

УДК 004.588
МРНТИ 28.23.29

DOI: <https://doi.org/10.54859/kjogi108602>

Получена: 13.09.2022.

Одобрена: 15.06.2023.

Опубликована: 30.06.2023.

Оригинальное исследование

Применение программного обеспечения «ЖУЛДЫЗ». Адаптация и работа с моделями

Л.Б. Кабдулова¹, Р.А. Юсубалиев², Р.Д. Урымбасаров¹, А.А. Башев¹,
А.С. Марданов¹

¹Атырауский филиал ТОО «КМГ Инжиниринг», г. Атырау, Казахстан

²Казахский научно-исследовательский геологоразведочный нефтяной институт, г. Атырау, Казахстан

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Одним из условий эффективного освоения месторождений нефти и газа является достоверное прогнозирование их разработки, в т.ч. с использованием возможностей современного программного обеспечения. В результате многолетних разработок создан первый и единственный казахстанский импортозамещающий программный продукт «Жулдыз», с помощью которого производится контроль за выполнением технологических решений на месторождении.

Цель. Цель заключается в реализации единой программной платформы, охватывающей полный цикл разработки и эксплуатации месторождений.

Материалы и методы. В данной работе представлен опыт использования программного обеспечения «Жулдыз» на месторождении Каратобе Южное, а также программных модулей для оптимизации процессов моделирования.

Результаты. С помощью программного обеспечения, учитывающего комплекс геолого-физических результатов и историю добычи месторождения Каратобе Южное, были получены данные для построения карт разработки, оценки связности коллекторов и распределения нагнетаемой воды, анализа промысловых показателей по скважинам, подбора скважин-кандидатов для проведения геолого-технических мероприятий, а также программные модули оптимизации процессов моделирования. Также выявлены дополнительные возможности для оценки и сравнения показателей разработки месторождения.

Заключение. По результатам проведенного анализа в программном обеспечении «Жулдыз» были выработаны решения по совершенствованию системы поддержания пластового давления месторождения Каратобе Южное. Проведен подбор скважин для проведения геолого-технических мероприятий и расчёт эффективности, что позволит уменьшить количество неуспешных геолого-технических мероприятий путём увеличения качества подбираемых скважин-кандидатов за счёт нового подхода к оценке скважины с геологической и технологической точки зрения.

Ключевые слова: программное обеспечение, мониторинг и анализ разработки, подбор скважин и участков, расчёт эффективности, геолого-технические мероприятия.

Как цитировать:

Кабдулова Л.Б., Юсубалиев Р.А., Урымбасаров Р.Д., Башев А.А., Марданов А.С. Применение программного обеспечения «ЖУЛДЫЗ». Адаптация и работа с моделями // Вестник нефтегазовой отрасли Казахстана. 2023. Том 5, №2. С. 81–90. DOI: <https://doi.org/10.54859/kjogi108602>.

UDC 004.588
CSCSTI 28.23.29

DOI: <https://doi.org/10.54859/kjogi108602>

Received: 13.09.2022.

Accepted: 15.06.2023.

Published: 30.06.2023.

Original article

Application of the software "ZHULDYZ". Adaptation and work with models

Laura B. Kabdullova¹, Renat A. Yussubaliyev², Rustem D. Urymbassarov¹,
Adilbek A. Bashev¹, Altynbek S. Mardanov¹

¹Atyrau branch of KMG Engineering, Atyrau, Kazakhstan

²Kazakh Research Geological Prospecting Oil Institute, Atyrau, Kazakhstan

ABSTRACT

Background: One of the conditions for the effective development of oil and gas fields is reliable forecasting of its exploitation, including using the capabilities of modern software. As a result of many years of work, the first and only Kazakhstani import-substituting software product "Zhuldyz" was developed which helps to control the implementation of process solutions at the field.

Aim: Implement a single software platform covering the complete cycle of exploration and development of the fields.

Materials and methods: This paper presents the experience of using the "Zhuldyz" software at the Karatobe Yuzhnoye field, as well as software modules for optimizing modeling processes.

Results: Using software accounting a set of geological and physical results and the production history of the Karatobe Yuzhnoye deposit, data were obtained for constructing development maps, assessing reservoir connectivity and distribution of injected water, analyzing field performance for wells, selecting candidate wells for well interventions, as well as software modules for optimizing modeling processes. Additional opportunities for assessing and comparing field development indicators have also been identified.

Conclusion: Based on the results of the analysis carried out in the Zhuldyz software, solutions were developed to improve the reservoir pressure maintenance system at the Karatobe Yuzhnoye deposit. The selection of wells for well interventions and the calculation of efficiency were carried out, which will reduce the number of unsuccessful well interventions by increasing the quality of selected candidate wells through a new appraisal approach from a geological and technological point of view.

Keywords: *software, development monitoring and analysis, selection of wells and sites, calculation of the effectiveness of well interventions.*

To cite this article:

Kabdullova LB, Yussubaliyev RA, Urymbassarov RD, Bashev AA, Mardanov AS. Application of the software "ZHULDYZ". Adaptation and work with models. *Kazakhstan journal for oil & gas industry*. 2023;5(2):81–90. DOI: <https://doi.org/10.54859/kjogi108602>.

ӨОЖ 004.588

ГТАХР 28.23.29

DOI: <https://doi.org/10.54859/kjogi108602>

Қабылданды: 13.09.2022.

Мақұлданды: 15.06.2023.

Жарияланды: 30.06.2023.

Түпұнқазерттеу

Қолдану бағдарламалық қамтамасыз ету "ЖҰЛДЫЗ". Бейімдеу және жұмыс істеу моделі

Л.Б. Қабдулова¹, Р.А. Юсубәліев², Р.Д. Ұрымбасаров¹, А.А. Башев¹,
А.С. Марданов¹

¹ҚМГ Инжиниринг Атыраулық филиалы, Атырау қаласы, Қазақстан

²Қазақ ғылыми-зерттеу геологиялық барлау мұнай институты, Атырау қаласы,
Қазақстан

АННОТАЦИЯ

Негіздеу. Шарттарының бірі тиімді игеру мұнай және газ кен орындарын болып табылады дұрыс болжау, оларды әзірлеу, оның ішінде мүмкіндіктерін пайдалана отырып, қазіргі заманғы бағдарламалық қамтамасыз ету. Нәтижесінде көпжылдық жұмыстар әзірленді бірінші және жалғыз Қазақстандық бағдарламалық өнім "Жұлдыз", оның көмегімен жүргізіледі орындалуын бақылау технологиялық шешімдерді кен орнында.

Мақсаты. Бағдарламалық қамтамасыз ету нақты өндірістік тапсырмаларды, кен орнын игеру мен пайдаланудың толық циклін жүзеге асыруға мүмкіндік береді.

Материалдар мен әдістер. Осы жұмыста құрал ретінде Оңтүстік Қаратөбе кен орнында қолданылған "Жұлдыз" бағдарламалық қамтамасыз ету бағдарламасы пайдаланылған.

Нәтижелері. Геологиялық-физикалық нәтижелер мен кен орнын өндіру тарихын есепке алатын бағдарламалық қамтамасыз етудің көмегімен игеру карталарын құру, коллекторлардың байланысын және айдалатын судың таралуын бағалау, ұңғымалар бойынша кен орнының өнімділігін талдау, геологиялық-техникалық шараларға үміткер ұңғымаларды, сондай-ақ модельдеу процестерін оңтайландыру үшін бағдарламалық модульдерді таңдау.

Қорытынды. «Жұлдыз» бағдарламалық қамтамасыз етуінде жүргізілген талдау нәтижелері бойынша Оңтүстік Қаратөбе кен орнындағы қабат қысымын сақтау жүйесін жетілдіру бойынша шешімдер әзірленді. Ұңғымаларды геологиялық-технологиялық тұрғыдан бағалауға жаңа көзқарас арқылы таңдалған үміткер ұңғымалардың сапасын арттыру арқылы ұңғымаларды интервенциялау үшін ұңғымаларды таңдау және тиімділікті есептеу жүргізілді.

Негізгі сөздер: бағдарламалық қамтамасыз ету, мониторинг және талдау, әзірлеу, іріктеу, таңдау, ұңғымалар және учаскелер, ГТМ тиімділігін есептеу.

Дәйексөз келтіру үшін:

Қабдулова Л.Б., Юсубәліев Р.А., Ұрымбасаров Р.Д., Башев А.А., Марданов А.С. Қолдану бағдарламалық қамтамасыз ету "ЖҰЛДЫЗ". Бейімдеу және жұмыс істеу моделі. // Қазақстанның мұнай-газ саласының хабаршысы. 2023. 5 том, №2, 81–90 б. DOI: <https://doi.org/10.54859/kjogi108602>.

Введение

Программное обеспечение (далее – ПО) “Жулдыз” состоит из модуля “Менеджер базы данных”, предназначенного для загрузки, анализа, редактирования и хранения первичной геолого-геофизической и промысловой информации (далее – ГПИ), а также модуля “Адаптация и работа с моделями”, предлагаемого как инструмент использования геолого-гидродинамических моделей (далее – ГГДМ) в рамках текущих производственных и геологических задач промысла. Модуль “Адаптация и работа с моделями” адаптирован для специалистов геологов и разработчиков, содержит большое количество инструментов для оперативного (интерактивного) анализа моделей месторождений, построенных в TempestMore (Roxar) и Eclipse-100 (Schlumberger).

Основные решаемые задачи:

- сравнительный анализ моделей и ГПИ, построение карт, разрезов, построение геологических профилей в 2D и 3D режимах, схем корреляции;
- дифференцированный анализ разработки с помощью таблиц и графиков;
- подбор скважин и участков с заданными геолого-промысловыми характеристиками;
- анализ участков, объектов разработки по большому числу представленных характеристик вытеснения;
- подбор траекторий скважин для бурения боковых и горизонтальных стволов (без оценки технико-экономических показателей) на основе ГГДМ исходной базы данных;
- формирование произвольных и регламентных отчетов, таблиц и графиков по объектам разработки, участкам и скважинам;
- анализ ГПИ и результатов моделирования.

Результаты апробации

ПО “Жулдыз” в условиях месторождения Каратобе Южное

Месторождение открыто в результате поискового бурения в 1978 г. и введено в промышленную эксплуатацию в 2000 г.

По величине извлекаемых запасов месторождение относится к средним, а по степени сложности – к сложным: месторождение характеризуется невыдержанностью толщин продуктивных пластов

по площади и по разрезу, наличием зон литологического замещения коллекторов слабопроницаемыми породами. Подпор пластовых вод на залежь осуществляется с запада, но при разработке месторождения активность пластовых вод не была проявлена, и пластовое давление в зонах отбора интенсивно снижается.

Ниже прилагаются возможности построения 3D-карт с помощью геологической модели. Программное обеспечение модуля “Адаптация и работа с моделями” применяется для определения площади залежей, объемов нефте- и газонасыщенных пород, объемов углеводородов в пластовых условиях (рис. 1–2).

Общий пробуренный фонд скважин по месторождению Каратобе Южное составляет 23 ед., из которых 14 скважин добывающие, 3 – нагнетательные, 6 – ликвидированные.

Накопленная добыча по горизонту составляет 2,653 млн т. Начальные извлекаемые запасы составляют 9,383 млн т, остаточные геологические запасы – более 25 млн т. Выработка запасов по месторождению за 20 лет разработки составляет 28,3% [1].

Средний дебит по нефти составляет 67,3 т/сут. История изменения показателей с момента ввода эксплуатации горизонта показана на рис. 3, график технологических показателей разработки построен с помощью модуля “Адаптация и работа с моделями”.

Текущая компенсация на дату отчета в пластовых условиях составила 71,3%, накопленная – 27,1%. Объем накопленной закачанной воды составляет 1,208 млн м³ при среднегодовой приемистости одной скважины 297,9 м³/сут (рис. 4).

Инструмент расчёта зон влияния закачки (ячеек заводнения) и визуализация линий тока

Эффективность разработки месторождения Каратобе Южное зависит от комплекса геолого-физических характеристик пластов и принятых проектных решений, целью которых является поддержание пластового давления (далее – ППД) и наиболее полное вытеснение нефти. Процесс управления заводнением осложняется целым рядом неопределенностей, в т.ч. связанных с количественной оценкой взаимовлияния скважин.

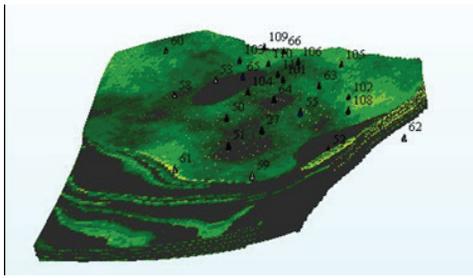


Рисунок 1. Визуализация 3D модели
Figure 1. Visualization of the 3D model

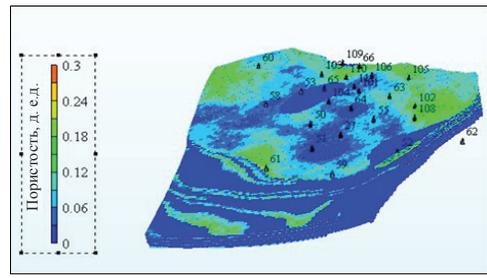


Рисунок 2. 3D изображение куба пористости
Figure 2. 3D view of the porosity cube

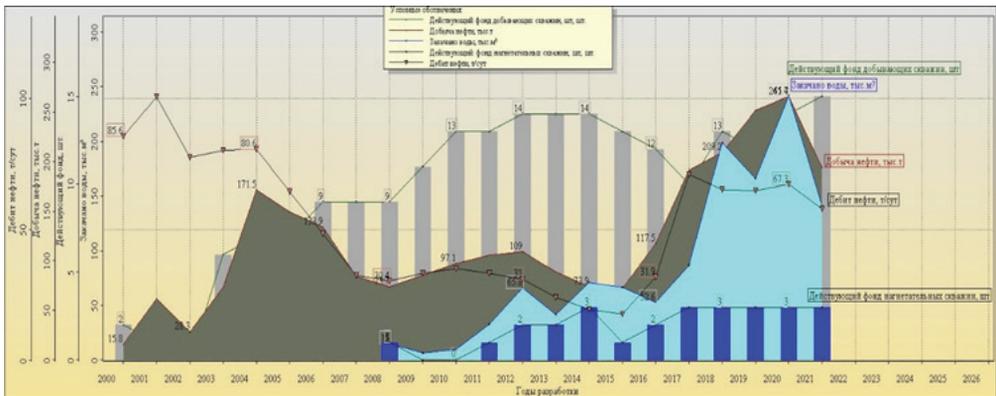


Рисунок 3. Динамика показателей разработки горизонта P2
Figure 3. Dynamics of measures of the development of P2 horizon

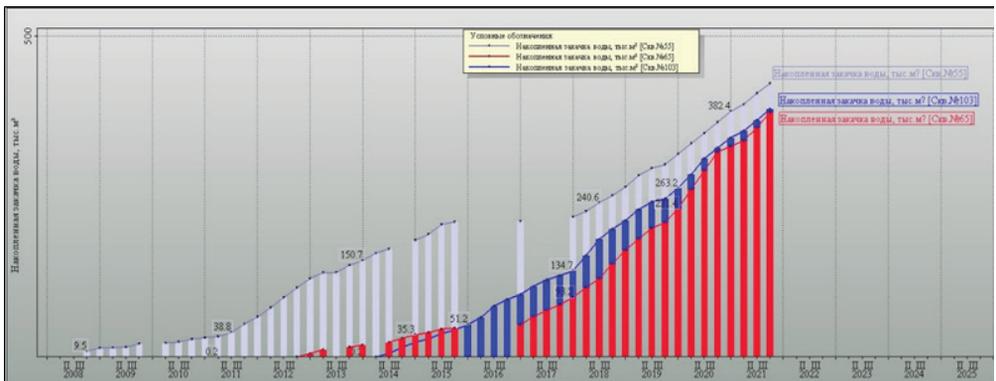


Рисунок 4. Накопленная закачка горизонта P2
Figure 4. Cumulative injection of P2 horizon

Для решения этой задачи, наряду с проведением исследований и мероприятий, таких как гидропрослушивание, закачка трассеров и т.д., возможно использование инструментария “Расчёт зон ячеек заводнения и визуализация линий тока”.

В работе обсуждается применение метода линий тока для оценки эф-

фективности закачки воды, ранжирование скважин и последующее перераспределение закачки по скважинам. Ранжирование скважин проводилось по эффективности закачки воды, обводнённости продукции скважин, объёму непроизводительной закачки.

Исходя из направления фильтрационных потоков и проницаемости кол-

лектора, можно сделать вывод о том, что фронт вытеснения движется в восточном направлении. Южная и юго-западная части не испытывают влияния закачки (рис. 5).

Для дальнейшего анализа рассмотрим южную и юго-западную части пласта объекта разработки. Зона недокомпенсирована: текущая компенсация составляет 71,3%, что требует проведения мероприятий по усилению системы ППД. Анализ влияния закачки, показывает, что скважины 27, 50, 51, 52, 64, 108 не охвачены заводнением. Для увеличения пластового давления южной и юго-западной частей пласта рекомендуется перевод под нагнетание скважины 50 или 51, а также бурение новой нагнетательной скважины в этой области. На северном участке рекомендуется усилить работу нагнетательной скважины 65 за счёт проведения гидроразрыва пласта.

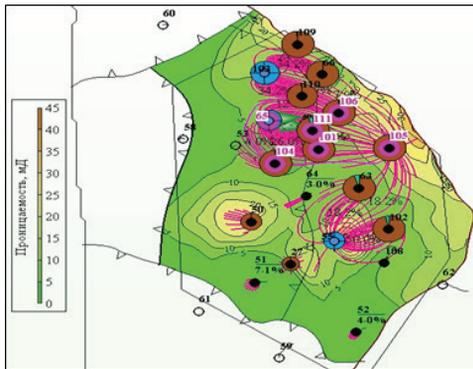


Рисунок 5. Анализ зон влияния закачки, горизонт P2

Figure 5. Analysis of injection influence zones, P2 horizon

Инструмент анализа ГПИ для выявления перспективных скважин-кандидатов на проведение ГТМ

Основной задачей на нефтяных месторождениях является достижение максимального коэффициента извлечения нефти (далее – КИН). Хорошо известно, что существует 4 стадии разработки месторождения: 1-я стадия – интенсивное освоение месторождения (разбуривание, рост добычи), 2-я стадия – максимальный уровень добычи (стабилизация добычи), 3-я стадия – падение добычи, 4-я стадия – завершение разработки (экономический

предел добычи). Для того чтобы КИН был достигнут, план разработки часто оптимизируется по мере эксплуатации пластов. Начиная с третьей стадии (а иногда и со второй), необходимо выполнять геолого-технические мероприятия (далее – ГТМ), которые являются главным инструментом увеличения эффективности разработки на поздних стадиях.

Первостепенной задачей инструмента являются увеличение эффективности и оптимизация процесса подбора скважин-кандидатов с помощью инструмента подбора. Цель работы – разработать методику, учитывающую геологию, текущую выработку запасов и энергетическое состояние пласта, позволяющую выявить из общего фонда скважин наиболее перспективные скважины-кандидаты с точки зрения дополнительной добычи.

По заданным критериям (текущий дебит менее 50 м³/сут, накопленные отборы, проницаемость менее 1 мД, эффективная толщина менее 30 м) в 2019 г. был проведен первичный подбор скважин-кандидатов, подходящих для проведения ГРП (проницаемость объекта низкая, что требует проведения интенсивных методов повышения нефтеотдачи пласта).

После сопоставления списка скважин-кандидатов с фактическими ГТМ были выявлены совпадения. Ячейки в Центре поиска, залитые зеленым цветом, означают, что скважина, на которой был проведен фактический ГТМ, сошлась со списком скважин-кандидатов (рис. 6). Следующим шагом необходимо провести анализ фактических ГТМ, которые сошлись со списком кандидатов, чтобы понять, насколько хорошо были выполнены данные мероприятия и есть ли корреляция выбора скважины для ГТМ с единым геологическим критерием, который рассчитывал инструмент поиска [2].

Созданная методика в программном комплексе “Жулдыз” позволяет:

- уменьшить количество неуспешных ГТМ путём увеличения качества подбираемых скважин-кандидатов за счёт нового подхода к оценке скважины с геологической и технологической точки зрения;

- уменьшить трудозатраты путём упрощения методики и уменьшения времени, затрачиваемого на рассмотрение кандидатов, и задействования минимального количества специалистов.

В ноябре 2020 г. на скважине 106 месторождения Каратобе Южное был проведен ГРП. Для того чтобы проверить достоверность теоретического расчётного дебита после ГРП, необходимо проверить запуски и вести наблюдение за поведением скважины в течение года после ГРП, как правило, эффективность ГРП рассчитывается на один год (рис. 7–8).

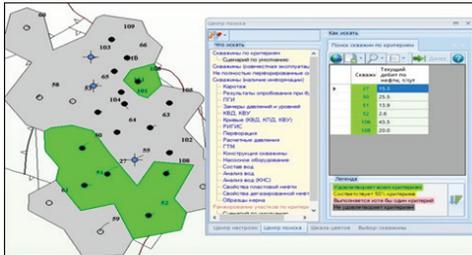


Рисунок 6. Инструмент поиска скважин-кандидатов по критериям
Figure 6. Tool for searching candidate wells by criteria

Предметной областью информационного обеспечения являются эксплуатационные скважины, когда-либо пробуренные на месторождении, история эксплуатации и ежемесячная характеристика работы и состояния каждой из них, а также показатели эксплуатации объектов разработки, лицензионных участков и месторождений.

При проектировании добывающих скважин выбор скважин-кандидатов для первоочередного бурения осуществляется на основе рейтинга бурения,

ранжирование в котором выполняется по ключевому параметру – начальному дебиту нефти q_n , рассчитываемому на основе известных фильтрационно-емкостных свойств пласта и геометрических параметров сетки скважин. Рейтинг позволяет определять очередность бурения новых скважин для наиболее эффективного вовлечения запасов нефти в разработку.

Проектная конструкция скважины обязательно составляется на каждую скважину или группу скважин. Она служит основанием для всех инженерных расчётов, связанных с бурением. Для составления проектной конструкции скважины необходимо иметь ряд исходных сведений. В частности, описание геологического строения данного участка или района работ должно отражать: литологический состав горных пород, их физико-механические свойства и категории по буримости, наличие водоносных горизонтов, наличие зон поглощения промывочной жидкости или напорных вод. Кроме того, необходимо учитывать глубины расположения старых подземных горных выработок.

Преимущества заложения проектной скважины в ПО «Жулдыз»:

- возможность выбора назначения и цели бурения скважины;
- определение геологического строения точки заложения;
- расчёт проектной длины ствола скважины и её азимутальное и зенитное направления.

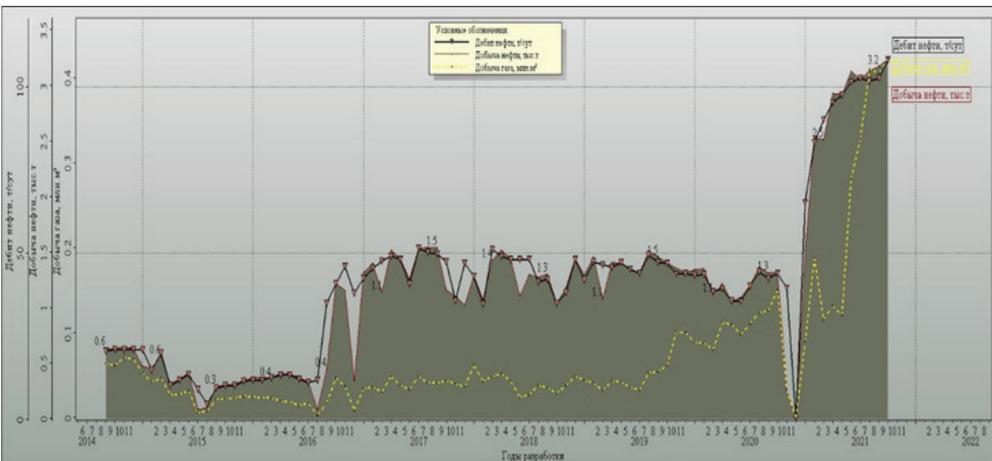


Рисунок 7. Динамика добычи нефти, газа на скважине 106 после проведения ГТМ
Figure 7. Dynamics of oil and gas production at well 106 after well interventions

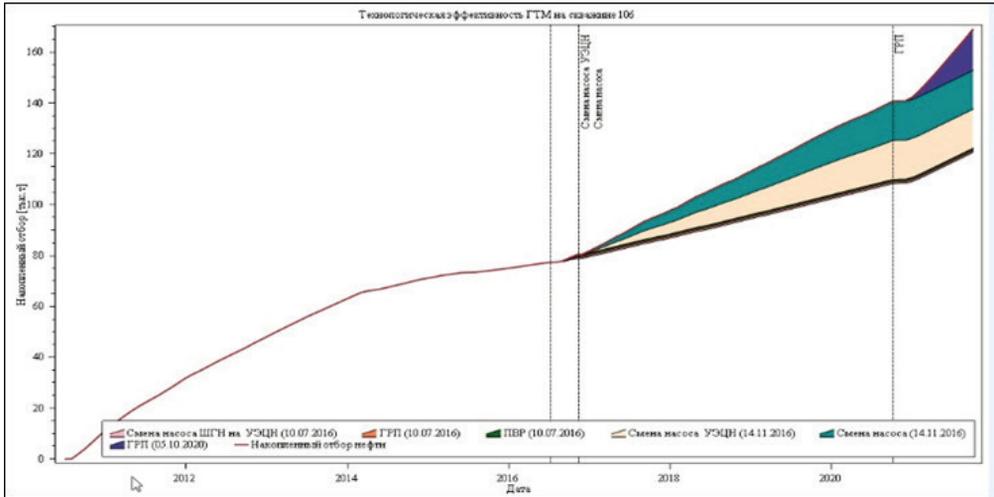


Рисунок 8. Расчёт эффективности ГТМ на скважине №106
Figure 8. Calculation of the efficiency of well interventions at well No. 106

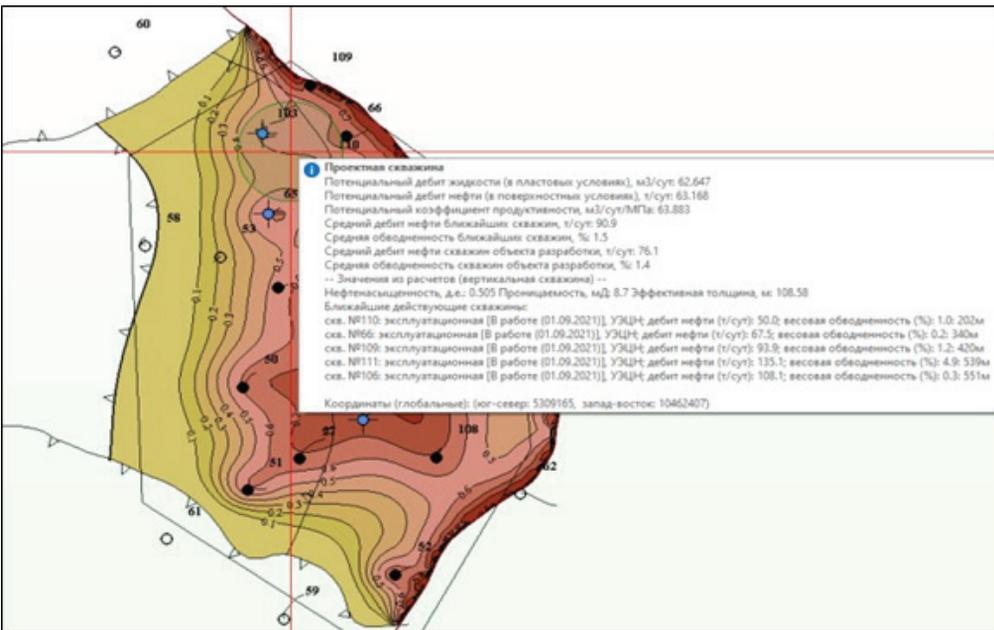


Рисунок 9. Инструмент добавления проектной скважины
Figure 9. Design well add tool

Одним из параметров, определяющих q_n , является нефтенасыщенная толщина (далее – ННТ). Именно этот параметр определяется по сейсмическим данным, используемым для построения геологической модели месторождения. Как правило, в распоряжении геолога имеется единственный вариант структурной поверхности, предоставляемый в рамках сейсмического отчета по данной тер-

ритории. Этот вариант и закладывается в расчёт кровли резервуара и ННТ. Однако проектные скважины на месторождении могут располагаться в зонах с разным качеством сейсмического материала, под которым понимаются и зашумленность волнового поля, и искажение времен прихода волн. Указанное обстоятельство может привести к ситуации, когда проектная скважина имеет высокое место

в рейтинге по параметру q_n , однако участок бурения обладает высоким риском неподтверждения морфологии резервуара (рис. 9). Оценка риска важна ещё и потому, что большая часть залежей характеризуется небольшими ННТ. В таких условиях риск ошибиться даже на 1–2 м может привести к значительному изменению площади нефтеносности и сокращению объемов бурения.

Описанные подходы не требуют большого объема геолого-геофизических материалов – используются только профили по кубам проницаемости, начальной нефтенасыщенности и геологические отбивки, что позволяет вычислять оценки погрешности весьма оперативно. Как правило, именно эта информация легко доступна и не требует создания громоздких интерпретационных проектов. Если на каких-либо проектных скважинах такая оценка показывает высокую неопределённость, то это может быть предпосылкой для пересмотра скоростной модели, перестроения структурных карт, более тщательного анализа сейсмических данных и уточнения стратегии вовлечения запасов [1].

Выводы

В целях «цифрового суверенитета» страны необходимо принять комплексное интегрированное решение о разработке и внедрении отечественного программного обеспечения. Для геологов и работников нефтегазовой отрасли Казахстана ПО «Жулдыз» является необходимым инструментом на всех стадиях производственного процесса таких как: геологоразведка, разработка и добыча, т.к. программные решения разрабаты-

вались с учётом замечаний производственных подразделений нефтепользователей.

В данной работе с помощью инструмента «Ячеек заводнения и визуализации линий тока» на месторождении Каратобе Южное выполнен анализ по перераспределению закачки воды по нагнетательным скважинам и сопоставлены результаты до и после оптимизации закачки воды. Анализ зон влияния закачки, показал, что скважины 27, 50, 51, 52, 64, 108 не охвачены заводнением и текущая компенсация составляет 71,3%. Было выявлено, что фактическая закачка рабочего агента ведется с отклонениями, вследствие чего наблюдается ухудшение энергетического состояния месторождения. В сложившихся условиях разработки пласта рекомендуется перевод под нагнетание скважины 50 или 51, а также проведение ГРП на нагнетательной скважине 65 для обеспечения 100% компенсации отборов.

Также в работе был проанализирован инструмент «Подбор скважин для проведения ГТМ», который позволяет увеличить эффективность проводимых ГТМ на скважине посредством улучшения качества ранжирования подбираемых скважин-кандидатов.

Исходя из вышеизложенного можно сделать вывод, что ПО «Жулдыз» имеет весь необходимый функционал для анализа текущего состояния месторождения и соответствует требованиям для работы в рамках производственных задач промысла, геологического управления и производственного отдела с использованием полномасштабных ГГДМ.

ДОПОЛНИТЕЛЬНО

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Вклад авторов. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение ис-

следования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией). Наибольший вклад распределён следующий образом: Кабдулова Л.Б. – сбор, систематизация и обработка данных исследования программе, их анализ, написание статьи, Юсубалиев Р.А. – разработка основ проведения исследования, Урымбасаров Р.Д., Башев А.А. – общая редакция рукописи статьи, Марданов А.С. – контроль и проверка результатов, редактирование рукописи.

ADDITIONAL INFORMATION

Fundingsource. This study was not supported by any external sources of funding.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Authors' contribution. All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree

to be accountable for all aspects of the work. The largest contribution is distributed as follows: Laura B. Kabdullova – systematization and processing of the research data of the program, their analysis, writing the article; Renat A. Yussubaliyev. – development of the basis for conducting research; Rustem D. Urymbassarov, Adilbek A. Bashev – general version of the article; Altynbek S. Mardanov – control and verification of results, editing of the manuscript.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Атырауский филиал ТОО «КМГ Инжиниринг». Проект разработки месторождения Каратобе Южное, 2021.

2. Пичугин О.Н., Радионов С.П., Соляной П.С., и др. Принципы оптимизации систем заводнения месторождений, осложненных малоамплитудными тектоническими нарушениями // Российская нефтегазовая техническая конференция SPE; Октябрь 26–28, 2015; Москва, Россия.

3. Лысенко В.Д. Разработка нефтяных месторождений. Проектирование и анализ. Москва: Недра, 2003. С. 638.

4. Волков Ю.В., Валеева С.Е., Фаткулин М.Р., Хабибулов Т.Р. Использование современного программного обеспечения для оптимизации разработки нефтяных месторождений с трудноизвлекаемыми запасами // Экспозиция Нефть Газ. 2019. № 68. С. 60–61.

REFERENCES

1. Atyrau branch of KMG Engineering LLP, Atyrau, Kazakhstan. Karatobe Yuzhnoye field development project; 2021. (In Russ).

2. Pichugin ON, Radionov SP, Solyanoi PS, et al. Principles of optimization of waterflooding systems in fields complicated by low-amplitude tectonic faults. Russian Oil and Gas Technical Conference SPE; 2015 Oct 26–28; Moscow, Russia.

3. Lysenko VD. *Development of oil fields (design and analysis)*. Moscow: Nedra; 2003. P. 638. (In Russ).

4. Volkov JV, Valeeva SE, Fatkulin MR, Khabibulov TR. The use of modern software to optimize the development of oil fields with hard-to-recover reserves. *Exposition Oil&Gas*. 2019;68: 60–61.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

*Кабдулова Лаура Бакытовна

e-mail: l.kabdulova@kmge.kz.

Юсубалиев Ренат Асылбекович

e-mail: yussubaliyev.r@kaznigri.kz.

Урымбасаров Рустем Джанбулатович

e-mail: r.urymbasarov@kmge.kz.

Башев Адилбек Айткалиевич

e-mail: a.bashev@kmge.kz.

Марданов Алтынбек Сүлейменұлы

e-mail: a.mardanov@kmge.kz.

AUTHORS' INFO

*Laura B. Kabdullova

e-mail: l.kabdulova@kmge.kz.

Renat A. Yussubaliyev

e-mail: yussubaliyev.r@kaznigri.kz.

Rustem D. Urymbassarov

e-mail: r.urymbasarov@kmge.kz.

Adilbek A. Bashev

e-mail: a.bashev@kmge.kz.

Altynbek S. Mardanov

e-mail: a.mardanov@kmge.kz.

*Автор, ответственный за переписку/Corresponding Author