

Дистанционное обучение

РФ-17

16.10.2020

Геологические основы сейсморазведки.

Данная тема предполагает изучить следующие вопросы: Геологические основы сейсморазведки.

Требуется изучить теоретический материал по одному из рекомендованных ранее учебнику, например,

Гурвич И. И. Сейсморазведка. Издание третье, переработанное и дополненное М., «Недра», 1975. 408 с.

Изложены физические и геологические основы сейсморазведки, дано обоснование и описание ее главных методов. Приведены сведения об устройстве сейсморазведочной регистрирующей и обрабатывающей аппаратуры. Подробно рассмотрена методика полевой сейсморазведки и техника производства работ. Последовательно описаны этапы обработки и геологической интерпретации данных сейсморазведки. Приведен обзор условий и результатов применения сейсморазведки в некоторых районах СССР при решении различных геологических задач.

Книга является учебником для учащихся геологоразведочных техникумов.

Табл. 12, ил. 172, список лит. — 18 назв.

§ 4. ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ

Горные породы, слагающие геологические среды, обладают специфическими особенностями, обусловленными их составом, условиями образования и развития и современными условиями залегания. При оценке возможностей применения сейсмических методов правильный учет этих особенностей имеет первостепенное значение.

1. Скорость распространения волн и поглощение в горных породах. Возможность использования сейсморазведки как метода изучения геологического строения того или иного района базируется на том, что преломляющие и отражающие границы совпадают с геологическими границами, т. е. с границами стратиграфических горизонтов. Именно поэтому сведения о положении отражающих или преломляющих границ позволяют геологам и геофизикам судить о строении подземных толщ и об особенностях их структуры.

Но не только о структурных особенностях можно судить на основании данных сейсморазведки. Сведения о скоростях распространения упругих волн в преломляющих слоях, которые могут быть получены на основании географов, позволяют иногда судить о литологическом составе пород, слагающих преломляющий горизонт. Вследствие этого в некоторых случаях оказывается возможным определить геологический возраст горизонта, или, как говорят геологи, «привязать» его стратиграфически. Таким образом, совокупность данных, полученных при сейсморазведке, позволяет составить

представление о геологическом строении района и во многих случаях определить возраст пород, слагающих тот или иной горизонт.

Сведения о скоростях распространения продольных волн, накопленные отечественной сейсморазведкой, настолько обширны, что позволяют сделать общие выводы о закономерностях в распределении скоростей. В табл. 2 приведены скорости распространения продольных и поперечных волн в различных породах и средах.

Таблица 2

Порода или среда	v_p , м/с	v_g , м/с
Воздух (в зависимости от температуры, давления и ветра)	340—360	—
Почвенный слой выветренный	100—500	50—300
Гравий, щебень, песок сухой	100—600	60—400
Суглинок сухой	300—900	150—550
Песок влажный	200—1800	100—500
Глина	1200—2500	100—750
Вода (в зависимости от температуры и солености)	1430—1590	—
Песчаник рыхлый	1500—2500	600—1000
Песчаник плотный	1800—4000	700—2500
Мел	1800—3500	700—1800
Сланцы глинистые	2700—4800	1300—3000
Известняк, доломит плотный	2500—6000	1200—3500
Мергель	2000—3500	1100—1800
Ангидрит, гипс	4500—6500	2200—4000
Лед	3400—4200	1600—2100
Соль каменная	4200—5500	2100—3300
Гранит	4000—5700	1800—3500
Метаморфические породы	4500—6800	2400—4200

Как показывают данные табл. 2, многие породы, совершенно различные по составу, могут характеризоваться одной и той же величиной скорости. Тем не менее во многих случаях, когда приблизительно известен геологический разрез изучаемого района, по величине скорости может быть точно определен состав пород, слагающих изучаемый горизонт. Например, известно, что в исследуемом районе верхняя часть разреза сложена песчано-глинистыми отложениями и лишь в средней части разреза находится слой известняка сантонского возраста. Определив положение преломляющего горизонта, характеризующегося скоростью $v_p = 3500—4500$ м/с, можно уверенно говорить о совпадении его с верхней границей известняков сантона. Такие случаи встречаются часто.

Скорость распространения волн в большой мере зависит от степени уплотнения пород и от их влажности. По мере уплотнения пород, быстро возрастает модуль Юнга, вследствие чего происходит увеличение скорости. Особенно отчетливо это проявляется в самой верхней части разреза. Расположенные вблизи поверхности земли

породы, подвергаясь действию ветра, дождя, растений и т. п. обычно разрушаются — выветриваются.

Частицы, составляющие верхний выветренный слой, слабо связаны между собой, иначе говоря, степень уплотнения в этих поверхностных слоях очень невелика. Вследствие этого даже такие породы, как сланцы или известняки, обнажаясь на поверхности земли, характеризуются ненормально низкими скоростями. Что же касается более рыхлых пород, то в поверхностном слое связь между отдельными частицами оказывается настолько слабой, частицы настолько разобщены, что скорость распространения упругих волн в такой среде бывает иногда меньшей, чем в воздухе. В таких рыхлых образованиях скорость сильно зависит от степени насыщенности породы влагой. Как правило, скорость в увлажненных рыхлых породах больше, чем в сухих. В слитных, весьма уплотненных породах величина скорости практически не зависит от степени увлажнения.

Поскольку степень уплотнения пород в большой мере зависит от испытываемой ими нагрузки, то естественно, что одни и те же породы, залегающие на разной глубине, характеризуются различной скоростью, причем тем большей, чем больше глубина залегания. Поэтому нередко в одном и том же пласте скорость оказывается в сводовой части структуры меньшей, чем в области прогиба этого же пласта. Такая закономерность заметно проявляется на структурах с большой амплитудой поднятий, где различие в нагрузках на своде и в синклиналях особенно велико.

Кроме того, следует отметить, что более отчетливо зависимость скорости от глубины залегания проявляется в более молодых и неглубоко залегающих пластах. Объясняется это, по-видимому, тем, что породы в глубоко залегающих и древних пластах так сильно уплотнены, что небольшие различия в величине нагрузки сказываются чрезвычайно слабо. Именно с зависимостью уплотнения пород от нагрузки связано различие в скоростях распространения волн в неодинаковых по возрасту (молодых или древних) породах, имеющих один и тот же петрографический состав. Большая глубина залегания и длительность нагрузок вызывают соответственно большое уплотнение древних пород по сравнению с молодыми. Кроме того, существенную роль играют процессы метаморфизма. Так, при горообразовательных процессах (образовании структур) породы испытывают большие дополнительные механические нагрузки, под влиянием которых происходит значительное уплотнение пород. Древние породы участвуют в большом числе этапов горообразования, поэтому они более уплотнены.

Соответствие между геологическими и сейсмическими границами показано на рис. 25, где изображены литологическая колонка и скоростной разрез одной из скважин в Саратовском Поволжье. Нижний слой 7 со скоростью 4,17 км/с соответствует терригенным отложениям среднего девона. Залегающие выше верхнедевонские известняки 6 характеризуются скоростью около 6 км/с. Над

ними располагаются известковые породы нижнего карбона 5, в которых скорость равна 4,32 км/с. Терригенные отложения 4 верейского горизонта, имеющие скорость 2,7 км/с, перекрываются известняками верхнекаменноугольного возраста 3, в которых скорость около 4,15 км/с. В верхней части разреза наблюдаются небольшие скорости 1,6—1,8 км/с, соответствующие песчано-глинистым отложениям 1 и 2 мезозоя.

Скорости распространения поперечных волн v_s изменяются в еще большем относительном диапазоне и также зависят от перечисленных выше факторов. В большинстве горных пород отношение

$$n = \frac{v_p}{v_s} \quad (4.1)$$

составляет приблизительно 1,7—2. В глинистых водонасыщенных породах и пльвунах это отношение может значительно возрасти, достигая значений 7 ÷ 10, вследствие резкого уменьшения скорости v_s в таких породах.

Декременты поглощения продольных θ_p и поперечных θ_s волн имеют одинаковые по порядку величин значения. В крепких, консолидированных породах, декремент поглощения имеет величину менее 0,01; в поверхностных частях разреза он возрастает до 0,1 и более.

2. Зона малых скоростей (ЗМС). Верхняя часть разреза (в 1г). В большинстве районов под почвенным слоем залегают рыхлые, слабо сцементированные отложения. Такие отложения, если только они не полностью насыщены водой, характеризуются очень малыми значениями скорости (см. табл. 2) и образуют зону малых скоростей, которая отличается сильным поглощающим действием, особенно по отношению к высоким частотам. Мощность ЗМС изменяется в широких пределах от нуля до 80 ÷ 100 м. Обычно она составляет 8 ÷ 15 м. Нижняя граница ЗМС часто совпадает с уровнем грунтовых вод, что объясняется резким увеличением скорости в полностью водонасыщенных рыхлых породах. В районах развития вечной мерзлоты ЗМС отсутствует.

Зона малых скоростей существенным образом сказывается на распространении сейсмических волн. Вследствие большого различия в скоростях в ЗМС и в подстилающих ее породах происходит сильное преломление лучей всех глубинных волн, и вблизи поверхности лучи

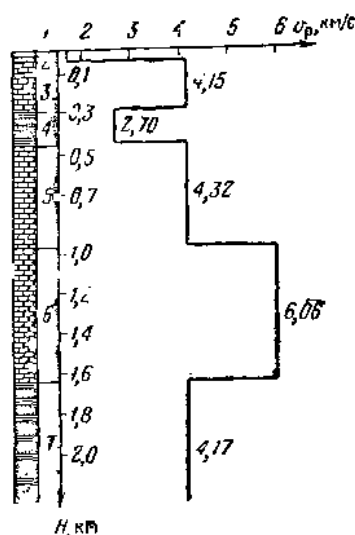


Рис. 25. Сейсмогеологический разрез (по данным А. И. Храмого)

можно считать вертикальными. Поэтому продольные волны создают на поверхности земли преимущественно вертикальные смещения почвы, а поперечные волны — горизонтальные смещения.

Различие в свойствах ЗМС вдоль сейсмического профиля приводит к различному запаздыванию волны при ее прохождении сквозь ЗМС. Поэтому это искажающее влияние должно быть учтено при обработке сейсмических материалов (см. § 20, п. 1).

Сильные поглощающие свойства ЗМС приводят к низкой сейсмической эффективности взрывов в ней. Поэтому стремятся помещать заряды ниже ЗМС, для чего бурят специальные взрывные скважины. Поглощающие свойства ЗМС сильно сказываются на волнах, распространяющихся преимущественно в ней. Поэтому во многих случаях наблюдается быстрое ослабление прямой и поверхностных волн по мере удаления от пункта взрыва. Отраженные и преломленные волны, приходящие снизу, проходят в ЗМС сравнительно небольшой путь, но при значительной мощности ЗМС и они могут быть сильно ослаблены, вследствие действия поглощения. Наиболее сильное поглощение наблюдается в самой верхней части ЗМС — почвенном слое. Для устранения его влияния приемники сейсмических колебаний устанавливают в неглубокие ямки.

При морской и речной сейсморазведке может проявляться сходное с влиянием ЗМС действие слоя донных осадков.

Кроме ЗМС часто особо рассматривают верхнюю часть разреза (ВЧР), с существованием которой связаны многие особенности волновой картины, наблюдаемой на поверхности. К ВЧР относят толщу отложений мощностью 200—400 м, в которой скорость изменяется довольно значительно и обнаруживается сравнительно большое поглощение. Большая дифференцированность по скоростям слоев, слагающих ВЧР, приводит к возникновению множества сильных отражающих границ, на которых могут образовываться многочисленные и разнообразные регулярные волны-помехи.

3. Условия применения сейсморазведки. Сейсмические методы разведки в настоящее время применяются преимущественно для решения различных задач структурной геологии. С помощью сейсморазведки решаются вопросы, относящиеся как к области региональной геологии, так и имеющие непосредственное поисковое и разведочное значение.

При поисках и разведке полезных ископаемых основными объектами исследования являются различные формы складчатости. В задачу сейсморазведки в этом случае может входить: обнаружение и изучение антиклиналей, куполовидных поднятий, сбросов, угловых несогласий, исследование взаимной связи между различными структурами, прослеживание стратиграфических горизонтов, установленных бурением и т. п. Сейсмические методы часто служат для детальной разведки структур и подготовки их к разведочному бурению.

Использование сейсморазведки для выяснения вопросов, относящихся к региональной геологии, дает возможность проводить районирование крупных геологических объектов (платформы, депрессии

и т. п.), выделять зоны относительного подъема и погружения осадочной толщи, изучать глубину залегания и форму кровли докембрийского или палеозойского фундамента и т. п.

Сейсмические методы могут быть также использованы для решения задач инженерной геологии: определения глубины залегания коренных пород, формы их поверхности, а также исследования некоторых их физических параметров.

Основные методы полевой сейсморазведки — метод отраженных волн и метод преломленных волн — при решении различных задач неравноценны. Первый из них позволяет хорошо решать структурные задачи при глубине залегания структур от 200—400 м до 5—7 км и определять скорости в толще, покрывающей границу, знание которых необходимо для интерпретации сейсмических наблюдений. Метод преломленных волн также может давать надежные сведения о геометрической форме поверхности раздела. Однако он не позволяет надежно определять скорости в толще, покрывающей преломляющую границу, знание которых необходимо для интерпретации. В то же время он дает возможность определять скорости в преломляющих горизонтах, т. е. ценную физическую характеристику пород, слагающих горизонты. Сопоставляя особенности методов отраженных и преломленных волн, можно заключить, что все возможности сейсморазведки могут быть использованы только при правильном сочетании обоих методов. Это обстоятельство должно учитываться при проведении сейсмических работ для решения самых разнообразных геологических задач.

Возможность использования сейсмических методов для решения геологических задач зависит в первую очередь от геологического разреза района, определяющего его так называемые сейсмогеологические особенности (условия), которые можно разделить на две группы. Первая из них связана с глубинными частями геологического разреза, вторая — с его верхними частями.

Глубинные сейсмогеологические особенности района определяются совокупностью следующих данных:

1) наличием в различных частях разреза сейсмических границ, отражающих или преломляющих, залегающих согласно с геологическими границами;

2) качеством сейсмических границ — их выдержанностью по простиранию, гладкостью, углами наклона, величиной различия упругих свойств в породах по обе стороны от границы и т. п.;

3) распределением скоростей в геологическом разрезе.

Поверхностные сейсмогеологические особенности в свою очередь определяются:

1) составом пород и выдержанностью верхней части разреза;

2) характером зоны малых скоростей;

3) положением водоносных горизонтов;

4) рельефом местности.

Наиболее благоприятными условиями для проведения сейсми-

ческих работ является совокупность следующих сейсмогеологических условий:

1) наличие в свитах, представляющих интерес для геологической разведки, четких сейсмических границ, совпадение сейсмических границ со стратиграфическими границами. В частности, для применения метода преломленных волн необходимо наличие пластов, сложенных породами с повышенной скоростью распространения в них упругих колебаний;

2) значительная выдержанность сейсмических границ, обеспечивающая изучение одного и того же горизонта на большой площади, отсутствие изменений фациального состава слоев, небольшие углы наклона (от 2 до 20°);

3) наличие в верхней части разреза увлажненных пластичных пород;

4) небольшая мощность зоны малых скоростей;

5) неглубокое расположение уровня грунтовых вод;

6) отсутствие резких сейсмических границ в верхней части разреза;

7) спокойный рельеф местности.

Выполнение третьего, четвертого и пятого условий позволяет рассчитывать на хорошую возможность приема колебаний и особенно на хорошие условия возбуждения продольных упругих волн, что имеет первостепенное значение для успешного проведения сейсмических работ. Для возбуждения поперечных волн неглубокое расположение грунтовых вод является неблагоприятным фактором.

В настоящее время благодаря развитию техники и методики сейсморазведки удается успешно проводить сейсмические исследования в районах с неблагоприятными поверхностными сейсмогеологическими особенностями. Проведение сейсморазведочных работ в таких районах требует применения специальных приемов полевых работ.

В данной лекции мы изучили такой вопрос как: Геологические основы сейсморазведки