

УДК: 622.244.5; <https://doi.org/10.37878/2708-0080/2023-6.10>
<https://orcid.org/0000-0002-3451-9746>
<https://orcid.org/0000-0002-6604-2575>

ПРОБЛЕМА СОХРАНЕНИЯ КОЛЛЕКТОРСКИХ СВОЙСТВ ПРОДУКТИВНЫХ ГОРИЗОНТОВ – СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ



М.К. КАРАЖАНОВА,
PhD, доцент,
mikado_70@inbox.ru



А.Г. КАСАНОВА,
докторант,
akkasanova@mail.ru

КАСПИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГИЙ И ИНЖИНИРИНГА ИМ. Ш. ЕСЕНОВА
Республика Казахстан, 130000, г. Актау, 32 мкр.

Рассмотрены причины ухудшения коллекторских свойств продуктивных пластов при их вскрытии. Особое внимание уделено изучению геологических свойств эмульсий типа фильтрат бурового раствора – нефть. Продуктивные отложения на примере месторождений Юго-Западной Туркмении характеризуются сложным и неоднозначным составом пород, вод и бурового раствора и нефти. Каждая из составных частей, взаимодействуя с фильтратом бурового раствора, предопределяет ухудшение коллекторских свойств и уменьшение дебитов углеводородных флюидов. Для вскрытия продуктивных горизонтов с сохранением естественной проницаемости, а также для бурения в особо неустойчивых глинистых соленосных отложениях применялись растворы на нефтяной основе. В таких растворах дисперсионная среда представлена дизельным топливом, а дисперсная фаза тонкоразмолотым окисленным битумом.

Полученные результаты позволяют уточнить механизм снижения коллекторских свойств продуктивных пластов вследствие проникновения фильтрата буровых растворов, а также сформулировать новые требования к технологиям, составу и свойствам буровых растворов для вскрытия продуктивных пластов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: коллекторские свойства, фильтрационно-емкостных свойства, возникновения нефтегазопроявлений, пластовые флюиды

ӨНІМДІ ГОРИЗОНТТАРДЫҢ КОЛЛЕКТОРЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН САҚТАУ МӘСЕЛЕСІ – ҚАЗІРГІ ЖАҒДАЙ

М.К. КАРАЖАНОВА, PhD, доцент, mikado_70@inbox.ru
А.Г. КАСАНОВА, докторант, akkasanova@mail.ru

Ш. ЕСЕНОВ АТЫНДАҒЫ КАСПИЙ МЕМЛЕКЕТТІК ТЕХНОЛОГИЯ
ЖӘНЕ ИНЖИНИРИНГ УНИВЕРСИТЕТІ,
Қазақстан Республикасы, 130000, Ақтау қаласы, 32 мкр

Өнімді қабаттардың коллекторлық қасиеттерінің оларды ашу кезінде нашарлау себептері қарастырылады. Бұрғылау ерітіндісінің фильтраты-мұнай сияқты эмульсиялардың геологиялық қасиеттерін зерттеуге ерекше назар аударылады. Оңтүстік-Батыс Түрікменстан кен орындарының мысалындағы өнімді шөгінділер тау жыныстарының, сулардың және бұрғылау ерітіндісі мен мұнайдың күрделі және аралас құрамымен сипатталады. Бұрғылау ерітіндісінің сүзгісімен әрекеттесетін құрамдас бөліктердің әрқайсысы коллекторлық қасиеттердің нашарлауын және көмірсутек сұйықтықтарының дебиттерінің төмендеуін анықтайды. Табиғи өткізгіштігін сақтай отырып, өнімді горизонттарды ашу үшін, сондай-ақ ерекше тұрақсыз сазды тұзды шөгінділерде бұрғылау үшін мұнай негізіндегі ерітінділер қолданылды. Мұндай ерітінділерде дисперсиялық орта дизельмен, ал дисперсті фаза жұқа ұнтақталған тотыққан битуммен ұсынылған.

Алынған нәтижелер бұрғылау ерітінділерінің фильтратының енуіне байланысты өнімді қабаттардың коллекторлық қасиеттерін төмендету механизмін нақтылауға, сондай-ақ өнімді қабаттарды ашу үшін бұрғылау ерітінділерінің технологияларына, құрамына және қасиеттеріне жаңа талаптарды тұжырымдауға мүмкіндік береді.

ТҮЙІН СӨЗДЕР: коллекторлық қасиеттері, сүзу-сыйымдылық қасиеттері, мұнай-газ көріністерінің пайда болуы, қабат сұйықтықтары

THE PROBLEM OF PRESERVING THE RESERVOIR PROPERTIES OF PRODUCTIVE HORIZONS – THE CURRENT STATE

M.K. KARAZHANOVA, PhD, doцент, mikado_70@inbox.ru
A.G. KASSANOVA, doctoral student, akkasanova@mail.ru

CASPIAN STATE UNIVERSITY OF TECHNOLOGIES AND ENGINEERING
NAMED AFTER S. YESSENOV,
Micro area 32 Aktau, 13000, Republic Kazakhstan

The reasons for the deterioration of reservoir properties of productive layers during their opening are considered. Special attention is paid to the study of geological properties of emulsions of the drilling mud filtrate – oil type. Productive deposits on the example of the fields of Southwestern Turkmenistan are characterized by a complex and ambiguous composition of rocks, waters and drilling mud and oil. Each of the components, interacting with the filtrate of the drilling mud, determines the deterioration of reservoir properties and a decrease in the flow rates of hydrocarbon fluids. Oil-based solutions were used to open productive horizons while maintaining natural permeability, as well as for drilling in particularly unstable clay saline deposits. In such solutions, the dispersion medium is represented by diesel fuel, and the dispersed phase is finely ground oxidized bitumen.

The results obtained make it possible to clarify the mechanism of reducing the reservoir properties of productive formations due to the penetration of filtrate of drilling fluids, as well as to formulate new requirements for technologies, composition and properties of drilling fluids for opening productive formations.

KEY WORDS: reservoir properties, filtration and capacitance properties, occurrence of oil and gas occurrences, reservoir fluids

Введение. При строительстве нефтяных и газовых скважин основной целью является вскрытие продуктивных пластов. При этом главную роль играет сохранение коллекторских свойств продуктивных пластов, т.е. в процессе бурения необходимо соблюдать все условия, чтобы не загрязнять продуктивный пласт.

Следует отметить, что весь технологический цикл работ по заканчиванию скважин от первичного вскрытия продуктивного пласта до освоения взаимосвязан. Каждая входящая в этот цикл технология может перечеркнуть эффект предыдущей и обесценить применение последующих в отношении сохранения коллекторских свойств пласта. Так, высокое качество бурового раствора и щадящий режим вскрытия продуктивного пласта не обеспечат сохранения коллекторских свойств, если при цементировании разрушается фильтрационная корка бурового раствора, и продукты гидратации цемента попадают в пласт вместе с фильтратом тампонажного состава при перепаде давления, на порядок превышающем давление на пласт при его первичном вскрытии. Несмотря на многообразие исследований в этом направлении, все таки проблема сохранения коллекторских свойств продуктивных пластов остается и по настоящее время на повестке дня, требуя к себе внимания. Необходимы в каждом регионе комплексные геофизические и геолого-технологические исследования, которые позволят обосновать параметры бурового раствора. Исходя из отмеченного, настоящая статья посвящена анализу технологий, применяемых в различных условиях, с целью предотвращения загрязнения коллекторов.

Материалы и методы исследований. При вскрытии продуктивных горизонтов учитываются геологические условия, опыт проводки скважины технологические жидкости, применяемые при данных технологиях, которые должны быть совместимы с буровыми растворами, используемыми при первичном вскрытии, и, тем самым обеспечивая сохранение коллекторских свойств пластов, достигнутый при первичном вскрытии. К настоящему времени накопилось большое количество технологических решений применительно к различным горно-геологическим условиями [1–3, 5, 6]. Так, в работе [1] в результате экспериментальных исследований был разработан блокирующий состав, обеспечивающий сохранение ФЕС пласта. Он наряду с другими качествами обеспечивает сохранение ФЕС пласта – коэффициент восстановления проницаемости составляет более 95 %. Кроме того, разработанный состав задерживает набухание сложных по минералогическому и химическому составу глинистых минералов. Это обусловлено присутствием в нем ряда ингибирующих ионов (катионов щелочных металлов и фосфатных анионов), которые не вводятся дополнительно, а образуются в процессе приготовления состава в качестве побочных продуктов при формировании дисперсной фазы. Также блокирующий состав содержит полимерный реагент и ПАВ [1].

При этом важнейшую роль играют три основных фактора: высокая блокирующая способность состава, возможность его полного удаления из ПЗП после проведения работ и ингибирование набухания глинистого материала пласта. Решение поставленных задач возможно благодаря глубокому анализу результатов ГИС и ГТИ, постановке и проведению экспериментальных исследований, правильному подбору основного состава и различных добавок.

Результаты и обсуждение. При вскрытии продуктивных горизонтов (пластов) обычно используют ту же технологию и тот же буровой раствор, что и при бурении остальной части ствола скважины. Очень часто продуктивные горизонты (пласты) вскрывают с применением буровых растворов на водной основе. В случае применения таких буровых растворов вода отфильтровывается в пласт. Для повышения устойчивости стенок скважины и предупреждения осложнений в институте «Небитгазылмытаслама» [7] была разработана и внедрена в производство рецептура ингибированной системы алюмокальциевый раствор «АЛКАР-3М». Как отмечает автор, система стабилизирована лигносульфонатами. В качестве ингибитора, содержащего одновременно анионы (хромато-алюминаты, ферраты) и катионы (кальций, калий, магний) - приняты щелочные и кислотные гидролизаты портландцементов. В качестве гидрофобизирующего поверхностное активное вещество (далее ПАВ) предложены класса полиоксисилкиленов в селективных растворителях, выполняющие функции пеногасителя и смазывающей добавки. Продуктивные отложения месторождений Юго-Западной Туркмении характеризуются сложным и неоднозначным составом пород, вод и бурового раствора и нефти. Каждая из составных частей, взаимодействуя с фильтратом бурового раствора, предопределяет ухудшение коллекторских свойств и уменьшение дебитов углеводородных флюидов. Для вскрытия продуктивных горизонтов с сохранением естественной проницаемости, а также для бурения в особо неустойчивых глинистых соленосных отложениях применялись растворы на нефтяной основе. В таких растворах дисперсионная среда представлена дизельным топливом, а дисперсная фаза тонкоразмолотым окисленным битумом.

Для сохранения естественной проницаемости при первичном вскрытии продуктивного пласта необходимо минимизировать репрессию на пласт (вплоть до бурения на «равновесии»). При реализации такой технологии увеличивается вероятность возникновения нефтегазопроявлений и опасности фонтанирования скважины. В связи с этим для управления продуктивным пластом и снижения опасности открытого фонтанирования целесообразно разработать технические средства обнаружения нефтегазопроявления продуктивного пласта на начальной стадии, то есть фиксации момента появления пластового флюида в кольцевом пространстве в зоне продуктивного пласта. Вскрытие продуктивных пластов, в основном, осуществляют долотом того же диаметра, что и бурение вышележащего интервала [7 – 15].

Песчаные коллекторы с низкой проницаемостью обычно залегают в более сложных геологических условиях, по поровой структуре и характеристике потока в сравнении с песчаными коллекторами со средней и высокой проницаемостью. Традиционные геологические теории и теории фильтрации, а также инженерные методы неприменимы к разработке этих низкопроницаемых коллекторов, а скважины, пробуренные в них, часто дают нефть и газ с очень низкими дебитами. Недавние исследования в технологии разработки месторождений значительно повысили продуктивность низкопроницаемых коллекторов, сделав их основной целью разведки и добычи нефти. Теории и методы разработки, применяемые к низкопроницаемым коллекторам в Китае, рассматриваются в исследовании [16] на основе соответствующих геологических и инженерных методов, включая бурение, гидроразрыв пласта, добычу и проектирование поверхности. Здесь обобщен ряд уникальных технологи-

ческих достижений, помогающих в разработке низкопроницаемых коллекторов. Это исследование дает основание полагать, что проведение комплексных исследований позволит в дальнейшем добиться достижения эффективности сохранения коллекторских свойств при разработке коллекторов с низкой проницаемостью.

Авторы статьи отмечают, что залежи нефти с низкой проницаемостью в Китае широко распространены в бассейне Ордос, бассейне Сунляо, бассейне Джунгар, бассейне залива Бохай и т. д. Эти коллекторы с низкой проницаемостью обычно имеют отчетливые геологические характеристики, сложную структуру пор и сложные фильтрационные характеристики. Применение традиционных методов разработки, обычно применяемых к нефтяным месторождениям со средней и высокой проницаемостью, при применении к коллекторам с низкой проницаемостью обычно приводит к низкой нефтеотдаче. После многих лет теоретических исследований и проектирования были достигнуты значительные успехи в теории фильтрации, инженерных методах и технологиях, используемых при разработке низкопроницаемых коллекторов, включая методы описания коллектора и оптимального выбора блоков, комплексного проектирования схем расположения скважин и гидроразрыва пласта, а также для корректировки разработки пласта и повышения нефтеотдачи (EOR). Это привело к созданию ряда уникальных технологических достижений для успешной разработки месторождений нефти с низкой проницаемостью. Авторы работы [16] отмечают, что закон Дарси больше не подходит для применения к коллекторам с низкой проницаемостью. Ранее, как они отмечают, вывели формулы для описания течения в случае неподчинения закону Дарси для разных схем скважин, установили типовые кривые для расчета порогового градиента давления по данным низкопроницаемых месторождений и подтвердили повсеместное существование недарсиистского течения в низкопроницаемых коллекторах (рисунок 1) [16, 17].

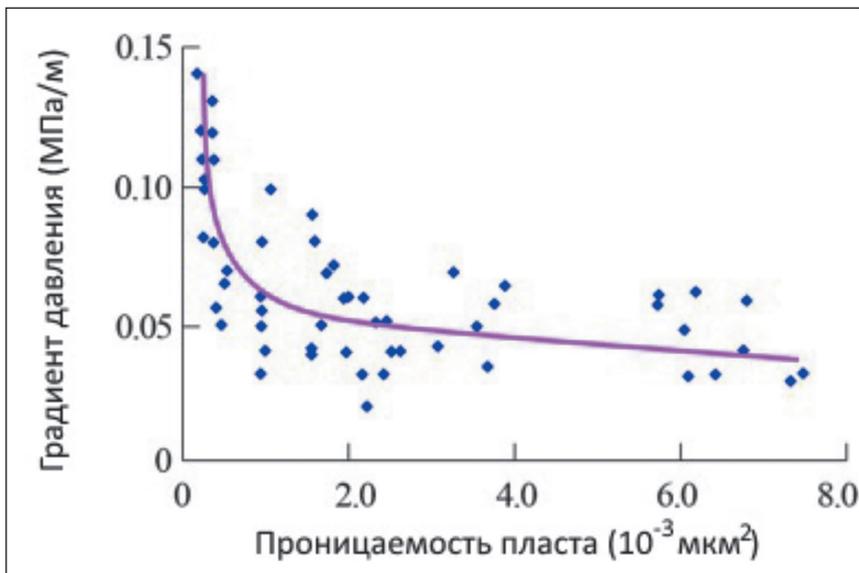


Рисунок 1 – Зависимость градиента давления от проницаемости низкопроницаемых пластов-коллекторов

Заключение и выводы. Из этой работы следует, что для коллекторов с низкой проницаемостью требуется меньшее расстояние между нагнетательными и добывающими скважинами по сравнению с коллекторами со средней или высокой проницаемостью. Сетка скважин с высокой плотностью обеспечивает эффективную систему привода для коллекторов с низкой проницаемостью. ГРП также является важным методом эффективной разработки залежи. Необходимо также учитывать общую картину трещин, а также координацию между трещинами и схемами размещения скважин.

Анализ накопленного к настоящему времени многочисленного материала и многолетняя практика применения различных промывочных жидкостей позволила прийти к следующему **заключению**.

1. Проблема качественного вскрытия продуктивных пластов в процессе углубления ствола скважины, инаряду с этим проблеме изучения геологических и технологических аспектов создания управляемого бурения на минимальной репрессии, исследователями уделялось недостаточное внимание.

2. Основной причиной ухудшения коллекторских свойств пласта является проникновение в пласт фильтрата и твердой фазы бурового раствора в период вскрытия.

3. Данное обстоятельство уменьшает естественную проницаемость призабойной зоны пласта, что вызывает заметное снижение продуктивности скважины. Это объясняется тем, что при проникновении твердой фазы, в особенности глины, в призабойную зону пласта поры коллектора закупориваются, в результате чего проницаемость может снизиться.

4. При проникновении фильтрата бурового раствора в продуктивный пласт происходит заметное ухудшение естественных коллекторских свойств призабойной зоны в результате действия набухания глинистых частиц породы коллектора; снижения фазовой проницаемости по нефти; возникновения капиллярных явлений на контакте воды с пластовой нефтью; закупоривании пор коллектора нерастворимыми в воде и нефти твердыми частицами, образующимися в результате взаимодействия фильтратов буровых растворов и промывочных жидкостей с пластовыми флюидами.

Для предотвращения ухудшения коллекторских свойств продуктивных пластов необходимо проведение следующих исследований.

1. Анализ комплексной информации, основанной на результатах ГИС и ГТИ.

2. Анализ основных факторов, оказывающих влияние на загрязнение коллекторов продуктивного пласта при бурении и механизмов их воздействия.

3. Совершенствование технологии бурения скважин, обеспечивающей сохранение и восстановление фильтрационно-емкостных свойств продуктивных пластов.

4. Разработка хемреагентов и составов буровых растворов, обеспечивающих сохранение фильтрационно-емкостных свойств продуктивных пластов.

5. Обобщение результатов исследований в виде рекомендаций, направленных на повышение качества вскрытия и заканчивания скважин на нефтяных месторождениях Казахстана.

6. Разработка мероприятий, направленных на улучшение качества вскрытия продуктивных пластов за счет совершенствования и внедрения новых систем буровых растворов, позволяющих предотвратить загрязнение коллекторов.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Гасумов Р.А., Костюков С.В., Гасумов Р.Р., Лукьянов В.Т., Дудаев С.А. Сохранение фильтрационно-емкостных свойств продуктивных пластов при их временной изоляции // Нефть и газ -2017.– №4 – С. 58-66.[Gasumov R.A., Kostyukov S.V., Gasumov R.R., Luk'yanov V.T., Dudaev S.A. Sohranenie fil'tracionno-emkostnyh svojstv produktivnyh plastov pri ih vremennoj izolyacii // Neft' i gaz -2017.– №4 – С. 58-66.]
- 2 Гасумов Р. А., Минликаев В. З. Повышение и восстановление производительности газовых и газоконденсатных скважин. - М.: ООО «Газпром экспо», 2010. - 477 с.[Gasumov R. A., Minlikaev V. Z. Povyshenie i vosstanovlenie proizvoditel'nosti gazovyh i gazokondensatnyh skvazhin. - M.: ООО «Gazprom экспо», 2010. - 477 s.]
- 3 Басарыгин Ю. М., Макаренко П. П., Мавромати В. Д. Ремонт газовых скважин. - М.: Недра, 1998. - 271 с.[Basarygin YU. M., Makarenko P. P., Mavromati V. D. Remont gazovyh skvazhin. - M.: Nedra, 1998. - 271 s.]
- 4 Сулейменов Н.С., Подгорнов В.М. Удаление фильтрационных корок буровых растворов в процессе кислотной обработки с учетом фракционного состава карбонатного наполнителя // Вестник Ассоциации буровых подрядчиков. – 2019. – №4. – С. 8-11. [Sulejmenov N.S., Podgornov V.M. Udalenie fil'tracionnyh korok burovyh rastvorov v processe kislotnoj obrabotki s ucheto mfrakcionnog o sostava karbonatnogo napolnitelya // Vestnik Associacii burovyh podryadchikov. – 2019. – №4. – S. 8-11.]
- 5 Вагина Т. Ш., Гаврилов А. А. Разработка блокирующего состава для глушения скважин на месторождениях Западной Сибири с учетом современных требований // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. - 2014. - № 6. - С. 38-41. [Vagina T. SH., Gavrilov A. A. Razrabotka blokiryushchego sostava dlya glusheniya skvazhin na mestorozhdeniyah Zapadnoj Sibiri s ucheto m sovremennyh trebovanij // Stroitel'stvo neftyanyh i gazovyh skvazhin na sushe i na more. - 2014. - № 6. - S. 38-41.]
- 6 Терещук М.С., Никитин П.М. Обработка призабойной зоны ствола скважины при заканчивании открытым забоем брейкерным составом EZY-FLOW // Бурение и нефть. - 2018. – №3. – С. 20-30. [Tereshchuk M.S., Nikitin P.M. Obrabotka prizabojnoj zony stvola skvazhiny pri zakanchivanii otkrytym zaboem brejkernym sostavom EZY-FLOW // Burenie i neft'. - 2018. – №3. – S. 20-30.]
- 7 Макарова А.А. и др. Анализ чувствительности динамики очистки скважины и околоскважинной зоны к параметрам пласта, перфорации и свойствам бурового раствора // Нефтяное хозяйство. – 2015. – № 3. – С. 79-83. [Makarova A.A. i dr. Analiz chuvstvitel'nosti dinamiki oчитki skvazhiny i okoloskvazhinnoj zony k parametram plasta, perforacii i svojstvam burovogo rastvora // Neftyano e hozyajstvo. – 2015. – № 3. – S. 79-83.]
- 8 Крылов В. И., Крещул В. В., Меденцев С. В. Современные технологические жидкости для заканчивания и капитального ремонта скважин. Часть 1 // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. - 2015. - № 1. - С. 364. [Krylov V. I., Krecul V. V., Medencev S. V. Sovremennye tekhnologicheskie zhidkosti dlya zakanchivaniya i kapital'nogo remonta skvazhin. CHast' 1 // Stroitel'stvo neftyanyh i gazovyh skvazhin na sushe i na more. - 2015. - № 1. - S. 364.]
- 9 Подгорнов В.М. Формирование призабойной зоны скважины. - М.: РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2005. – С. 5-29. [Podgornov V.M. Formirovanie prizabojnoj zony skvazhiny. - M.: RGU nefti i gaza im. I.M. Gubkina, 2005. – S. 5-29.]
- 10 Сулейменов Н.С. Факторы, влияющие на снижение гидропроводности призабойной зоны скважины // Нефть и газ. – 2021. – №6. - С.100-109. [Sulejmenov N.S. Faktory, vliyayushchie na snizhenie gidroprovodnosti prizabojnoj zony skvazhiny // Neft' i gaz. – 2021. – №6. - S.100-109.]

- 11 Акимов Н.И., Стрижнев К.В., Чернов А.В., Павлов И.В. Влияние параметров пласта на продуктивность горизонтальных скважин // Интервал. – 2006. – №4. – С. 38-43. [Акимов Н.И., Стрижнев К.В., Чернов А.В., Павлов И.В. Влияние параметров пласта на продуктивность горизонтальных скважин // Интервал. – 2006. – №4. – С. 38-43.]
- 12 Крылов В.И., Крецул В.В., Гимазетдинов В.М. Основные факторы, влияющие на загрязнение продуктивных пластов, и разработка рекомендаций по повышению продуктивности скважин // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2015. – № 12. – С. 31-36. [Krylov V.I., Krecul V.V., Gimazetdinov V.M. Osnovnyye faktory, vliyayushchie na zagryaznenie produktivnyh plastov, i razrabotka rekomendacij po povysheniyu produktivnosti skvazhin // Stroitel'stvo neftyanyh i gazovyh skvazhin na sushe i na more. – 2015. – № 12. – S. 31-36.]
- 13 Рогов Е.А. Состав технологической жидкости для декольматации призабойной зоны пласта // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2016. – №6. – С. 10-22. [Rogov E.A. Sostav tekhnologicheskoy zhidkosti dlya dekol'matatsii prizabojnoj zony plasta // Stroitel'stvo neftyanyh i gazovyh skvazhin na sushe i na more. – 2016. – №6. – S. 10-22.]
- 14 Подгорнов В.М., Сулейменов Н.С. Моделирования загрязнения при первичном вскрытии пласта бурением и очистки путем установки кислотной ванны // Вестник КБТУ. – 2008. – С. 29-34. [Podgornov V.M., Sulejmenov N.S. Modelirovaniya zagryazneniya pri pervichnom vskrytii plasta bureniem i ochildki putem ustanovki kislotnoj vannы // Vestnik KBTU. – 2008. – S. 29-34.]
- 15 Деряев А.Р. Вскрытие продуктивных горизонтов и освоение скважин методом одновременно-раздельной эксплуатации // Естественные и точные науки. – 2021. – С. 62-68. [Deryaev A.R. Vskrytie produktivnyh gorizontov i osvoenie skvazhin metodom odnovremenno-razdel'noj ekspluatatsii // Estestvennyye i tochnye nauki. – 2021. – S. 62-68.]
- 16 Bingyu Ji, Jichao Fang. An overview of efficient development practices at low permeability sandstone reservoirs in China // Energy Geoscience. – 2023. – Vol. 4, I. 3. – P. 100179. <https://doi.org/10.1016/j.engeos.2023.100179>
- 17 Ji B.Y., Li L., Wang C.. Oil production calculation for a real well pattern of low-permeability reservoir with non-Darcy seepage flow // Acta Petrol. Sin. – 2008. – N 29. – P. 256-261. 10.7623/syxb200802018