

*И.С. Грамберг, И.В. Школа, Е.Г. Бро* (ПГО «Севморгеология»),  
*В.А. Шеходанов, А.М. Армишев* (ПГО «Волгокамскгеология»)

## ПАРАМЕТРИЧЕСКИЕ СКВАЖИНЫ НА ОСТРОВАХ БАРЕНЦЕВА И КАРСКОГО МОРЕЙ

Изучению шельфа арктических морей в последнее время уделяется большое внимание. В связи с этим в этих районах получили развитие геологоразведочные работы, особое значение среди которых имеет бурение параметрических скважин. Главная задача бурения - выяснение возраста, вещественного состава и физических свойств горных пород, слагающих крупные геоструктурные элементы островной суши и прилегающего шельфа. Уже пройдено пять скважин: Грумантская - на о. Западный Шпицберген; Нагурская, Северная и Хейса - соответственно на островах Земля Александры, Грезм-Белл и Хейса архипелага Земля Франца-Иосифа; Свердрупская - на о. Свердруп, находящаяся в юго-восточной части Карского моря.

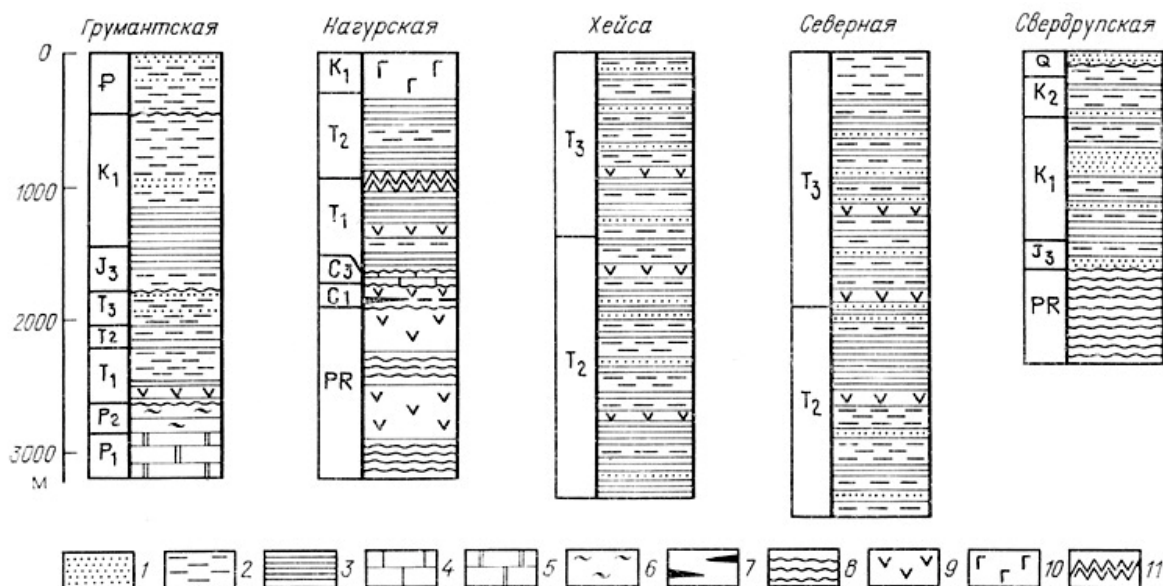
Бурение скважин Северной и Свердрупской осуществлялось непосредственно на островах, а при проходке остальных параметрических скважин использовался специально переоборудованный ледокол «Леонид Красин». Бурение проводилось установками БУ-125-БЭ, «Урал-маш-43-67», «Уралмаш-ЗД-67» турбинно-роторным способом. Коммерческая скорость равнялась 166-441 м/ст-мес. В каждой скважине пройдено с отбором керна 9,1-16,9 % от общей глубины; вынос керна составил 51-64,5 % от интервалов проходки с керном.

*Грумантская скважина* (глубина 3173 м) пробурена в 1975 г. в поле развития палеогеновых отложений приосевой части Западно-Шпицбергенского прогиба (вблизи пос. Колсбей). Разрез расчленен на основании определения остатков фауны, изменения литологического состава пород и сопоставления с разрезами, расположенными на сопредельных территориях вдоль южного побережья Ис-фьорда. Во вскрытом разрезе (рисунок) сверху вниз выделяются: песчано-алевритовые, в нижней части угленосные отложения палеогена (мощно-

стью 440 м); нижнемеловые алевролиты с подчиненными пластами песчаников и аргиллитов (1000 м); верхнеюрские алевритоглинистые породы (340 м); алевролиты верхнего (260 м), среднего (148 м) и нижнего (412 м) триаса; кремнистые породы верхней перми (245 м) и доломиты с пластами ангидритов нижней перми (более 310 м). В интервале 2546-2588 м скважиной пройдена интрузия меланократовых габбро-долеритов, вероятно, юрско-мелового возраста.

Судя по керну, породы залегают практически горизонтально. Крутое падение под углом 40-50° отмечено лишь в небольшом интервале 797-812 м (аптский ярус). Зоны повышенной трещиноватости и дробления с многочисленными зеркалами скольжения и брекчированными породами зафиксированы в интервалах 1296-1302, 1345-1385, 1457-1461, 2176-2178 и 2206-2210 м. Во всех случаях наблюдается небольшое смещение слоев, а в интервале 2206-2210 м установлено выпадение из разреза нижней части анизийского яруса.

Максимальной плотностью обладают габбро-долериты (3,1 г/см<sup>3</sup>), ангидриты (2,94) и доломиты (2,84). Плотность терригенных пород мезозоя и палеогена изменяется от 2,48 до 2,71 при среднем значении 2,65 г/см<sup>3</sup>. Наибольшее влияние на плотность терригенных разностей оказал катагенез, в результате которого произошли их уплотнение и цементация. Отмечается скачкообразное увеличение плотности с глубиной. Первый рубеж (на глубине 1800 м) совпадает с подошвой юрских отложений и, вероятно, объясняется размывом среднеюрской - верхнетриасовой толщи. Избыточная плотность триасовых пород составляет 0,08 г/см<sup>3</sup>. Второй рубеж (2850 м) соответствует границе отделов пермской системы и обусловлен изменением вещественного состава. Избыточная плотность



**Разрезы параметрических скважин**

1 — пески, песчаники; 2 — алевриты, алевролиты; 3 — глины, аргиллиты; 4 — известняки; 5 — доломиты;

6 — кремнистые породы; 7 — углистые породы, угли; 8 — метаморфические породы; 9 — долериты; 10 — базальты; 11 — тектонический контакт

нижнепермских доломитов и ангидритов составляет  $0,15 \text{ г/см}^3$ .

С рубежами изменения плотности совпадают основные отражающие горизонты, установленные в результате вертикального сейсмического профилирования. Пластовые скорости до глубины 1800 м не превышают 4 км/с, в интервале 1800-2850 м изменяются от 4 до 5 км/с, а глубже достигают 6 км/с. Следует отметить, что полученные по скважине значения петрофизических параметров характерны только для западной части архипелага Шпицберген, где кроме катагенеза, вызванного погружением пород на большие глубины, видимо, сказалась повышенная тектоническая активность окраинной зоны шельфа.

*Нагурская скважина* (глубина 3204 м) пробурена в 1977 г. на самом западном острове архипелага Земля Франца-Иосифа - о. Земля Александры. Скважина до глубины 1900 м прошла осадочный чехол, а на глубине 1304 м вскрыла складчатое основание. В разрезе платформенного чехла породы залегают практически горизонтально. Сверху вниз выделяются: покровы базальтов с пластами глин, алевролитов и углистых аргиллитов баррем-аптского возраста (283 м); среднетриасовые алеврито-глинистые породы (681 м); нижнетриасовые аргиллиты (693 м); органогенные известняки верхнего карбона (83 м) и преимущественно кварцевые песчано-

алевритовые угленосные отложения нижнего карбона (160 м). Метаморфические породы складчатого фундамента верхнепротерозойского (вендского) возраста. Они залегают под углами  $20-75^\circ$ , интенсивно дислоцированы, разбиты серией крутопадающих разломов. В разрезе фундамента выделяются две толщи: верхняя (интервал 1900-2900 м), сложенная кварцитами, и нижняя (2900-3204 м), представленная филлитами и кварцево-серицитовыми микросланцами.

Крупные стратиграфические несогласия установлены в основании нижнекаменноугольных, триасовых и нижнемеловых отложений. На границе нижнего и среднего триаса обнаружено выпадение из разреза верхнеоленекского подъяруса, анизийского яруса и нижне-ладинского подъяруса, по-видимому, за счет смещения отложений по тектоническому нарушению.

Нагурская скважина пересекла 21 интрузивное тело микродолеритов и габбро-долеритов мощностью от 2 до 140 м, причем в складчатом основании их больше, чем в осадочном чехле. Изотопная датировка изверженных пород свидетельствует о том, что внедрение магмы началось в поздне триасовую и закончилось в раннемеловую эпохи.

Магматические породы отличаются наибольшей плотностью - от  $2,8$  до  $3,0 \text{ г/см}^3$ , а плотность метаморфических пород

обычно 2,67-2,77 г/см<sup>3</sup>. Плотность осадочных пород вниз по разрезу возрастает от 2,48 на глубинах 500-750 м до 2,80 г/см<sup>3</sup> на глубинах около 1800-1900 м. Это объясняется влиянием катагенеза, а также тем, что в основании осадочного чехла залегают главным образом известняки и терригенные породы, контактово-измененные внедрившимися интрузиями. За счет разницы в плотности осадочных и метаморфических пород, а также насыщенности нижней части разреза интрузиями в основании осадочной толщи происходит скачкообразное увеличение значений этого физического параметра примерно на 0,25 г/см<sup>3</sup>.

В зависимости от плотности по разрезу изменяется скорость распространения упругих волн. По данным вертикального сейсмического профилирования в нижнемеловых базальтах средняя скорость равна 4,7 км/с, в осадочной толще она увеличивается от 2,56 на глубинах 280-750 м до 5,30 км/с в ее основании. Глубже 1895 м плотность составляет 5,5-6,0 км/с.

*Северная скважина* заложена в 350 км восточнее Нагурской на о. Грезм-Белл архипелага Земля Франца-Иосифа. Бурение длилось с 1977 по 1979 г. и остановлено на отметке 3523 м. Несмотря на то, что фактическая глубина на 10 % превысила проектную, скважина не вышла из отложений триасового возраста. Вскрытый здесь разрез залегающих практически горизонтально терригенных пород триаса характеризуется двумя его отделами - верхним мощностью 1935 м и средним (1588 м). В верхнетриасовой толще выделены глинисто-алевритовые отложения норийского и рэтского ярусов (610 м) и преимущественно песчано-алевритовые карнийского яруса с прослоями углистых пород и линзами каменных углей (1325 м). В среднетриасовой толще преобладают алеврито-глинистые разности. Мощность ладинского яруса 940 м, вскрытой части анизийского 648 м. Наиболее глинистая часть разреза относится к верхнеладинскому подъярусу. Скважина вскрыла шесть интрузивных тел мощностью от 5 до 87 м. Изверженные породы представлены стекловатыми долеритами, микродолеритами, микропегматитовыми габбро и оливиновыми габбро-долеритами.

Внедрение интрузий происходило с конца раннего мела до начала палеогена.

Диапазон изменения плотности осадочных пород - 2-2,74 г/см<sup>3</sup>, изверженных - 2,96-3,10 г/см<sup>3</sup>. В осадочных породах, как правило, наблюдаются увеличение этих значений в ряду песчаники - алевролиты - аргиллиты и прямая зависимость плотности от содержания карбонатного материала. С глубиной плотность возрастает от 2,3 в верхней до 2,7 г/см<sup>3</sup> в нижней части разреза.

По градиенту нарастания плотности с глубиной разрез осадочной толщи можно разделить на две части. До глубины 2000 м изменения плотности на каждые 100 м составляют примерно 0,03, а глубже 0,003 г/см<sup>3</sup>. По-видимому, на глубине около 2000 м плотность достигает уровня, близкого к максимальному для терригенных пород, и далее почти не увеличивается. Нарушение плавности изменения этого физического параметра с глубиной объясняется тем, что выше 2000 м отложения более песчаные, чем залегающие ниже. Нельзя полностью исключить и возможность выпадения из разреза самой верхней части среднетриасовых отложений в результате размыва.

По данным сейсмокаротажа пластовые скорости осадочных пород, уплотняющихся с глубиной, повышаются от 2,05 до 5 км/с. Резкий скачок значений приурочен к интервалу 950-1174 м, в прикровельной части которого расположена пачка песчаников мощностью 30 м с повышенным содержанием карбонатного материала в цементе. Высокие пластовые скорости (5-6,67 км/с) определены для мощных тел изверженных пород в интервалах 1174-1221, 1821-1920 и 2520-2636 м. На глубине около 2000 м нарастание скорости распространения упругих волн замедляется. На глубине 1920 м выявлен отражающий горизонт.

*Скважина Хейса* (глубина 3344 м) расположена в северо-восточной части одноименного острова. Она пробурена в 1980-1981 гг. для выяснения глубинного строения средней части архипелага Земля Франца-Иосифа между установленными бурением выступом складчатого фундамента и крупной впадиной. Результаты обработки материалов бурения показали, что разрез ее

и разрез скважины Северной в литолого-стратиграфическом отношении аналогичны. Мощность (в м): норийско-рэтской толщи - 405, карнийской - 1010, ладинской - 1205 и анизийской - 724. Палеонтологические данные, полученные по скважине Хейса, позволили провести детальное стратиграфическое, расчленение триасовой толщи и детальную корреляцию с разрезом скважины Северной.

Скважина Хейса пересекает семь интрузий габбро-долеритов. Вскрытая мощность отдельных тел варьирует от 20 до 73 м, суммарная мощность составляет 274 м. По данным определения абсолютного возраста интрузии внедрились в среднеюрское и поздне меловое время.

Плотность изверженных пород, подобно образцам из других скважин, изменяется в узком диапазоне от 2,9 до 3,1 г/см<sup>3</sup>, а осадочных пород колеблется от 1,78 до 3,16 г/см<sup>3</sup>. Ее наибольшие значения присущи карбонатным конкрециям. В верхней части осадочной толщи они составляют 2,45-2,55 г/см<sup>3</sup>, на глубине около 1400 м приближаются к 2,65-2,7 г/см<sup>3</sup> и далее почти не увеличиваются. Замеренные в образцах терригенных пород скорости распространения продольных волн, как и плотности, наиболее интенсивно возрастают до глубины 1450 м, ниже они стабилизируются на уровне около 4,75 км/с. Физическая граница вблизи рубежа средне- и верхнетриасовых отложений ранее была установлена в разрезе скважины Северной и, вероятно, прослеживается в пределах всей восточной части архипелага Земля Франца-Иосифа.

*Свердрупская скважина* (глубина 2336 м) пробурена в восточной части одноименного острова в 1979-1980 гг. Она прошла четвертичные (82 м), меловые (1372 м), юрские терригенные отложения (166 м) и вскрыла метаморфические породы протерозоя (716 м). Среди юрско-меловых отложений преобладают алеврито-песчаные разности, образующие пачки мощностью в сотни метров. Наиболее глинистыми являются отложения берриас-валанжинского возраста. Метаморфические породы фундамента представлены кварцсерицитовыми микросланцами. Терригенные породы осадочного чехла залегают практически горизонтально; отложения

фундамента интенсивно дислоцированы, разбиты многочисленными трещинами, углы падения обычно составляют 50-70°.

Плотность вскрытых скважиной пород изменяется от 1,52 до 3,22 г/см<sup>3</sup>. Для песчаников характерна плотность около 2,1, алевритов - 2,2, глин и аргиллитов - 2,4 г/см<sup>3</sup>. Максимальные значения приурочены к осадочным разностям с повышенным содержанием карбонатного материала. Плотность метаморфических пород колеблется от 2,71 до 2,85 г/см<sup>3</sup>.

В осадочной толще средние по интервалам отбора керны значения плотности нарастают с глубиной от 2,0 до 2,3 г/см<sup>3</sup>. Поскольку осадочные породы с повышенным содержанием карбонатного материала встречаются в разрезе редко, на границе осадочного чехла и фундамента (глубина 1620 м) наблюдается резкий скачок средних значений плотности от 2,2 до 2,8 г/см<sup>3</sup>. Градиент нарастания плотности с глубиной в метаморфической толще близок к нулю.

Скорость распространения продольных волн на границе осадочного чехла и фундамента возрастает от 3,5 до 7 км/с. С погружением границы в западном направлении перепад плотности и скорости распространения упругих волн уменьшится, так как с метаморфическими породами будут соприкасаться все более измененные под влиянием катагенеза осадочные разности.

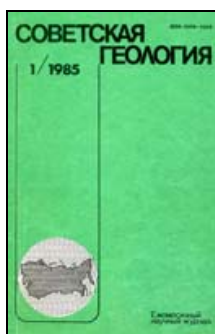
На севере Западно-Сибирской плиты вблизи контакта преимущественно туронской глинистой толщи и сеноманской алеврито-песчаной прослеживается сейсмический горизонт Г. В разрезе Свердрупской скважины он вряд ли может быть установлен, поскольку здесь туронские отложения значительно опесчаниваются. Ввиду отсутствия в разрезе скважины такой же, как на материке, мощной верхнеюрской алеврито-глинистой толщи существование репера Б также вызывает сомнение. Сейсмический горизонт М на севере Западно-Сибирской плиты приурочен к алеврито-песчаным пластам баррем-аптского возраста, особенностью которых по сравнению с соседними по разрезу является относительно повышенная песчаность. В разрезе Свердрупской скважины такие пласты залегают, вероятно, в интервале 1220-1260 м.

В результате комплексной обработки материалов бурения скважин Грумантской, Нагурской, Хейса и Северной впервые получены сведения о строении осадочного чехла и складчатого основания, а также о магматизме в зоне окраинно-шельфовых поднятий Баренцева моря. Установлено, что с раннекаменноугольного до раннемелового времени включительно рассматриваемая зона развивалась как молодая платформа. Осадочный чехол платформы, вскрытый на Шпицбергене и Земле Франца-Иосифа, обнаруживает значительное сходство по типу осадков, их фациальной принадлежности, одновременности периодов тектонической активности, проявлению траппового магматизма. Одна из особенностей зоны - малая мощность отложений, находящихся на ранних стадиях катагенеза.

Поэтому терригенные породы, залегающие на небольших глубинах, обладают довольно высокими плотностями и скоростями распространения упругих волн.

Анализ материалов Свердрупской скважины показал, что разрез мезозойских отложений в юго-восточной части шельфа Карского моря близок к разрезам разновозрастных толщ на севере Западной Сибири, но отличается в целом большей песчаностью. Вскрытые скважиной метаморфические породы сопоставимы с нижнепротерозойскими образованиями Западного Таймыра. Результаты обработки материалов бурения параметрических скважин послужат основой для региональных геологических прогнозов и позволят уточнить интерпретацию морских геофизических данных.

***Ссылка на статью:***



*Грамберг И.С., Школа И.В., Бро Е.Г., Шеходанов В.А., Армишев А.М. Параметрические скважины на островах Баренцева и Карского морей. // Советская геология. 1985. № 1. С. 95-98.*