа айдау көлемін өлшеуге көмектеседі. Ұсынылатын орнала-су түрі бір мезгілде-бөлек айдау кен орындары үшін бюджеттік шешім болып табылады.

ТҮЙІН СӨЗДЕР: бір мезгілде-бөлек айдау, ұңғымаларды іріктеу, «Өзен» кен орны, екі пакерлі құрастыру, 2ПРОК-ОРЗ.

RESULTS OF THE PILOT TEST (PI) OF THE TECHNOLOGY OF SIMULTANEOUS-SEPARATE INJECTION «2PROK-ORZ» IN JSC «OZENMUNAIGAS»

B.I. SARIYEV, PhD candidate, bsariyev1@gmail.com

RELIVE RESEARCH LLP

53, Kabanbay Batyr st., office S4.510, Astana, 010000, Republic of Kazakhstan

Adjusting and controlling the rate of water injection is a widely used method to increase accumulative oil production from flooded reservoirs. This article explores the problem of optimizing the production of simultaneous-separate injection. The production process is divided into several segments. SSD provides for the injection of water into isolated reservoirs through separate channels at different pressures or by outlet at the wellhead. Currently, two schemes of simultaneous-separate injection with separation of layers are widely introduced in the fields - a two-lift system of concentric design and one-lift systems. The article uses a comparative analysis of all types of SSD layouts and focuses on the effectiveness of the developed "2PROK-SSD" layout with replaceable outlets without telemetry. This arrangement allows to protect the production casing from the impact of the injected aggressive environment, to perform regulated injection into two layers. Layout provides a possibility to disable a separate layer or a pack of layers from water injection. Ensure reliable separation of production string intervals. Measure the volume of injection into each reservoir. The proposed type of layout is a budget solution for simultaneous-separate injection in the fields.

KEY WORDS: simultaneous-separate download, well selection, "Uzen" oilfield, two-packer layout, 2PROK-ORZ.

Введение. С развитием цифровых и интеллектуальных нефтяных месторождений в настоящее время большое внимание уделяется методам оптимизации добычи нефти. Регулировка и контроль скорости закачки воды или добычи жидкости является основным методом увеличения добычи нефти. Традиционная совместная закачка воды в несколько пластов с различной проницаемостью не позволяет регулировать забойные давления и расход воды для каждого из пластов (в соответствии с их текущими геологическими параметрами), что приводит к неравномерному обводнению нефтяных залежей. В результате этого происходит опережающее обводнение высокопроницаемых нефтяных пластов (пропластков), возрастает степень неохваченности, неравномерного воздействия и выработки каждого из пластов (пропластков) с различной проницаемостью.

Технология одновременно-раздельной закачки (ОРЗ) представляет собой закачку жидкости одной скважиной отдельно в разные пласты при разном давлении в соответствии с коллекторскими свойствами каждого пласта для более равномерной выработки пластов.

Применение ОРЗ жидкости в несколько пластов имеет целью регулирование процессов выработки запасов из коллекторов, неоднородных по проницаемости. Если при совместной эксплуатации нескольких пластов некоторые из этих пластов вообще не охвачены воздействием, например, из-за низкой проницаемости или из-за невозможности создать на них предельный градиент давления, то в этом случае они ничем не отличаются от неперфорированных пластов.

Материалы и методы исследования. В основу создания седиментационных моделей Прикаспийского осадочного бассейна нами положен классический формационный анализ, в котором исследована технология одновременно-раздельной закачки жидкости в разные пласты при разном давлении в соответствии с коллекторскими свойствами каждого пласта.

Целью исследования является комплексное исследование технологии одновременно-раздельной закачки жидкости в несколько продуктивных горизонтов, с применением параметрического исследования.

Компания Schlumberger предложила разработать систему одновременной закачки и добычи на основе проверенной на месторождении двойной концентрической системы ЭЦН, которая позволяет оператору вести добычу в двух зонах с ЭЦН для каждой зоны. В модифицированной системе будет использоваться концентрическая компоновка НКТ для создания двух независимых путей потока и одного ЭЦН, что позволит КНК добывать нефть из одной зоны с помощью ЭЦН, одновременно закачивая воду с поверхности в другую зону в той же скважине, экономя затраты на дополнительные работы.

Система доказала возможность производства ЭЦН с одновременной закачкой в другую зону той же скважины. Устранение необходимости бурения двух отдельных нагнетательных скважин позволило сэкономить примерно от 2 до 2,5 миллионов долларов США на скважину и высвободить буровое оборудование для выполнения более дорогостоящих работ.

И так применение технологии ОРЗ позволяет:

– сократить объемы бурения за счет использования одной скважины с целью уменьшения числа нагнетательных скважин при обеспечении проектных объемов закачки;

- сократить капитальные вложения на бурение скважин;
- снизить эксплуатационные расходы (переменные затраты);
- сократить протяженность и направления в системе водоводов;
- сократить число кустовых насосных станций;
- уменьшить вероятность образования не герметичности эксплуатационной колонны;
- обеспечить возможность эксплуатации одновременно нескольких объектов, имеющих разные коллекторские свойства пластов;
- повысить рентабельность отдельных скважин за счет подключения других объектов разработки или разных по свойствам пластов одного объекта разработки;
- включить в работу неработающие интервалы (пласты) нагнетательных скважин, тем самым увеличить объем добычи нефти по окружающим скважинам за счет вытеснения;
- увеличить коэффициент нефтеотдачи пластов за счет разукрупнения объектов разной проницаемости и разной насыщенности и повышения степени охвата их заводнением;
- повысить эффективность методов повышения нефтеотдачи за счет использования одной скважины одновременно для ППД и селективной закачки агента для выравнивания профиля приемистости;
- нестационарно воздействовать на пласты, изменяя их режимы;
- обеспечить повышенные репрессии на низкопроницаемые нефтенасыщенные пласты с одновременным ограничением закачки воды в высокопроницаемые пласты;
- регулировать направления и скорости фильтрации пластовых флюидов, оперативно управляя полем пластовых давлений;
- контролировать разработку отдельных пластов [1-5].

На сегодняшний день имеется несколько видов ОРЗ технологии: конструкция без разделения пластов; с разделением пластов; система внутрискважинной перекачки с ЭЦН с разделением пластов; компоновка ОРЗ с параллельной конструкцией колонн НКТ, компоновка ОРЗ и Д с параллельной конструкцией колонн НКТ. Каждый тип имеет свои достоинства и недостатки (таблица 1) [6-15].

Таблица 1 – Сравнительный обзор типов технологий ОРЗ

Тип	Достоинства	Недостатки
Конструкция без разделения пластов	Простой способ реализации Минимальная стоимость	Наличие взаимовлияния пластов Отсутствует возможность управления и регулирования закачкой Невозможно проведение ГДИС индивидуально для пластов Учет продукции по пластам возможен только при помощи ПГИ

Таблица 1 – Сравнительный обзор типов технологий ОРЗ

С разделением пластов	<p>Меньшая степень взаимовлияния пластов. Возможность закачки больше, чем в 2 пласта</p> <p>Возможность регулировать диаметр штуцера (регулятора)</p> <p>Возможность проведение ГДИС на каждый пласт, при остановке скважины</p>	<p>Необходимость проведение канатных работ для управления раскрытием подземных штуцеров</p> <p>Необходимость проведение ПГИ после смены штуцеров для оценки поинтервальной приемистости</p> <p>Снижение надежности, возможна негерметичность пакерной системы и прочие технологические риски</p>
Система внутрискважинной перекачки с ЭЦН с разделением пластов	<p>Сокращение затрат на поверхностное обустройство</p>	<p>Повышенная сложность конструкции компоновки</p> <p>Сложность ремонта в случае отказа ЭЦН</p> <p>Невозможно провести ПГИ в работающей скважине</p>
Компоновка ОРЗ с параллельной конструкцией колонн НКТ	<p>Независимая закачка в каждый пласт</p> <p>Определение расхода на каждый пласт без проведения ПГИ</p>	<p>Ограничение по диаметру эксплуатационной колонны (168/178мм)</p> <p>Сложность и высокая стоимость подземного оборудования</p> <p>Высокая стоимость спуска и ремонта</p> <p>Сложно обеспечить высокую приемистость на оба пласта</p>
компоновка ОРЗ и Д с параллельной конструкцией колонн НКТ	<p>Возможность добычи нефти с одного горизонта и закачки воды в другой в единой скважине</p>	<p>Ограничение по диаметру эксплуатационной колонны (168/178 мм)</p> <p>Сложность и высокая стоимость подземного оборудования</p> <p>В случае отказа ЭЦН/ШГН, прекращается и закачка</p> <p>Увеличенные сроки межремонтного периода</p>

Результаты и обсуждение. Автором было проведено опытно-промышленное испытание (ОПИ) технологии одновременно-раздельной закачки разработанной компоновки 2ПРОК-ОРЗ со сменными проходными штуцерами без телеметрии для условий месторождения Узень НГДУ-3 (рисунок 1).

Месторождение «Узень» было открыто 15 декабря 1961 года. Компания занимается освоением нефтегазовых месторождений Узень и Карамандыбас, характери-

зующихся сложным геологическим строением и уникальными свойствами нефти, которые выражаются высоким содержанием парафина и асфальтено-смолистых компонентов.

Компания состоит из 16 производственных структурных подразделений, четыре из которых являются нефтегазодобывающими управлениями, управление по подготовке нефти и производственного обслуживания, а также вспомогательные управления, выполняющие различные сервисные услуги.

В настоящее время Компания проводит Программу модернизации производства. В рамках Программы был построен и введен в эксплуатацию Цех по диагностике и ремонту подземного оборудования (ЦДРПО), мощность которого позволяет ежегодно осуществлять ремонт 400 тысяч насосно-компрессорных труб, 300 тысяч насосных штанг, 10 тысяч глубинных насосов. Следует отметить, что данный цех не имеет аналогов не только в Казахстане, но и в странах СНГ. В целях повышения качества ремонтных работ 1 сентября 2017 года рядом с ЦДРПО был введен в эксплуатацию цех по мойке и очистке труб и подземного оборудования от нефти. В цехе предусмотрен хозяйственно-бытовой комплекс с душевыми, помещениями для смены одежды на 70 человек. Компоновка предназначена для регулируемой закачки воды в пласты нагнетательной скважины по однотрубной технологии с разделением объектов закачки пакерами и установкой устройств распределения с целью создания различных объемов закачки в каждый пласт.

Проведенные исследования показали, что компоновка позволяет защитить эксплуатационную колонну от воздействия закачиваемой агрессивной среды, производить регламентированную закачку в два пласта. При необходимости отключить отдельный пласт или пачку пластов от нагнетания воды. Обеспечить надёжное разобщение интервалов эксплуатационной колонны. Производить замер объема закачки в каждый пласт.

Компоновка применяется в нагнетательных обсаженных скважинах и устанавливается в скважине без упора на забой путем осевых перемещений колонны труб, на которых она спускается в скважину. Верхний и средний пакеры срабатывают после разгрузки на него регламентированной нагрузки.

Компоновка обеспечивает герметизацию эксплуатационной колонны при перепадах давления на пакера до 35 МПа и применяется в скважинах с максимальной температурой рабочей среды до плюс 100 °С (таблица 2).

Эффект от внедрения:

- сокращение стоимости эксплуатации;
- снижение затрат на проведение замеров (стандартная геофизическая партия);
- сокращение затрат на смену штуцеров (стандартная геофизическая партия, канатная техника).

Позволяет:

- производить ОРЗ в 2-3 пласта;
- увеличить коэффициент вытеснения;
- проводить ОПЗ без подъема компоновки на каждый пласт индивидуально;
- полнопроходные узлы штуцерования позволяют проводить ГИС и работать с колтюбингом.

Область применения оборудования в соответствии с республиканскими нормами и правилами в области промышленной безопасности «Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности» от 15.12.2020 г. Оборудование имеет исполнение стандартное к сульфидно-коррозионному растрескиванию (СКР) Рабс $>1,83 \times 10^6$ Па (18,6 кгс/см²); СН₂Э $<0,075$ % (объемных); РН₂Э <345 Па для многофазного флюида «нефть-газ-вода» с газовым фактором менее 890 нм³/м³.

Таблица 2 – Техническая характеристика

Двухпакерная компоновка для ОРЗ	2ПРОК-ОРЗ-1-142-54-350-Т100-К3-Х
Обсадная колонна, мм	
Условный диаметр	168
Толщина стенок	7,3-8,9
Максимальный перепад давления, МПа	35
Наружный диаметр, мм	142
Диаметр проходного канала (не менее), мм	54
Диаметр НКТ между пакерами, мм	73
Присоединительная резьба гладких НКТ ГОСТ 633-80	
Верх (муфта)	79
Низ (ниппель)	73

Применение компоновки позволяет:

- осуществлять закачку воды в несколько продуктивных горизонтов через одну скважину;
- существенно снизить капитальные вложения и эксплуатационные расходы при строительстве и эксплуатации систем заводнения на нефтяных месторождениях;
- проводить комплексные исследования - как общие, так и каждого пласта индивидуально.

Достоинства:

- надежное разобщение продуктивных горизонтов;
- возможность регулирования закачки воды на каждый пласт индивидуально;
- уменьшение себестоимости закачки воды при ППД.

Для проведения данного опыта были проанализированы несколько скважин и определены наиболее подходящие кандидаты для данного исследования.

Для подбора скважин кандидатов принимался в следующем порядке:

1. Определен перечень нагнетательных скважин действующего и бездействующего фонда (по состоянию на 30.04.2020), конструкция скважин (таблица 3).
2. Из всего перечня отсеяны скважины с дополнительной эксплуатационной колонной диаметром 102, 114, 146 мм (не позволяют установить оборудование ОРЗ).
3. На карты разработки по 13-17 горизонтам нанесены оставшиеся транзитные нагнетательные скважины (на слайдах ниже)
4. На основе анализа карт разработки, а также карт текущих запасов (остаточных запасов нефти модели месторождения Узень 2017 года), выбраны скважины-кандидаты на проведение ОРЗ.

5. При подборе учитывались:

- возможность формирования максимально полноценных ячеек заводнения,
- возможность равномерного перераспределения закачки по площади,
- корреляция скважин,
- техническое состояние скважин-кандидатов

При анализе кандидатов были выявлены следующие: эксплуатация подконтрольного оборудования, компоновок осуществляется при двух разных условиях это (таблица 3):

- закачка в скважину морской воды
- закачка в скважину сточной воды

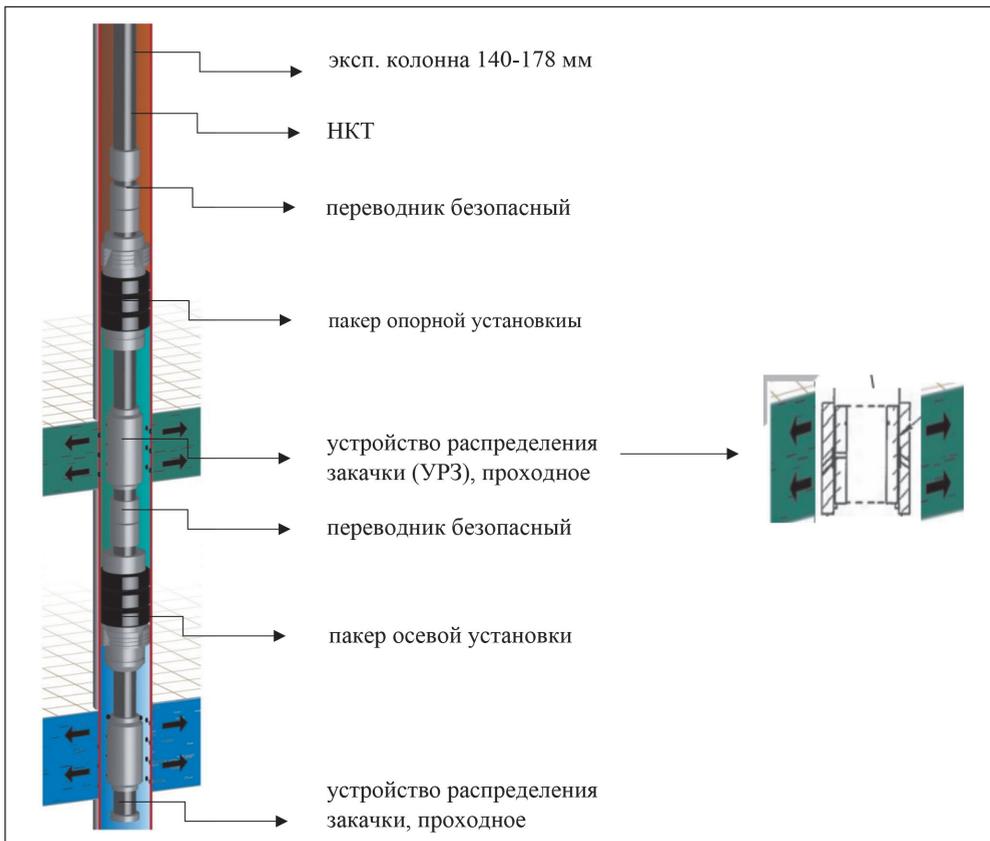


Рисунок 1 – Компоновка 2ПРОК-ОРЗ со сменными проходными штуцерами без телеметрии

В ходе эксплуатации скважин со спущенным оборудованием и закачкой морской воды осложнений не выявлено, смена режима проходит в штатном режиме, глубинное оборудование не забивается. В ходе эксплуатации скважин со спущенным оборудованием и закачкой сточной воды выявлены осложнения:

- присыпание и засорение мех. примесями лифта НКТ;
- налет на внутренней части штуцера отложений;
- не проход геофизического расходомера через глубинные штуцера.

Таблица 3 – Скважины-кандидаты на проведение ОРЗ

Скважина	КНС	Текущий горизонт	Приблизительный горизонт	Дата ввода в эксплуатацию	Вид агента	Экс. колонна				Реагирующие скважины (приблизительный горизонт)	
						диаметр, мм	толщина стенок, мм	глубина, м	кол-во	номер	
6127	КНС-2а	18	17	31.12.2013	сточная	168	8,9	1390	6 ед.	679, 6960, 4664, 6142, 4071, 3151	
4665	КНС-2а	18	17	09.05.2010	сточная	168	7,3 / 9,0	1400	10 ед.	8763, 6114, 6067, 4054, 6976, 4141, 8759, 4053, 6963, 9029	
7423	КНС-2а	18	17	12.12.2017	сточная	168	8,9	1520	4 (6) ед.	9909, 247, 9917, 9912, (9029, 6971)	
7794	КНС-2	18	17	02.06.2007	морская	114	6	1353	11 ед.	3080, 3469, 6968, 3079, 6353, 5833, 6048, 4392, 9029, 6963, 4053	
9593	КНС-1	17	13	20.11.2017	сточная	168	8,9	1350	4 ед.	3413, 1342, 2525, 7837	
7637	КНС-1	14	13	27.03.2007	сточная	168	7,3	1280	4 ед.	3793, 4189, 9766, 5445	
4585	КНС-1	14	13	24.05.2014	сточная	168	8,9	1250	3 ед.	9766, 8048, 3932	
4448	КНС-3	14	13	22.05.2013	сточная	168	8,9	1320	5 ед.	4271, 5249, 3484, 3760, 9058	
6373	КНС-3	15	13	25.10.2018	сточная	168	8,9	1430	5 ед.	6984, 1158, 4653, 7396, 4652	
9130	КНС-2а	16	14	21.06.2012	сточная	168	7,3	1290	5 ед.	7237, 7379, 4823, 4809, 3220	
4448	КНС-3	14	13	22.05.2013	сточная	168	8,9	1320	5 ед.	4271, 5249, 3484, 3760, 9058	
6373	КНС-3	15	14	25.10.2018	сточная	168	8,9	1430	6 ед.	2089, 5842, 676, 5247, 501, 2088	
9130	КНС-2а	16	15	21.06.2012	сточная	168	7,3 / 9,0	1290	6 ед.	2842, 322, 2355, 2052, 6356, 4049	
7424	НГДУ-1, КНС-3а	18	17	02.12.2018	сточная	168	8,9	1420			
4410	КНС-2в	14	13	18.10.2013	морская	168	8,9	1310	7 ед.	1722, 5701, 5037, 8779, 5593, 3133, 2542	
6159	КНС-2а	18	17	19.08.2014	сточная	168	8,9	1400	7 ед.	8763, 6114, 6067, 4054, 6976, 4141, 8759	
6326	КНС-2в	14	13	07.11.2019	сточная	168	8,9	1400	4 ед.	6893, 2881, 9818*, 8422*	
4639	НГДУ-4										
6293*	КНС-2*	14	15	проектная	морская	168	-	*	3 ед.	9883, 4612, 428	
6293*	КНС-2*	14	16	проектная	морская	168	-	*	3 ед.	9784, 9429, 441	
4410	КНС-2в	14	13	18.10.2013	морская	168	08.01.1900	1310	7 ед.	1722, 5701, 5037, 8779, 5593, 3133, 2542	
7167	КНС-2в	15	13	11.03.2016	морская	168	08.01.1900	1360	7 ед.	1722, 5701, 5037, 8779, 5593, 3133, 2542	
4777	КНС-1а	16	14	16.02.2015	морская	168	08.01.1900	1370	5 ед.	6426, 1831, 9120, 1053, 817	
7240	КНС-1	15	14	30.11.2017	сточная	168	08.01.1900	1320	5 ед.	4273, 1007, 5253, 8511, 8037	

В июле 2021 г. – оборудование ОРЗ спущено в две скважины 6326 и 6373, работы по наладке работы подземного оборудования ОРЗ. В третью скважину 6127 оборудование ОРЗ не было спущено в связи с тем, что при проведении работ место установки пакера не поддавалось райберовке. В связи с этим произведена замена скважины 6127 на скважину 7240 и в сентябре этого же года ОРЗ было спущено в скважину 7240. В течении 3-х месяцев (сентябрь, октябрь, ноябрь) были проведены геофизические исследования и подбор диаметра штуцера. Контроль внедрения технологии ОРЗ на скважинах проводился по геофизическим исследованиям по контролю работы скважин. В рамках мониторинга внедрения технологии ОРЗ были рассмотрены результаты интерпретации ГИС-к.

$$d = \sqrt{\frac{Q}{0,785 \cdot \mu \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H}}} \quad (1)$$

где, Q - расход жидкости, м³/с; μ - коэффициент расхода, зависящий от плотности жидкости; H - потери напора, м вод. ст.; g - ускорение свободного падения.

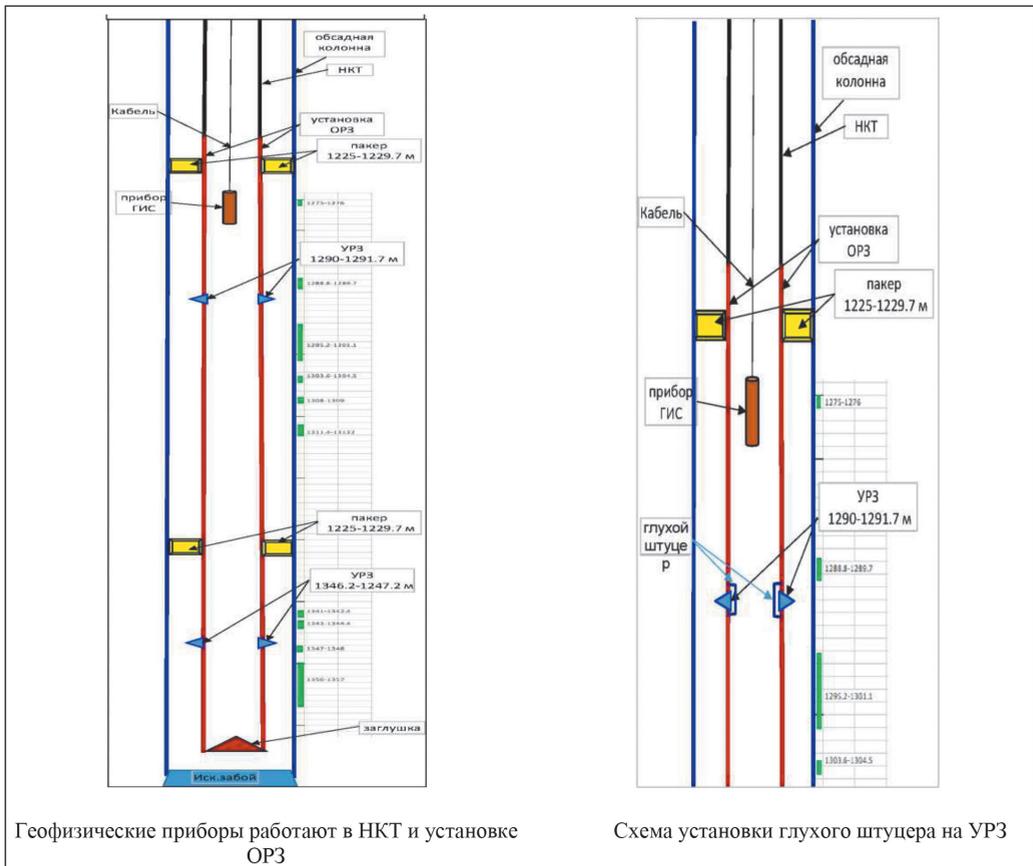


Рисунок 2 – Пример установки оборудования ОРЗ на скважине 6326

Скважина 6326 (рисунок 3).

ГИС ОПП от 24.07.21 г. ГИС проведены после дострела 13 горизонта, до внедрения технологии ОРЗ. Основной уход закачиваемой жидкости отмечаются в перф.интервалы: 1350,6-1351,0 м. – 9,9 м³/сут (14,4%), 1355,1-1355,6 м. – 59,2 м³/сут (85,6%). Поглощается закачиваемая жид кость перф. пластами в интервалах: 13 горизонт – слабо – 1288,8-1289,7; 12595,2-1301,1; 1303,61304,5; 1308,0-1309,0; 1311,4-1313,2; 14 горизонт – 1341,0-1342,4; 1343,0-1344,4; 1347,0-153-48,0 м. и преимущественно, перф. пластом: 1350,0-1359,0 м.

ГИС ОПП от 06.09.21 г. Замер ГИС выполнены в НКТ и установке ОРЗ. Скважина до начала ГИС-к простаивала в течение 24 часов. По данным РГД через проходное УРЗ в интервале 1290.7-1291.7 м в скважину поступает нагнетаемый агент. По термометрии, выполненной при закачке и после остановки скважины, нагнетаемая жидкость поглощается перфорированными коллекторами 13 горизонта в интервалах: 1288.8-1289.7; 1295.2-1301.1; 1308-1309; 1311.8-1312.2. Через проходное УРЗ в интервале 1346,2-1347,2 м по данным РГД нагнетаемый агент в скважину не поступает.

ГИС ОПП от 29.09.21 г. Доход прибора по фоновому замеру ТМС оставил 1345.5 м, при закачке 1357.3 м., движение закачиваемой жидкости отмечается до отбитого забоя. Основной уход закачиваемой жидкости отмечается в УРЗ 14 горизонта в интервал 1346.0-1347.0 м - 79,8%. Через спец. отверстие УРЗ 13 горизонта в интервале 1290.8-1291.8 м в скважину поступает 20.2%, также отмечался излив жидкости из этого интервала. Поглощение нагнетаемого агента отмечается в перфорированные пласты 14 горизонта – 1343.0-1344.4; 1347.0-1348.0; 1350.0 м и до отбитого забоя; 13 горизонта – 1288.8-1289.7; 1295.2-1301.1; 1308.0-1309.0; 1311.4-1313.2 м Перфорированные пласты 13 гор. – 1275.0-1276.0; 1303.6-1304.5 и 14 гор. - 1341-1342.4 м как работающий не отмечается.

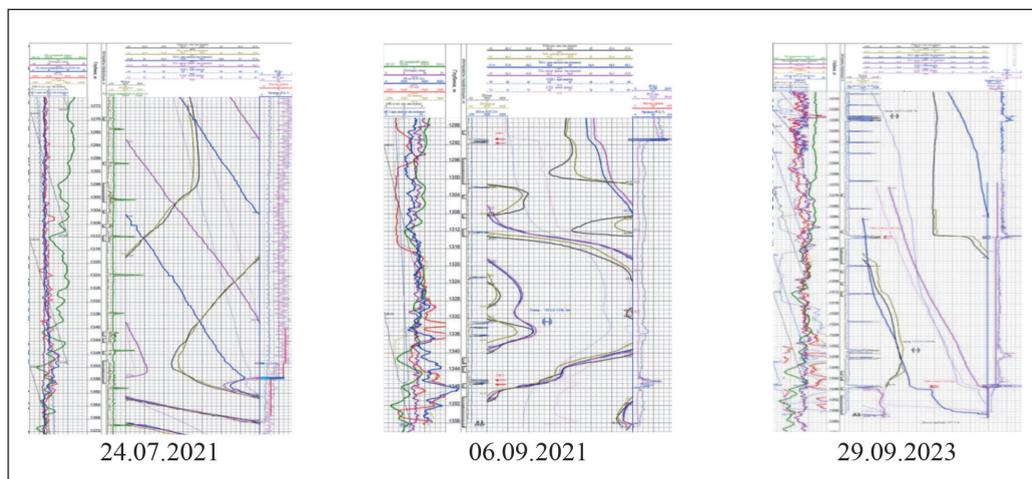


Рисунок 3 – ГИС ОПП скважины 6326

Скважина 6373 (рисунок 4).

ГИС ОПП от 02.08.21 г. Доход приборов до глубины 1231.5 м. Интервал УРЗ-2 исследованиями не охвачен. Нагнетаемая жидкость поступает в скважину через интервал УРЗ-1 напротив 14 горизонта на глубинах 1175.7-1176.7 м. Движение нагнетаемой жидкости наблюдается до отбитого по ГИС забоя – 1231.5 м и ниже (по разнице температур на забое). Вероятнее всего нагнетаемый агент поступает в скважину и через УРЗ-2 напротив 15 горизонта на глубине 1231-1232 м. Интервалы поглощения: 14 горизонт – 1177.7-1178.4; 1183.5-1185; 1186.1-1189.1 15 горизонт – 1217-1218; 1231-1231.6.

ГИС ОПП от 07.09.21 г. Замер ГИС выполнены в НКТ и установке ОРЗ. Скважина до начала ГИС-к простаивала в течение 24 часов. Доход скважинных приборов составил 1224.5 м. Движение закачиваемой жидкости по термометрии, выполненной при закачке, в НКТ+ОРЗ отмечается до глубины расположения УРЗ-1 напротив 14 горизонта (1170.1-1171.1 м), далее по стволу скважины до глубины 1188 м. Весь объем поступающей в скважину жидкости уходит в 1-ое УРЗ и поглощается перфорированными коллекторами 14 горизонта в общем интервале 1169.5-1189 м

ГИС ОПП от 24.10.21 г. Замер ГИС выполнены в НКТ (без ОРЗ). Максимальный доход приборов – 1409.0 м. По замерам термометрии, выполненным при закачке ($P_{\text{зак.}}=20$ атм.), движение закачиваемой жидкости отмечается до глубины 1234.0 м, ниже движения жидкости нет. Уход и поглощение закачиваемой жидкости отмечается в перф. интервалы 15 горизонта: 1226,4-1227,0 м – 44,9 м³/сут. (26,1%); 1233,4-1234,0 м – 127,5 м³/сут. (73,9%) и слабо, перф. пластами 14 горизонта: 1183.5-1185.0; 1186.1-1189.1 и перф. пластом XV горизонта: 1217.0-1220.0 м. Перф. пласты 1163.0-1165.5; 1169.0-1175.0; 1177.5-1180.0; 1240.0-1241.0 м – как работающие не отмечаются.

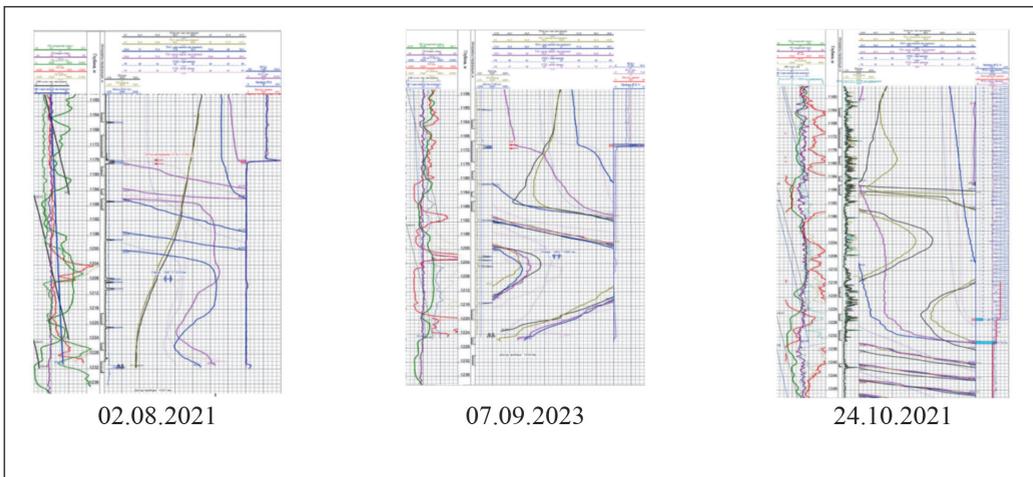


Рисунок 4 – ГИС ОПП скважины 6373

Скважина 7240 (рисунок 5).

ГИС ОПП от 24.09.21 г. Максимальный доход приборов – 1262.0 м. УРЗ и перфорированные пласты 15 горизонта: 1273.0-1275.0; 1277.0-1279.0; 1281.0-1284.0 м – не охвачены ГИС. По замерам термометрии, выполненным при закачке ($P_{\text{зак.}}=75$ атм.), движение закачиваемой жидкости отмечается до глубины 1237.0 м, ниже движения жидкости нет. Уход закачиваемой жидкости отмечается в УРЗ 15 горизонта в интервале: 1185,7-1186,2 м – 880,0 м³/сут. (100%). Поглощается закачиваемая жидкость преимущественно, перф. пластом 15 горизонта: 1185.3-1187.0 м и слабо, перф. пластами: 1191.9-1192.5; 1201.7-1203.3; 1206.7-1209.9; 1211.2-1218.0; 1225.0-1228.0; 1230.0-1237.0 м. Перф. пласт 1242.0-1248.0 м – как работающий не отмечается.

ГИС ОПП от 21.10.21 г. Максимальный доход приборов – 1292 м. Движение закачиваемой жидкости отмечается до глубины 1284 м. При $P_{\text{зак.}} 55.0$ атм., приёмистость скважины на дату исследований составила: 344.6 м³/сут. Уход закачиваемой жидкости отмечается через спец. отверстия УРЗ: 14 гор. – 57.6 м³/сут (16.7%); 15 гор. – 287.0 м³/сут (83.3%). Поглощение закачиваемой жидкости происходит перфорированными пластами 14 горизонта: 1185.3-1187.0; 1211.2-1218; 1225.0-1228.0; 1230.0-1237.0; 1242.0-1248.0 м. Перфорированные пласты: 1191.9-1192.5; 1201.7-1203.3; 1206.7-1209.9 м – как работающие не отмечаются. В 15 горизонте происходит основное поглощение закачиваемой жидкости в интервале: 1258.5-1264.0; 1273.0-1275.0; 1277.0-1279.0; 1281.0-1284.0 м.

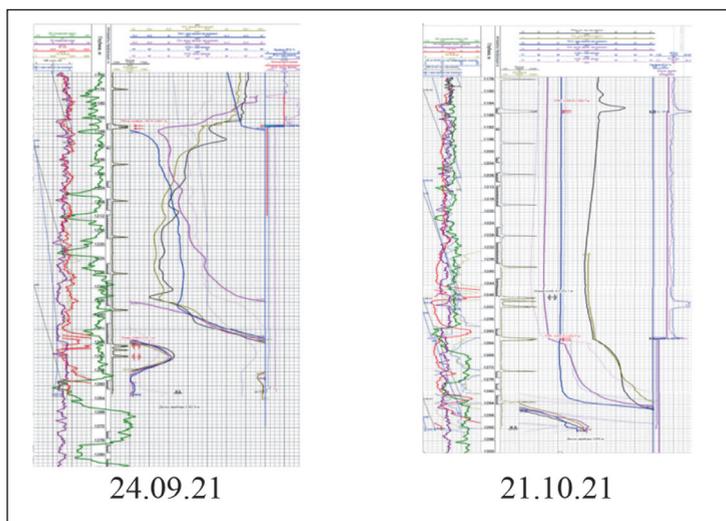


Рисунок 5 – ГИС ОПП скважины 7240

Заключение. Компонровка подземного оборудования (пакер, регулирующие штуцера) соответствуют требованиям.

Оборудование ОРЗ работает исправно: пакера герметичны, штуцера позволяют регулировать закачку воды на каждый пласт индивидуально.

В ходе эксплуатации скважин со спущенным оборудованием и закачкой сточной воды в скважинах 6326 (КНС-2в), 7240 (КНС-1) осложнений не выявлено, смена режима проходит в штатном режиме, глубинное оборудование не забивалось.

Осложнения выявлены в скважине 6373 (КНС-3) – присыпание и засорение механическими примесями лифта НКТ; налет на внутренней части штуцера отложений; не проход геофизического прибора через глубинные штуцера.

Применять компоновку 2ПРОК-ОРЗТ с системой телеметрии на участках закачки сточной воды нецелесообразно ввиду:

- отсутствия качественной подготовки воды;
- ухудшение качества воды в концевых точках;
- характер механических примесей не позволяет качественно производить фильтрацию жидкости;
- необходимости с частой периодичностью менять фильтроэлемент с остановкой скважин – значительные трудозатраты.

Критерии успешного проведения ОПИ

1) Конструктивная надежность оборудования: – Нарботка оборудования не менее 90 (девяносто) календарных дней; – Конструктивная надежность оборудования, подтвержденная в результате эксплуатации; – Герметичность элементов компоновки в период эксплуатации; – Отсутствие брака при монтаже и демонтаже комплектов оборудования.

2) Технология должна обеспечить одновременно-раздельную закачку жидкости в два пласта в соответствии с запланированным объемом закачки жидкости в каждый пласт, подтвержденный по результатам геофизических исследований.

Выводы. По результатам ОПИ компоновок 2ПРОК-ОРЗ с УРЗ (устройствами распределения закачки)

1) Конструктивная надежность оборудования:
 – наработка оборудования составила более 90 суток;
 – конструктивная надежность оборудования подтверждена в результате эксплуатации;
 – элементы компоновки герметичны;
 – отсутствует брак при монтаже комплектов оборудования

2) Технология обеспечивает одновременно-раздельную закачку жидкости в два пласта в соответствии с запланированным объемом закачки жидкости в каждый пласт и подтвержден результатами геофизических исследований.

Решение по результатам ОПИ компоновок 2ПРОК-ОРЗ с УРЗ (устройствами распределения закачки) рекомендовано использование данных компоновок в промышленных масштабах в нагнетательных скважинах АО «Озенмунайгаз».

Статья была написана по результатам проведенных опытно-промышленных испытаний технологии одновременно-раздельной закачки жидкости в два продуктивных горизонта. 

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Aitokhuehi I., Durlofsky L.J. Optimizing the performance of smart wells in complex reservoirs using continuously updated geological models. *Journal of Petroleum Science and Engineering* – 2005. – №48. – P. 254–264.
- 2 Орлов А.Ю. Системы для ГИС. Системы ОПЭ. Опыт внедрения и эксплуатации // *Инженерная практика*. – 2016. - № 6. – С. 50-56. [Orlov A.Ju. Sistemy dlja GIS. Sistemy ORJe. Opyt vnedrenija i jekspluatacii // *Inzhenernaja praktika*. - 2016. - № 6. - S. 50-56.]
- 3 Шамилов Ф.Т. Новинки пакерных технологий и оборудования для ОРД и ОРЗ // *Инженерная практика*. – 2012. – № 6. – С. 62-67. [Shamilov F.T. Novinki pakernyh tehnologij i oborudovanija dlja ORD i ORZ // *Inzhenernaja praktika*. - 2012. - № 6. - S. 62-67]
- 4 Маликов М.М., Нурутдинов И.А. Повышение эффективности эксплуатации скважин по технологии ОРДиЗ в НГДУ "Альметьевнефть" ПАО "Татнефть" // *Инженерная практика*. – 2016. – № 5. – С. 62 [Malikov M.M., Nurutdinov I.A. Povyshenie jeffektivnosti jekspluatacii skvazhin po tehnologii ORDiz v NGDU "Al'met'evneft'" PAO "Tatneft'" // *Inzhenernaja praktika*. – 2016. – № 5. – S. 62]
- 5 Чмырь А.В. Опытно-промысловые испытания оборудования для одновременно-раздельной добычи нефти и закачки воды в пласт // *Инженерная практика*. – 2020. – № 1. – С. 55. [Chmyr' A.V. Opytno-promyslovye ispytanija oborudovanija dlja odnovremenno-razdel'noj dobychi nef'ti i zakachki vody v plast // *Inzhenernaja praktika*. – 2020. – № 1. – S. 55]
- 6 Салахов Р.О. Оборудование и технологии ОПЭ ООО НПФ «ПАКЕР» // *Нефть. Газ. Новации*. – 2014. – №. 6. – С. 46-49. [Salahov R.O. Oborudovanie i tehnologii ORJe ООО NPF «PAKER» // *Neft'. Gaz. Novacii*. – 2014. – №. 6. – S. 46-49.]
- 7 Коновалова Л. Н. и др. Одновременно-раздельная эксплуатация пластов на поздней стадии разработки нефтяных месторождений // *Актуальные проблемы нефтегазовой отрасли Северо-Кавказского федерального округа*. – 2018. – С. 192-195. [6. 7. Konovalova L. N. i dr. Odnovremenno-razdel'naja jekspluatacija plastov na pozdnej stadii razrabotki nef'tjanyh mestorozhdenij // *Aktual'nye problemy nef'tegazovoj otrasli Severo-Kavkazskogo federal'nogo okruga*. – 2018. – S. 192-195.]
- 8 Демидов А.В., Пятибратов П.В. Моделирование поражения пласта взвешенными частицами при заводнении // *Территория Нефтегаз*. – 2016. – № 11. [Demidov A.V., Pjatibratov P.V. Modelirovanie porazhenija plasta vzveshennymi chasticami pri zavodnenii // *Territorija Nef'tegaz*. – 2016. – № 11.]
- 9 Демидов А. В., Пятибратов П. В. Повышение эффективности выработки запасов гидродинамически связанных пластов на основе одновременно- раздельной закачки воды с содержанием взвешенных частиц // *Нефть, газ и бизнес*. – 2016. – № 9. – С. 25. [Demidov A. V., Pjatibratov P. V. Povyshenie jeffektivnosti vyrabotki zapasov gidrodinamicheski svjazannyh plastov na osnove odnovremenno- razdel'noj zakachki vody s soderzhaniem vzveshennyh chastic // *Neft', gaz i biznes*. – 2016. – № 9. – S. 25.]
- 10 Афанасьев В.А. Проблемы внедрения технологии одновременно-раздельной эксплуатации на многопластовых месторождениях России // *Нефтяное хозяйство*. – 2011. – № 7. – С. 94-97 [Afanas'ev V.A. Problemy vnedrenija tehnologij odnovremenno-razdel'noj jekspluatacii na mnogoplastovyh mestorozhdenijah Rossii // *Neft'janoe hozjajstvo*. – 2011. – № 7. – S. 94-97]
- 11 Даценко Е. Н., Орлова И. О., Авакимян Н. Н. Техничко-экономическое обоснование выбора одновременно-раздельной эксплуатации верхнемеловой и нижнемеловой залежей Иванайского месторождения // *Наука. Техника. Технологии (политехниче-*

- ский вестник). – 2018. – №. 4. – С. 281-300. [Dacenko E. N., Orlova I. O., Avakimjan N. N. Tehniko-jekonomicheskoe obosnovanie vybora odnovenno-razdel'noj jekspluatacii verhnemelovoj i nizhnemelovoj zalezhej Ivanajskogo mestorozhdenija // Nauka. Tehnika. Tehnologii (politehnicheskij vestnik). – 2018. – №. 4. – S. 281-300.]
- 12 Захаров И.В. Эксплуатации многопластовых месторождений НГДУ // Нефтяное хозяйство. – 2012. – № 8. – С. 52-54. [Zaharov I.V. Jekspluatacii mnogoplastovyh mestorozhdenij NGDU // Neftjanoe hozjajstvo. – 2012. – № 8. – S. 52-54.]
- 13 Цику Ю.К., Захаров И.В. Оборудование для эксплуатации и исследования многопластовой скважины. – 2013. – №23. – С. 5. [Ciku Ju.K., Zaharov I.V. Oborudovanie dlja jekspluatacii i issledovanija mnogoplastovoj skvazhiny. – 2013. – №23. – S. 5.]
- 14 Афанасьев В.А Оборудование для одновременно-раздельной эксплуатации двух пластов через одну скважину. – 2012. – № 21. – С. 4 [Afanas'ev V.A Oborudovanie dlja odnovenno-razdel'noj jekspluatacii dvuh plastov cherez odnu skvazhinu. – 2012. – № 21. – S. 4.]
- 15 Калимуллин А. А. Перспективы развития технологии одновременно-раздельной эксплуатации на месторождениях западного склона Южно-Татарского свода // Геология в развивающемся мире. – 2020. – № 21. – С. 349-353. [Kalimullin A. A. Perspektivy razvitija tehnologii odnovenno-razdel'noj jekspluatacii na mestorozhdenijah zapadnogo sklona Juzhno-Tatarskogo svoda // Geologija v razvivajushhemsja mire. – 2020. – № 21. – S. 349-353.]