



УДК 549.283

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОНИЦАЕМОСТИ ГОРНЫХ ПОРОД И ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ПРОНИЦАЕМОСТЬ

METHODS OF DETERMINING ROCK PERMEABILITY AND FACTORS AFFECTING PERMEABILITY

Рагимова Алия

магистрант геологоразведочного факультета,
Азербайджанский государственный
университета нефти и промышленности
rehimovaaliye10@gmail.com

Исмаиллы Айнур

магистрант Геологоразведочного» факультета,
Азербайджанский государственный
университета нефти и промышленности
ynurismayilli68@gmail.com

Ахадова Наргиз

геологоразведочный факультет,
Азербайджанский государственный
университета нефти и промышленности
ahadovaanargiz@gmail.com

Аннотация. В статье рассматривается определение проницаемости горных пород и факторы, влияющие на нее. Этот процесс имеет важное значение для точного изучения наличия нефти и газа в одних и тех же структурах исследуемого объекта. На основе исследований, проведенных на месторождении Булла-Дениз, были указаны минимальные и максимальные значения для оценки чувствительности различных параметров. Эти значения помогают лучше понять геологические и петрофизические характеристики месторождения и проанализировать, как они влияют на добычу нефти и газа.

Ключевые слова: коллекторы, флюид, проницаемость, образцы горных пород.

Aliya Ragimova

Master of Geological Exploration Faculty,
Azerbaijan State Azerbaijan State
University of Oil and Industry
rehimovaaliye10@gmail.com

Ismayilli Aynura

Master of Geological Exploration Faculty,
Azerbaijan State Azerbaijan State
University of Oil and Industry
ynurismayilli68@gmail.com

Ahadova Nargiz

Geological Exploration Faculty,
Azerbaijan State University
of Oil and Industry
ahadovaanargiz@gmail.com

Annotation. The article discusses the determination of rock permeability and the factors affecting it. This process is essential to accurately study the presence of oil and gas in the same structures of the investigated object. Based on studies conducted in the Bulla Deniz field, minimum and maximum values have been specified to assess the sensitivity of various parameters. These values help to better understand the geologic and petrophysical field characteristics and analyze how they affect oil and gas production.

Keywords: reservoirs, fluid, permeability, rock samples.

Введение

Анализ состояния разработки нефтяных и газовых месторождений требует получения информации о фильтрационных (проницаемых) характеристиках коллекторов, что имеет большое значение. Эти данные необходимы для прогнозирования добычи нефти и газа, а также для контроля процесса разработки месторождений. Существует несколько методов и подходов для определения проницаемости коллекторов. Один из таких методов – это определение проницаемости с использованием затухания сейсмических сигналов без данных из скважин. Этот подход позволяет собрать больше информации о физических характеристиках горных пород, особенно в условиях, когда трудно проводить измерения в реальном времени. Цель исследования – изучение проницаемости горных пород в соответствии с конкретными геологическими условиями. Эти исследования позволяют понять, как определяется проницаемость, принимая во внимание специфические особенности каждой геологической среды и месторождения, а также изучить влияние этих параметров на разработку месторождений.

Проницаемость горных пород

Проницаемость горных пород – это один из основных параметров, который определяет их способность пропускать газ и жидкость. Единицей измерения проницаемости является единица площади, которая характеризует площадь каналов, через которые проходят жидкость и газ. Однако для изучения этого параметра более широко используется единица измерения Дарси (D). Дарси – это единица, которая позволяет более точно измерять проницаемость горных пород и широко применяется в геологических исследованиях. Хотя все горные породы обладают проницаемостью, у некоторых из них она очень низкая. Такие породы классифицируются как непроницаемые. Например, глина и доломит



могут служить примерами пород с очень низкой проницаемостью. Такие породы, как правило, ограничивают движение жидкости и газа, что может негативно повлиять на процесс добычи.

Методика исследования

Изучив пористость горных пород с высокой точностью, можно определить их степень проницаемости. Поскольку между пористостью и проницаемостью существует тесная корреляция, измерение одного параметра помогает определить другой.

Для определения числового значения проницаемости используется закон Дарси. Закон Дарси выражается следующим образом:

$$Q = K \frac{F \cdot (P_1 - P_2)}{\eta \cdot L}$$

Здесь Q – объемный расход фильтрующейся жидкости (в sm^3/san), k – коэффициент проницаемости (в дарси), F – площадь поперечного сечения слоя (образца) (в sm^2), η – вязкость фильтрующейся жидкости (в sPz), L – длина пути, пройденного жидкостью (в sm), $\Delta p = (P_1 - P_2)$ – разница давления на начальном (P_1) и конечном (P_2) концах образца (в kq / sm^2).

Для определения проницаемости требуемые образцы горных пород обычно берутся из скважин, пробуренных параллельно слоистости. Однако в некоторых особых условиях, например, при эоловых отложениях, образцы берутся из скважин, пробуренных перпендикулярно слоистости. Когда образцы, взятые из стенки скважины, имеют достаточно большой размер, они обрезаются и используются для анализов. Однако в некоторых случаях образец может быть слишком маленьким. В таких случаях необходимо использовать образец для определения остаточной жидкости и пористости.

Определять проницаемость более целесообразно с помощью обычных образцов горных пород, взятых с того же интервала. Измеренные значения проницаемости для образцов, взятых со стенки скважины, особенно для мягких горных пород, могут быть более точными, чем для обычных образцов. Это помогает снизить погрешности при измерении проницаемости горной породы.

Факторы, влияющие на проницаемость горных пород

Л. Клинкаберг, проводя исследования по потоку природного газа через пористую среду, показал, что при низком давлении молекулы газа движутся с высокой скоростью, и проницаемость достигает максимального уровня. Однако при высоких давлениях молекулы газа сближаются друг с другом и взаимодействуют с поверхностью пор. В этот момент проницаемость снижается, потому что движение газа затрудняется из-за трения молекул о стенки пор.

По мнению Клинкаберга, проницаемость изменяется в зависимости от свойств рабочего агента, не взаимодействующего с породой, то есть от свойств газа и жидкости. Эти изменения проницаемости объясняются скольжением газа и особенно происходят, когда диаметр капилляра и средняя свободная длина пути молекул газа оказываются примерно одинаковыми. В таких условиях движение молекул газа согласуется с размерами капилляра, и изменения проницаемости становятся более заметными. Таким образом, «эффект Клинкаберга» зависит от физических и химических свойств газа, особенно от его скользящих характеристик, и является важным фактором, который необходимо учитывать при определении проницаемости горных пород (рис. 1).

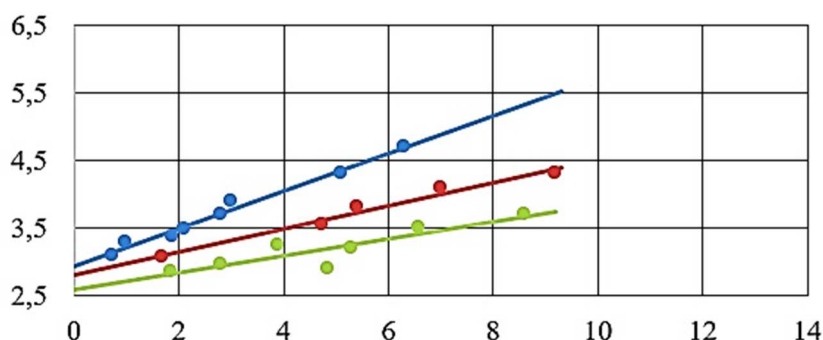


Рисунок 1 – Зависимости проницаемости образца породы от средних давлений для водорода (1), азота (2) и углекислого газа (3)

Другим важным фактором, влияющим на изменение проницаемости, является температура. Эта характеристика играет особенно важную роль при анализе природных нефти и других нефтепродуктов. Когда в составе природных нефтей присутствуют небольшие количества парафина, смолы, органических кислот и других веществ, их свойства влияют на проницаемость среды. Таким образом, в зависимости от присутствия этих веществ, значение проницаемости значительно меняется с изменением температуры (рис. 2). По мере повышения температуры кинетическая энергия молекул в кон-



тролируемой среде увеличивается, и в результате взаимодействие веществ становится более динамичным. Это, в свою очередь, приводит к увеличению электрической или теплопроводности.

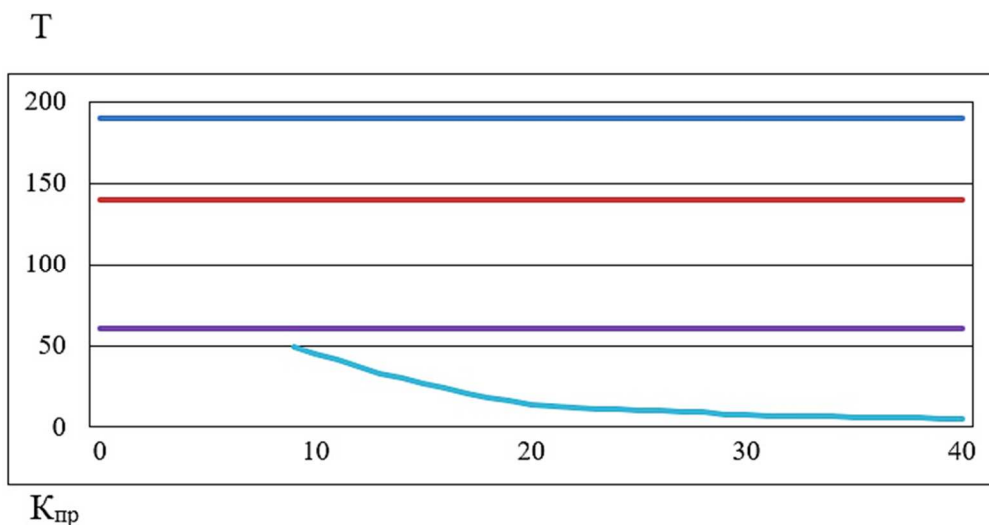


Рисунок 2 – График изменения проницаемости в зависимости от температуры для полярного вещества

Согласно данным, полученным в ходе проведенных исследований, в наземных районах Азербайджанской Республики для слоев с нефтью высокой вязкости и слабой проницаемостью, несмотря на применение вторичных или третичных методов воздействия, их конечный коэффициент нефтеотдачи не превышал 30 % [1–2]. Этот результат показывает трудности, с которыми сталкиваются при извлечении нефти высокой вязкости, и более низкую продуктивность слоев с низкой проницаемостью. Определение критических значений этих параметров основывает классификацию трудноизвлекаемых запасов нефти в Азербайджанских месторождениях. Эта классификация формируется в основном на основе проницаемости и вязкости нефти.

Результаты исследования и выводы

Одним из значимых месторождений в нефтегазовой отрасли Азербайджана является месторождение Булла-Дениз, на котором после проведения глубоких разведочно-исследовательских работ было начато освоение горизонтов VII, V и VIII. В результате этих работ были определены нефтегазовые характеристики месторождения Булла-Дениз, и было установлено, что особенно горизонты V, VII и VIII связаны с наличием нефти и газа. Однако верхняя часть горизонта V месторождения Булла-Дениз не имеет промышленного значения по нефти и газу [3]. Этот результат показывает, что продуктивность месторождения высокая только на определенных горизонтах, тогда как другие его части не могут быть экономически оценены. Хотя проводимые исследования не полностью охватывают проницаемость горизонта VIII, результаты, полученные для горизонта VII, были аналогично применены для горизонта VIII. Кроме того, была уточнена чувствительность параметров с установлением их максимальных и минимальных значений. С помощью этих значений был проведен анализ процесса добычи при различных геологических и эксплуатационных условиях, и определено, насколько могут изменяться параметры для достижения наилучшего результата. Для месторождения Булла-Дениз были определены следующие параметры проницаемости: минимум 0,01, база 0,02 и максимум 0,042 мкм²; пористость: минимум 12 %, база 14 % и максимум 22 %. Эти параметры играют важную роль в начальных стадиях разработки месторождения, особенно при оценке давления и потока. Выявленные газовые и конденсатные (КН) потенциалы месторождения Булла-Дениз и других месторождений составляют значительную часть общего объема добычи газа и конденсата Азербайджана в ближайшем будущем [4]. Полное использование этого потенциала усилит энергетическое обеспечение Азербайджана как на внутреннем, так и на международном рынках и окажет положительное влияние на экономику страны. Поэтому необходимо продолжать развивать и совершенствовать процессы разведки и разработки месторождений.

Таким образом, правильная оценка и мониторинг этих параметров имеет стратегическое значение не только для месторождения Булла-Дениз, но и для всего энергетического сектора Азербайджана.

Заключение

1. Определение проницаемости горных пород и понимание факторов, влияющих на нее, крайне важны для более эффективной разработки и эксплуатации нефтяных и газовых месторождений. Использование различных методов определения и глубокое изучение факторов, влияющих на



проницаемость, играют ключевую роль в оптимизации как современных, так и будущих операций на месторождениях.

2. Для правильной оценки процессов бурения и добычи на месторождении Булла-Дениз необходимо повысить качество геологического параметрического анализа, учитывать различия между горизонтами и улучшить механизм принятия решений на основе параметров, оцененных с максимальной точностью. Этот подход также требует проведения постоянного мониторинга месторождения, что в конечном итоге создаст условия для более стабильной и прибыльной добычи.

Список литературы:

1. Геофизические методы контроля разработки нефтяных месторождений / Ю.В. Коноплев [и др.]. – М. : Недра, 1986. – 221 с.
2. Mirzəcanzadə A. Neft layının fizikası / A. Mirzəcanzadə, Z. Əhmədov, R. Qurbanov. – 1983. – P. 32–34. – URL : <https://proceedings.socar.az/uploads/pdf/literature/fizika.pdf>
3. Şirinov Ə. Neft yataqlarının ehtiyatının təsnifat strukturunun təkmilləşdirilməsi və mənilmənilməsinin səmərəli yollarının geoloji-riyazi modellərlə əsaslandırılması. – 2022. – P. 17–18 – URL : https://aak.gov.az/upload/dissertasion/yer_elml_ri/Az%C9%99rbaycan_avtoreferat.pdf
4. Azərbaycanın neft-qaz yataqları və perspektivli strukturları / F. İsmayilov [et al.]. – 2024. – P. 398–402.

List of references:

1. Geophysical methods of control of oil fields development / Yu.V. Konoplev [et al.]. – M. : Nedra, 1986. – 221 c.
2. Mirzajanzade A. Physics of oil layers / A. Mirzajanzade, Z. Ahmadov, R. Gurbanov. – 1983. – P. 32–34. – URL : <https://proceedings.socar.az/uploads/pdf/literature/fizika.pdf>
3. Shirinov A. Improvement of the classification structure of oil field reserves and substantiation of effective ways of their determination with geological-mathematical models. – 2022. – P. 17–18 – URL : https://aak.gov.az/upload/dissertasion/yer_elml_ri/Az%C9%99rbaycan_avtoreferat.pdf
4. Oil and gas fields and promising structures of Azerbaijan / F. Ismayilov [et al.]. – 2024. – P. 398–402.