

СЕЙСМОРАЗВЕДКА – ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЙ МЕТОД ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ НА РЕГИОНАЛЬНОМ ЭТАПЕ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ

Федорова Надежда Федоровна, кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры «Промысловая геология, гидрогеология и геохимия горючих ископаемых», Астраханский государственный университет, 414000, г. Астрахань, пл. Шаумяна, д. 1, ауд. 105, nadezhda.fedorova.59@inbox.ru

На всех стадиях геологоразведочных работ большое значение имеют полевые геофизические исследования и в частности – сейсморазведка, задача которых это изучение геоструктурных особенностей крупных территорий, выявление тектонических элементов различного порядка, детализация геологического строения изучаемой территории. Целью исследования является изучение особенностей различных методов сейсморазведочных работ и определение их значения для решения поставленных перед ними задач. Методология изучения проводилась с использованием методов полевой геофизики – сейсморазведки и методологии обработки полученных материалов. В последние десятилетия в области нефтегазопроисковых исследований наблюдается значительный прогресс, который привел к появлению новых технологий, как для проведения полевых сейсморазведочных работ, так и для сбора данных и их компьютерной обработке. В 1980–1990 г.г. был разработан метод трехмерной сейсморазведки, позволяющий получать трехмерные картины земных недр. Для геологической интерпретации сейсмических данных применяются геодинамические методы, которые основываются на изучении генезиса исследуемого разреза. К ним относятся методы сейсмо- и секвентстратиграфии, структурно-формационной интерпретации. В настоящее время российские компании уделяют большое внимание внедрению методов, которые относятся к категории высокотехнологичной сейсморазведки. В первую очередь – это HD сейсморазведка и плотная сейсморазведка. Сейсмические методы разведки занимают первое место среди геофизических методов по разрешающей способности и по многообразию решаемых с помощью них геологических задач.

Ключевые слова: сейсморазведка, полевые геофизические методы, интерпретация материалов

SEISMIC EXPLORATION IS A HIGHLY EFFECTIVE METHOD FOR SOLVING PROBLEMS AT THE REGIONAL STAGE OF GEOLOGICAL EXPLORATION

Fedorova Nadezhda F., Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, associate professor "Trade geology, hydrogeology and geochemistry of combustible minerals", Astrakhan State University, 414000, Astrakhan, Shaumyan Square, 1, lecture hall 105, nadezhda.fedorova.59@inbox.ru

At all stages of geological exploration, field geophysical studies and, in particular, seismic exploration are of great importance, the task of which is to study the geostructural features of large territories, identify tectonic elements of various orders, and detail the geological structure of the studied territory. The purpose of the study is to study the features of various methods of seismic exploration and determine their significance for solving the tasks assigned to them. The methodology of the study was carried out using the methods of field geophysics – seismic exploration and the methodology of processing the obtained materials. In recent decades, significant progress has been observed in the field of oil and gas exploration, which has led to the emergence of new technologies, both for field seismic exploration, and for data collection and computer processing. In 1980–1990, a method of three-dimensional seismic exploration was developed, which allows obtaining three-dimensional pictures of the earth's interior. For the geological interpretation of seismic data, geodynamic methods are used, which are based on the study of the genesis of the studied section. These include methods for seismic and sequestration, structural-formational interpretation. Currently, Russian companies pay great attention to the introduction of methods that belong to the category of high-tech seismic exploration. First of all, it is HD seismic exploration and dense seismic exploration. Seismic exploration methods occupy the first place among geophysical methods in terms of resolution and the variety of geological problems solved with the help of them.

Keywords: Seismic exploration, field geophysical methods, interpretation of materials

В последние годы произошло резкое сокращение объемов геологоразведочных работ и добыча нефти и газа превысила уровень прироста их запасов. Сокращение прироста запасов связано с рядом геологических факторов.

К ним относятся такие важные составляющие как: сокращение размеров и ослабление морфологической контрастности структур, выявление неструктурных ловушек, низкая эффективность глубокого бурения.

Все большее значение в последние годы в общемировых запасах нефти и газа вызывают интерес неантиклинальные ловушки углеводородов. В основном это комплексные структурно-литологические, литолого-тектонические и другие ловушки более сложного типа.

При выборе мест заложения скважин редко используется комплексирование геофизических методов – сочетание и проведение в определенной последовательности различных геофизических исследований. Также важно сочетать комплексную интерпретацию результатов разных геофизических методов в совокупности с материалами глубокого бурения [4].

Сейсморазведка в различных модификациях метода отраженных волн дает возможность картировать различные погребенные структурные формы и поверхности различного происхождения, такие как эрозионные, рифогенные, соляные купола, дислокации различного происхождения [2].

Сейсмический метод основан на использовании звуковой энергии, проникающей в Землю. Звуковой импульс проходит сквозь подземные слои пород, отражается от них и возвращается на поверхность, где фиксируется.

Поэтому сейсмические методы играют важнейшую роль в комплексе геолого-геофизических исследований на всех этапах и стадиях нефтегазопроисловых работ.

Первое нефтяное месторождение было обнаружено сейсморазведкой в 1928 г. в Оклахоме. Данные метода содержали много шумов и не были очень точными [6].

В последние десятилетия в области нефтегазопроисловых исследований наблюдается значительный прогресс, который привел к появлению новых технологий, как для проведения полевых сейсморазведочных работ, так и для сбора данных и их компьютерной обработке.

Они позволяют выделить в составе осадочного чехла структурные этажи; наметить формации, которые различаются по своему литологическому составу (соленосные, карбонатные, песчано-глинистые); выявить структурно-формационные зоны, благоприятные для формирования ловушек нефти и газа.

В 1980–1990 гг. был разработан метод трехмерной сейсморазведки, позволяющий получать трехмерные картины земных недр. Трехмерную разведку на суше проводят с помощью полосового взрыва, а на море – в виде линейного взрыва.

При проведении трехмерной сейсморазведки область делят на горизонтальные квадраты, называемые общими глубинными площадками. Все отражения учитываются при суммировании методом общей средней точки. Размеры площадок обычно составляют 20 x 20 или 30 x 30 м [6].

Для геологической интерпретации сейсмических данных применяются геодинамические методы, которые основываются на изучении генезиса исследуемого разреза. К ним относятся методы сейсмо- и секвентстратиграфии, структурно-формационной интерпретации. Также широко используются палеорекострукции для восстановления условий седиментации изучаемого геологического разреза и тектонической обстановки данной территории [7].

Целью сейсмостратиграфического анализа является определение на сейсмических разрезах отраженных волн условий и обстановок осадконакопления по особенностям волновой картины.

Между конфигурацией отражающих границ и рельефом геологических напластований, динамическими характеристиками с литолого-петрофизическими характеристиками и параметрами слоистости отражающих пачек существует связь.

В конфигурации границ и параметрах волн, различные режимы и обстановки формирования осадков характеризуются различно. Не существует однозначных связей между геологическими характеристиками отложений и их отображением в сейсмической волновой картине. Это вызывает необходимость предусматривать две стадии сеймостратиграфического анализа – региональной и детальной.

На региональной стадии анализа по сейсмической и общегеологической информации, выясняется принадлежность основных толщ к определенным этапам развития бассейна.

Региональная сеймостратиграфия, используя качественный анализ временных сейсмических разрезов отраженных волн, позволяет изучать основные закономерности строения платформенного чехла. Она также дает возможность на временных разрезах определять согласное напластование, намечать отражающие границы несогласий и перерывов, постседиментационные раздели, выделять соляные купола (рис. 1).

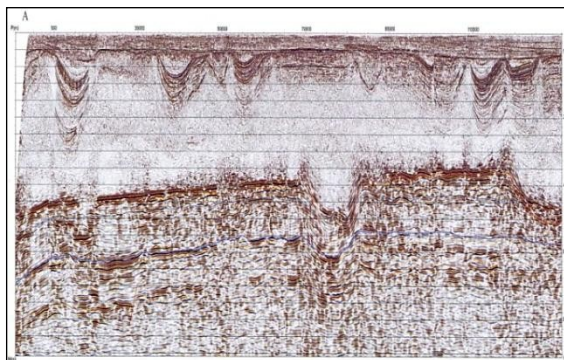


Рис. 1. Глубинно-динамический разрез Астраханского свода [1, с. 120]

Региональная сеймостратиграфия для фациального анализа использует рисунки сейсмической записи. Фациальный анализ включает в себя интенсивность отражений и их амплитуду, особенности взаимного расположения и поведения отдельных осей синфазности, а также общую их форму (рис. 2).

Для выяснения принадлежности основных толщ к определенным этапам развития бассейна необходимы региональные сейсмические профили, пересекающие основные зоны бассейна.

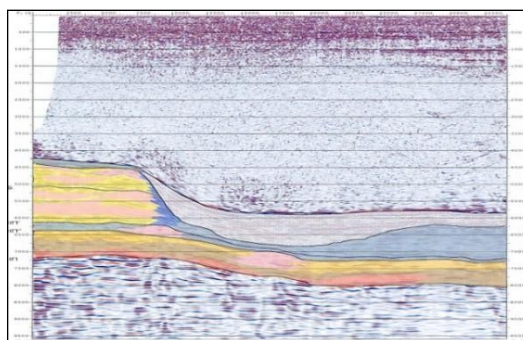


Рис. 2. Лито-фациальный разрез территории Астраханского свода [1, с. 127]

Также по сейсмическим разрезам выделяют и прослеживают границы перерывов, соответствующие смене во времени режимов осадконакопления в бассейне, определяют литогенетические, тектонические и другие процессы.

Известные геологические данные и выявленные фрагменты по сейсмическим данным увязывают в единую историко-геологическую модель формирования разреза.

Комплексная интерпретация сейсмических материалов для уточнения историко-геологической модели изучаемой территории сопровождается палеогеологическими реконструкциями, в результате чего, вырабатывается уточненная историко-геологическая модель.

На детальной стадии сейсмоседиментационного анализа изучается обстановка осадконакопления и производится прогноз литологии на тех участках сейсмокомплексов, которые могут представлять интерес с точки зрения результатов региональной стадии.

Эта стадия исследований выполняется по материалам детальных съемок с целью выявления объектов для бурения.

При этом важно учитывать, что для различных условий осадконакопления характерны свои типы литологического состава, ловушки и коллектора.

Большое значение для эффективной геологической интерпретации имеет выбор таких форм представления (временных разрезов и др.), которые дают комплексное, привычное (ассоциативное) изображение различных характеристик волнового поля (амплитуды, регулярности, частоты, конфигурации отражений).

При анализе сейсмических данных необходимо учитывать факторы, которые определяют тип интерпретационных моделей. Это ограниченная вертикальная разрешенность; горизонтальная разрешенность; усреднение свойств среды в процессе распространения волны; боковой снос; волны-помехи; погрешности методики наблюдений и обработки; геологические условия формирования [5].

Если основную роль в формировании современного состояния разреза играли процессы седиментации и уплотнения, то наблюдается довольно простое и закономерное распределение сейсмо- и литофаций, сейсмических границ, интервальных и средних скоростей. При интерпретации такого разреза можно наиболее полно использовать генетический, историко-геологический подходы.

Если в осадочных толщах происходили активные постседиментационные процессы, то они усложняют распределение геоакустических параметров в разрезе, что в свою очередь приводит к изменению сейсмического изображения. В результате появляются несоответствия геологических и сейсмических границ и объектов (рис. 3) [5].

К еще более значительному усложнению пространственного распределения петрофизических и акустических параметров приводит интенсивная тектоническая деятельность. В этом случае либо вообще не удастся получить сейсмических изображений среды, либо они недостаточно качественные. Тогда основной информацией, получаемой по сейсмическим данным, является структурная модель.

Для изучения детальной сейсмогеологической характеристики разреза часто выполняется метод ВСП (вертикальное сейсмическое профилирование).

В скважинах при возбуждении или наблюдении сейсмических колебаний можно изучать прямые волны, которые проходят от источников к приемникам сквозь исследуемый геологический объект [3].

Проведение ВСП в параметрических скважинах, пробуренных на девонский комплекс отложений Астраханского свода, позволило разработать тонкослоистую эффективную сейсмическую модель (ЭСМ), а также обобщить данные о скоростных параметрах крупных литолого-стратиграфических подразделений разреза. Была выполнена стратификация основных опорных горизонтов в надсолевой части разреза и, что очень важно, привязка границ в подсолевом комплексе.

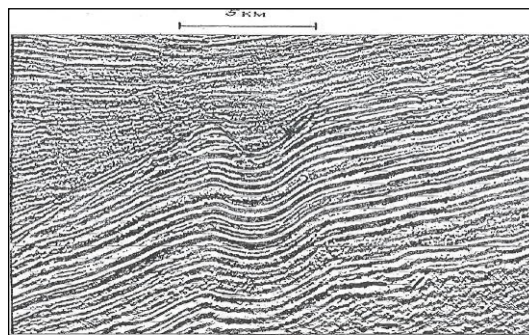


Рис. 3. Появление ложного прогиба за счет наличия в вышележащих отложениях впадины, заполненной низкоскоростными породами [5, с. 62]

Опорной отражающей волной в подсолевом комплексе является волна III (C_2b), связанная с кровлей карбонатных отложений. Пластовая скорость этих отложений составляет 6000–6300 м/с. Кроме горизонта III в толще подсолевых отложений выделяются сейсмические реперы – Б (C_1t), приуроченный к поверхности турнейских отложений нижнего карбона; III', отождествляемый с кровлей среднефранских отложений верхнего девона. Стратиграфическое положение остальных границ (III'', III) определено по сопоставлению разрезов скважин с глубинными динамическими разрезами [1, с. 52].

На сегодняшний день в России существует только три компании, которые в достаточной мере технологически оснащены и могут решать сложные задачи. И одной из них является «Геотек Холдинг». Эта компания уделяет большое внимание внедрению методов, которые относятся к категории высокотехнологичной сейсморазведки.

В первую очередь – это HD сейсморазведка и плотная сейсморазведка. В России при стандартной 3D сейсмике используют 4–7 тыс. каналов. При HD сейсмике на аналогичной площади используется 40–50 тыс. каналов. Данная технология работает также на сланцевую нефть и газ. Возможности ее применения в российских условиях, как геологических, климатических, так и при существующей инфраструктуре – очень широки. Руководители компании заявляют, что под каждый конкретный проект разрабатывается свой уникальный дизайн съемки с учетом всех факторов.

Технология высокоплотной сейсморазведки заключается в сгущении и по линиям возбуждения и по линиям приема. Это, в свою очередь, приводит к получению более емкой матрицы данных. Для проведения такого метода требуются определенные подходы к организации работы и определенные требования к станции. Такая станция уже сама на аппаратном уровне фильтрует сигнал, полученный от других источников возбуждения с заданными параметрами. Также это повышает требования к оборудованию. Именно в этом и заключается высокотехнологичность метода [8].

Сейсмические методы разведки занимают первое место среди геофизических методов по разрешающей способности и по многообразию решаемых с помощью них геологических задач.

В настоящее время происходит увеличение требований к геофизическим методам в связи с необходимостью увеличения их глубинности и разрешающей способности для поисков труднооткрываемых месторождений [4].

На многих исследуемых территориях России высокий уровень использования сейсморазведки доказан в процессе геологоразведочных работ.

Список литературы

1. Астраханский карбонатный массив : строение и нефтегазоносность / под ред. Ю. А. Воложа, В. С. Парасыны. – М. : Научный мир, 2008. – 221 с.
2. Бембель, Р. М. Высокорастворимая объемная сейсморастворка / Бембель Р. М. – Новосибирск : Наука, 1990. – 152 с.
3. Гайнанов, В. Г. Сейсморастворка / В. Г. Гайнанов – М. : Издательство МГУ, 2005. – 149 с.
4. Геофизика / под ред. В. К. Хмелевского. – М. : КДУ, 2007. – 320 с.
5. Интерпретация данных сейсморастворки / справочник под редакцией О. А.Потапова. – М. : Недра, 1990. – 448 с.
6. Норман, Дж. Хайн Геология, разведка, бурение и добыча нефти / Дж. Хайн Норман. – М. : изд-во ОлимпБизнес, 2008. – 563 с.
7. Овчаренко, А. В. и др. Методические приемы интерпретации геофизических материалов при поисках, разведке и освоении месторождений углеводородов / А. В. Овчаренко и др.. – М. : Научный мир, 2002. – 102 с.
8. Oil & Gas Journal Russia. – 2013. – № 1–2. – С. 62–64.

References

1. *Astrakhan carbonate massif: Structure and oil and gas potential*, ed. by Yu. A. Volozha, V. S. Parasyuny. Moscow, Nauchny mir, 2008, 221 p.
2. Bembel, R. M. *High-resolution volumetric seismic exploration*. Novosibirsk, Nauka, 1990, 152 p.
3. Gainanov, V. G. *Seismorazvedka*. Moscow, MSU Publ. House, 2005, 149 p.
4. *Geofizika*, ed. by V. K. Khmelevsky. Moscow, KDU, 2007, 320 p.
5. *Interpretation of seismic data*. Handbook edited by O. A. Potapov. Moscow, Nedra, 1990, 448 p.
6. Norman, J. Hine *Geology, exploration, drilling and oil production*. M., Publ. house of the Olympus Business, 2008, 563 p.
7. Ovcharenko, A. V. et al. *Methodological methods of interpretation of geophysical materials in the search, exploration and development of hydrocarbon deposits*. Moscow, Nauchny Mir, 2002, 102 p.
8. *Oil & Gas Journal Russia*, 2013, no. 1–2, pp. 62–64.