

OIL-INDUSTRY.RU

ISSN 0028-2448

НЕФТЯНОЕ ХОЗЯЙСТВО



NEFTYANOE
KHOZYAYSTVO

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

ОСНОВАН В 1920 ГОДУ ВЫПУСК 1200

2023 ¹⁰ ОКТЯБРЬ

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО СУВЕРЕНИТЕТА
В НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

БУРЕНИЕ СКВАЖИН

WELL DRILLING

Яковенко Е.В., Гундорин Д.Ю., Фам Ван Хьеу, Динь Ван Нгок, Каравка И.И., Увайсов А.Х., Нгуен Ван Бао, Розгон А.Л., Нгуен Данг Нгок Нам, Набока Р.Р.

Опыт выполнения морских операций в ходе подготовки и постановки самоподъемных плавучих буровых установок на ремонт в условиях ограниченной доступности сухого дока

Yakovenko E.V., Gundorin D.Yu., Pham Van Hieu, Dinh Van Ngoc, Karavka I.I., Uvaysov A.H., Nguyen Van Bao, Rozgon A.L., Nguyen Dang Ngoc Nam, Naboka R.R.

Experience of performing naval operations during preparation and docking a jack-up rig for repairs under a limited accessibility to the dry dock

41

РАЗРАБОТКА И ЭКСПЛУАТАЦИЯ НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

OIL FIELD DEVELOPMENT & EXPLOITATION

Зарубин А.Л.

Технологическая независимость и инновации в нефтедобыче – основа устойчивого развития нефтегазовых компаний

Zarubin A.L.

Technological independence and innovation are the basis for the sustainable development of oil and gas companies

48

Хасанов М.М., Бахитов Р.Р., Лакман И.А., Тимирьянова В.М.

Пространственное моделирование взаимовлияния добывающих скважин

Khasanov M.M., Bakhitov R.R., Lakman I.A., Timiryanova V.M.

Spatial modeling of production well connectivity

51

Каневская Р.Д., Кузнецов П.В., Пименов А.А., Рыжова Л.Л., Исбир Ф.А.

Компьютерная технология управления добычей нефти из нефтегазовой залежи с подстилающей водой в трещиноватом пласте

Kanevskaya R.D., Kuznetsov P.V., Pimenov A.A., Ryzhova L.L., Isbir F.A.

Computer technology for oil production optimization from nature-fractured oil and gas reservoir with bottom water

56

Юдин Е.В., Порошин И.О., Груздев И.Е., Марков Н.С.

Новые подходы к быстрой оценке производительности скважин в неоднородных пластах

Yudin E.V., Poroshin I.O., Gruzdev I.E., Markov N.S.

New approaches to rapid performance evaluation of wells in heterogeneous reservoirs

61

SIAM WELLTEST – современное отечественное программное обеспечение

для интерпретации результатов гидродинамических исследований

SIAM WELLTEST — modern software for pressure and rate transient analysis

68

Зощенко О.Н., Аввакумов А.А., Гусев С.И., Карпекин Е.А., Серкерев Б.С.

Контроль трещин гидроразрыва пласта в наклонно направленных скважинах методом сейсмоакустического зондирования

Zoshchenko O.N., Awvakumov A.A., Gusev S.I., Karpekin E.A., Serkerov B.S.

Controlling of hydraulic fracturing in directional wells by seismoacoustic study

71

Морозюк О.А., Афонин Д.Г., Кобышев А.В., Долгов И.А.

Лабораторные исследования как ключевая составляющая реализации проектов газовых методов увеличения нефтеотдачи

Morozyuk O.A., Afonin D.G., Kobyshev A.V., Dolgov I.A.

Laboratory studies as a key component of gas EOR projects

76

EDITORIAL BOARD

V.N. ZVEREVA (EDITOR IN CHIEF)

N.N. ANDREEVA

I.S. AFANASIEV

A.V. ARZHILOVSKIY

M.D. VALEEV

E.KH. VEKILOV

M.G. VOLKOV

D.V. VOLOKHOV

L.A. GAIDUKOV

A.G. GUMEROV

A.N. DMITRIEVSKIY

A.N. DROZDOV

O.V. ZHDANEEV

S.A. ZHDANOV

A.T. ZARIPOV

R.R. IBATULLIN

A.YU. KORSHUNOV

A.M. KUZNETSOV

A.M. MASTEPANOV

N.N. MIKHAILOV

R.KH. MUSLIMOV

D.A. NEGANOV

D.K. NURGALIEV

V.A. SAVELYEV

M.A. SILIN

E.O. TIMASHEV

A.S. TIMCHUK

M.M. KHASANOV

L.B. KHUZINA

R.N. FAKHRETDINOV

A.KH. SHAKHVERDIEV

G.I. SHMAL

ЗАО «Издательство

«НЕФТЯНОЕ ХОЗЯЙСТВО»

© «Нефтяное хозяйство»

Зарегистрирован в Министерстве

Российской Федерации

по делам печати,

телерадиовещания и средств массовых

коммуникаций РФ 14.10.2002 г.

Per N ПИ №77-13722

ЖУРНАЛ «НЕФТЯНОЕ ХОЗЯЙСТВО» ВКЛЮЧЕН В

Причины и последствия переформатирования мирового энергетического рынка¹

Causes and consequences of the global energy market reshaping

I.I. Sechin¹

¹Rosneft Oil Company, RF, Moscow

E-mail: postman@rosneft.ru

Keywords: global energy, global economy, sanctions, energy crisis, energy demand, oil and gas industry, oil, investments, oil and gas companies, Russian oil and gas industry, Russian economy, Rosneft, Vostok Oil

The article considers results of the aggravation of reproduction and development issues in the bloc of Western coalition countries, which are manifested in the sharp escalation of sanctions pressure against its key opponents. Sanctions are destroying the once solid institution of contractual obligations, the social sphere, the financial sector and ultimately the global market itself. As the financial and legal instruments that previously ensured the functioning of the world market are weakening, the energy sector and, in particular, the oil industry will have to develop new solutions in order to exist and develop in the new environment. This will require building new institutions for interaction between states, strengthening the integration of national payment systems of different countries, and increasing the share of settlements in national currencies.

In this environment, hopes for re-establishment of balanced energy markets and restoration of global economic dynamics are increasingly pinned on the capabilities of Russia, which has already proven its economic resilience. Due to its energy potential, Russia can meet the world's long-term needs for affordable energy resources, and make an important contribution to shaping a new configuration of markets independent of sanctions pressure.

Rosneft's Vostok Oil Project, unique in its scale, becomes a driving force that encourages the development of a number of economic sectors due to the multiplier effect of the investments made. It is the only project in the world capable of producing a stabilizing effect on hydrocarbon markets while delivering the highest efficiency and sustainability performance.

Еще в 2018 г. ожидалось, что политика санкций и ультиматумов на рынках углеводородов приведет к появлению перманентной «санкционной премии» в цене нефти и отмечались риски повышения цен и развития кризисных процессов. Сейчас это становится реальностью – волатильность на энергетических рынках и в мировой экономике усиливается [1]. Президент Российской Федерации Владимир Путин охарактеризовал изменения, происходящие на мировом рынке нефти, как тектонические [2], т.е. мир изменился полностью. В условиях ослабления финансово-правовых инструментов, ранее обеспечивавших функционирование мирового рынка, энергетике и в частности нефтяной отрасли предстоит выработать новые решения для существования и развития в изменившихся условиях.

И.И. Сечин¹, К.Э.Н.

¹ПАО «НК «Роснефть»

Адрес для связи: postman@rosneft.ru

Ключевые слова: мировая энергетика, мировая экономика, санкции, энергетический кризис, спрос на энергоресурсы, нефтегазовая отрасль, нефть, инвестиции, нефтегазовые компании, нефтегазовая отрасль России, экономика России, «Роснефть», «Восток Ойл»

Для цитирования: Сечин И.И. Причины и последствия переформатирования мирового энергетического рынка // Нефтяное хозяйство. – 2023. – № 8. – С. 6-11. – <https://doi.org/10.24887/0028-2448-2023-8-6-11>
Sechin I.I., *Causes and consequences of the global energy market reshaping* (In Russ.), *Neftyanoe khozyaystvo* = Oil Industry, 2023, No. 8, pp. 6-11, DOI: <https://doi.org/10.24887/0028-2448-2023-8-6-11>

Санкции и право

Санкции не являются первопричиной кризиса, но, безусловно, обостряют и ускоряют все кризисные явления. В понимании США санкции – это некое средство для реализации политических и экономических целей. Когда рыночные механизмы не обеспечивают достижения целей, а политические инструменты не срабатывают, США прибегают к санкциям без всяких оснований. В результате санкции разрушают прочный ранее институт контрактных обязательств, судебно-правовую систему и, как следствие, социальную сферу, финансовый сектор и в итоге сам глобальный рынок.

После создания Международного валютного фонда, превращения доллара в основное средство обеспечения мировой торговли США были разработаны концепция и

¹Основные положения статьи были изложены в выступлении автора на Энергетической панели в рамках XXV Петербургского международного экономического форума 18 июня 2022 г.

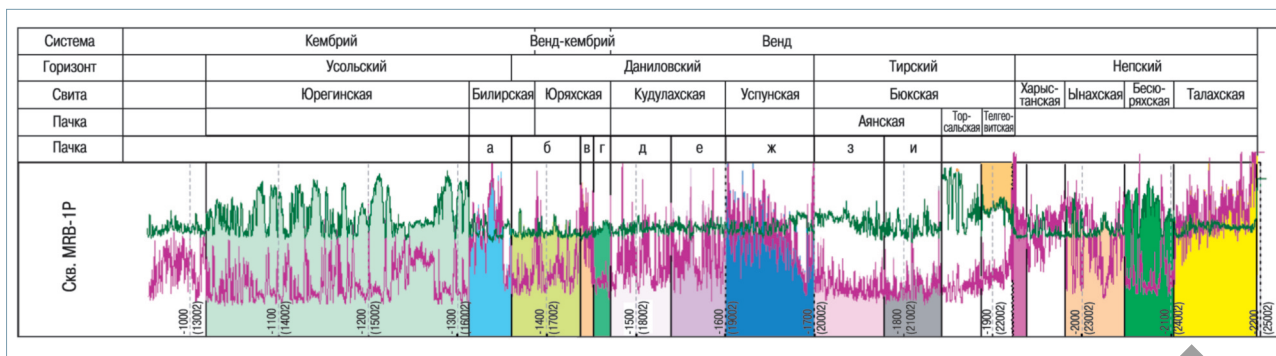


Рис. 3. Расчленение разреза подсолевых отложений автохтона в скв. MRB-1P

значенных сверху вниз буквами а – и. Суммарная толщина пачек а – и в пределах рассматриваемого района выдержана и изменяется незначительно (в диапазоне 450–500 м). Стратиграфическая привязка пачек осуществлялась в соответствии с принятой схемой стратиграфического расчленения [3].

Пачка з соответствует верхней надторсальной части аянской толщи бюкской свиты, пачка ж – успенской свите, пачки е и д – кудулахской свите, пачки г и в и нижняя часть пачки б отождествляются с отложениями юряхской свиты, верхняя часть пачки б и пачка а соответствуют билирской свите. По данным геофизических исследований скважин наиболее контрастными являются отложения успенской свиты (пачка ж), которая выделяется по повышенным показаниям гамма-каротажа с

характерной записью на огромной территории Восточной Сибири.

Для выделения и прослеживания плоскостей надвиговых нарушений схема корреляции (рис. 4) была выровнена на кровлю торсальной пачки бюкской свиты венда, которая является нижней плоскостью скольжения – детачментом. Ненарушенная автохтонная часть разреза присутствует во всех пробуренных скважинах Мурбайского участка недр, расположенных в северной части профиля, в зоне сочленения Нюйско-Джербинской впадины Предпатомского регионального прогиба и Вилочанской седловины. В скв. 314-2 и 314-4 разрез отложений пачек а – з полностью повторяется. Между указанными скважинами по профилю располагаются еще две скважины, в которых отмечается трехкратное повто-

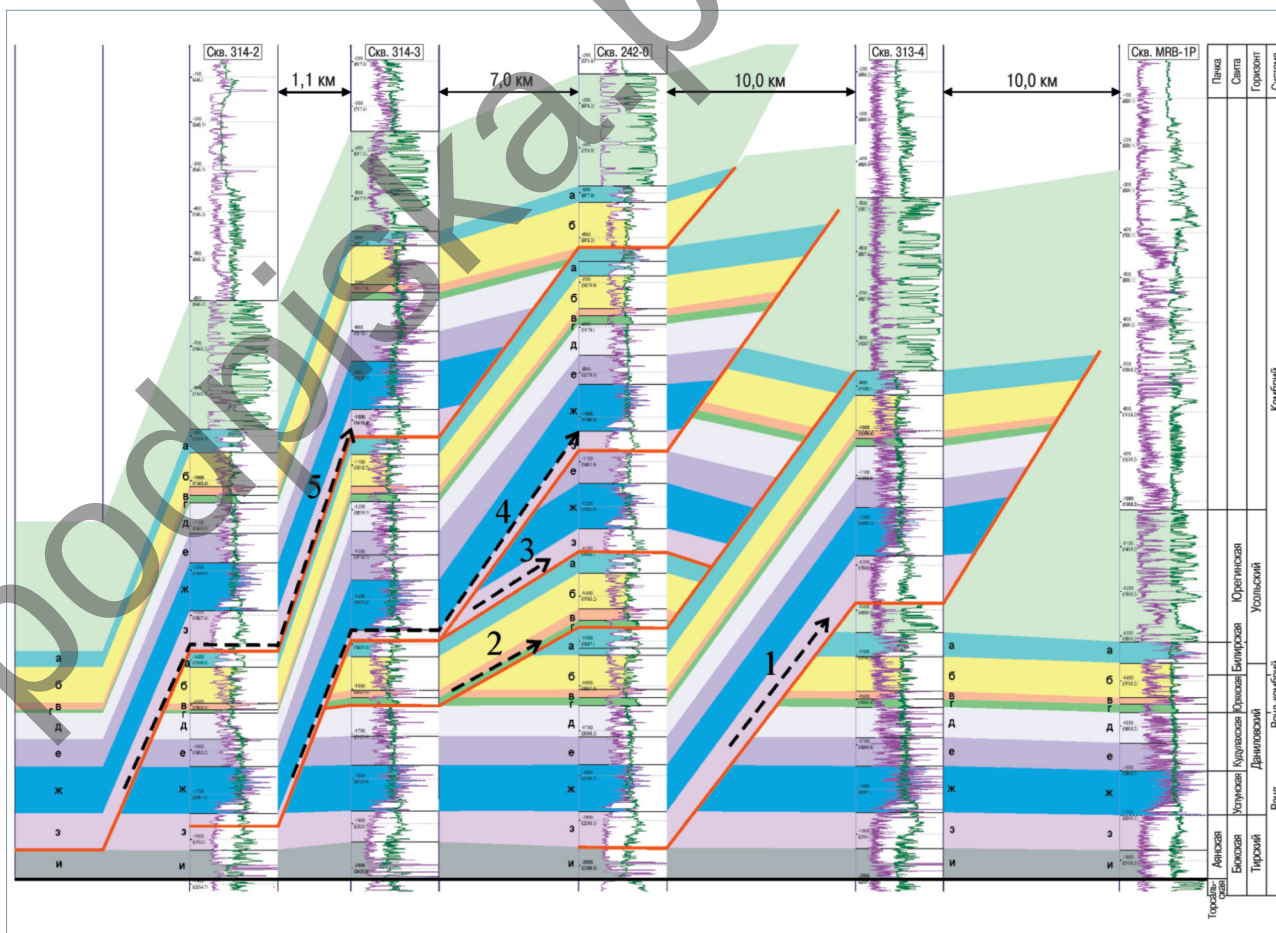


Рис. 4. Схема детальной корреляции Отраднинской зоны дислокаций с выравниванием на подошву аянской толщи бюкской свиты (1–5 – направление надвигов)

нарная задача уже была рассмотрена в работе [10], поэтому рассмотрим уравнения для поиска u_k в случае нестационарной задачи

$$\frac{\partial}{\partial t} u_k(\mathbf{x}, t) = \frac{\partial}{\partial \mathbf{x}} \left[M \frac{\partial}{\partial \mathbf{x}} u_k(\mathbf{x}, t) \right] + \frac{\partial}{\partial \mathbf{x}} \left[(M-1) \frac{\partial}{\partial \mathbf{x}} G_k(\mathbf{x}, \mathbf{x}_k, t) \right], \quad (3)$$

где M – проницаемость пласта.

Набор уравнений (1)–(3) решается численно. Преимущество уравнения (3) по сравнению с уравнением (1) для численного решения заключается в том, что нет необходимости сгущать сетку около точечных скважин и трещин. Коэффициенты a_j можно определить из граничных условий, подставив в них решение (2),

$$\sum_{j=1}^m a_j(\epsilon, t) \left(\frac{\partial G_{ij}(\mathbf{x}, \mathbf{x}_j, t)}{\partial \mathbf{x}} + \frac{\partial u_{ij}(\mathbf{x}, \mathbf{x}_j, t)}{\partial \mathbf{x}} \right) = \zeta q_i, \quad \mathbf{x} \in \partial \omega_i, \quad (4)$$

где G_{ij} , u_{ij} – соответственно функция Грина и ее дополнение соответственно i -й источника, действующего на j -й источник; ζ – размерный коэффициент.

Представим набор сумм производных функции Грина и ее дополнения как матрицу $\mathbf{B}$, а набор дебитов как вектор $\mathbf{Q}$, тогда вектор коэффициентов $\mathbf{A}$ можно найти как решение матричного уравнения (4). Следует отметить, матрица $\mathbf{B}^{-1}$ имеет физический смысл – это матрица взаимной продуктивности (МВП).

Для точечного и протяженного источников выводятся функции Грина для задачи с бесконечной однородной областью [10]. Таким образом, основными преимуществами предлагаемого метода являются расчет МВП [8] для каждого временного шага в нестационарной постановке задачи и независимость численного расчета от величины граничных условий на источниках или границе пласта.

Реализация расчетного модуля

Задача (3) решается методом конечных объемов, в котором построенная система уравнений решается с помощью бисопряженных градиентов. Форма пласта может быть произвольной. Поскольку из численного расчета исключены точечные или протяженные источники, можно использовать регулярную сетку внутри области. Рассмотрим уравнение

$$\sum_{\beta \in \nu(\alpha)} (M \frac{\partial u}{\partial n})_{\alpha\beta} l_{\alpha\beta} = \Phi_{\alpha}, \quad (5)$$

где Φ_{α} – некоторая известная правая часть, а под знаком суммы – поток через границу между ячейками α и β .

Если α – граничная ячейка, то элемент суммы, отвечающий за глобальную границу рассматриваемой области, берется из граничных условий и переносится в правую часть.

Тогда без ограничения общности можно рассмотреть систему линейных алгебраических уравнений для внутренних ячеек стационарной задачи, находящихся вне границы области, подставляя выражение для производной по направлению в уравнение (5). Необходимо привести подобные слагаемые. Для краткости записей введем обозначение

$$\xi_{i\pm 1, j\pm 1} = \frac{M_{i,j} - M_{i\pm 1, j\pm 1}}{2} \frac{l_{i\pm 1, j\pm 1}}{|\mathbf{x}_{i\pm 1, j\pm 1} - \mathbf{x}_{i,j}|}, \quad (6)$$

где индексы i, j обозначают расположение ячеек сетки в рассматриваемой области соответственно по горизонтали и вертикали.

Рассмотрим нестационарную постановку задачи, которая отличается от стационарной только наличием слагаемого с производной по времени. Дискретизацию по времени проведем по неявной схеме. Значения функции в различные моменты времени будут обозначаться различными верхними индексами $m \in \mathbb{N}_0$. Тогда уравнение (5) принимает следующий вид:

$$\xi_{i,j+1} u_{i,j+1}^m + \xi_{i,j-1} u_{i,j-1}^m + \xi_{i+1,j} u_{i+1,j}^m + \xi_{i-1,j} u_{i-1,j}^m - \left(\xi_{i,j+1} + \xi_{i,j-1} + \xi_{i+1,j} + \xi_{i-1,j} + \frac{\gamma}{\Delta t} \right) u_{i,j}^m = \Phi_{i,j}^{m,m-1}, \quad (7)$$

где γ – некоторый безразмеривающий коэффициент.

$$\Phi_{i,j}^{m,m-1} = \left(M \frac{\partial G}{\partial n} \right)_{i,j}^m l_{i,j} - \frac{\gamma}{\Delta t} u_{i,j}^{m-1} S_{i,j}, \quad (8)$$

$S_{i,j}$ – площадь ячейки сетки, для которой записано уравнение.

Полученная система уравнений решается методом бисопряженных градиентов [17]. В случае стационарной постановки задачи нужно подставить $\gamma = 0$ в формулы (7) и (8) и не рассматривать верхний индекс, отвечающий за значения функций в различные моменты времени.

Ключевая особенность построения системы уравнений (7), (8) заключается в том, что в них не присутствует значение искомой функции на границах области. Следовательно, при изменении граничных условий повторный численный расчет не требуется, а необходима только обработка результатов, для которой не нужны большие вычислительные мощности. При обработке полученного численного решения и вычислении МВП используется асимптотическое приближение (2) для расчета влияния скважины или трещины.

Важно отметить, что полученная система уравнений для каждого источника решается отдельно, затем вследствие суперпозиции решения дифференциального уравнения эти решения складываются. Число