

В. К. ХМЕЛЕВСКОЙ, Э. Н. КУЗЬМИНА

О ГЛУБИНЕ ЗАЛЕГАНИЯ ПАЛЕОЗОЙСКОГО ФУНДАМЕНТА В ГОРНОМ КРЫМУ, ПО ГЕОФИЗИЧЕСКИМ ДАННЫМ

В 1959—1963 гг. при разведке трассы Крымского гидротоннеля и в 1963—1965 гг. при проведении учебной геофизической практики в Горном Крыму сотрудниками и студентами кафедры геофизики геологического факультета МГУ с участием авторов настоящей работы выполнялись глубинные электрические зондирования.

Целью этих исследований было определение глубины залегания кровли палеозойского фундамента по линии Ново-Павловка — долины рек Бодрака и Марты — Ялтинская Яйла (рис. 1) и по Ялтинской и Ай-Петринской яйле. Первый профиль, длиной около 40 км, пересекает Предгорную и Главную гряды Крымских гор в юго-западной части Крыма, а второй, длиной около 16 км, проходит по вершине хребта [4].

В геологическом строении изучаемого района принимают участие палеозойские и мезозойские породы. Наиболее древними отложениями, не вскрытыми на этом участке ни одной скважиной и выявленными лишь по геофизическим данным, являются палеозойские. Судя по их свойствам, полученным в результате геофизических исследований Горного Крыма, результатам бурения в Степном Крыму, а также по данным изучения глыб известняка, встречаемых в долине р. Бодрак, палеозойские отложения представлены сланцами, конгломератами, известняками. Возможно, что среди этих осадочных и метаморфических пород присутствуют пластовые интрузии и гранитоиды. Данных о глубине залегания палеозойских пород до проведения описываемых работ не было. Как будет показано ниже, в юго-западной части Горного Крыма кровля палеозойских отложений залегает на глубинах от 2 до 5 км. По предварительным данным, физические свойства палеозойских пород следующие: плотность $\sim 2,6 \text{ г/см}^3$, удельное электрическое сопротивление свыше 100 ом.

Главную роль в строении изучаемого участка играют верхнетриасовые и лейасовые отложения, объединяемые в мощную, тысячи флишевую толщу пород, называемую таврической серией. Она сложена терригенными породами, состоящими из темных глинистых сланцев, аргиллитов, чередующихся с прослоями плотных алевролитов и песчаников. Породы таврической серии чрезвычайно сильно дислоцированы, образуя опрокинутые перемытые складки, осложненные зонами дробления, надвигами.

На размытой поверхности таврической серии, резко несогласно налегают среднеюрские отложения. Последние по составу очень похожи на породы таврической серии, но менее дислоцированы. По физическим свойствам они практически не отличаются от таврических, образуя единый геолого-геофизический горизонт с мощностью от 2 до 5 км. О физических свойствах пород песчано-сланцевой толщи известно следующее. Плотность их равна $2,5\text{--}2,6 \text{ г/см}^3$, скорость распространения упругих волн $2\text{--}4 \text{ км/сек}$. Удельное электрическое сопротивление пород этой толщи меняется от 10 ом у влажных сланцев до 300 ом у песчаников, а среднее, наиболее вероятное, значение сопротивления песчано-сланцевой толщи в целом равно $25\text{--}30 \text{ ом}$.

В изучаемом районе верхние горизонты среднеюрской толщи (бодракская свита) сложены вулканогенными породами, отличающимися повышенными магнитными свойствами.

На размытой поверхности среднеюрской или на таврической серии несогласно залегают среднеюрские карбонатные породы, представленные известняками, карбо-

натной брекчией, мергелями. Плотность верхнеюрских пород $\sim 2,6 \text{ г/см}^3$, скорость распространения упругих волн 4—5 км/сек. Удельное электрическое сопротивление верхнеюрской толщи, слагающей массив Ай-Петринской Яйлы, меняется от 50—400 ом·м у карбонатной толщи (переслаивание алевролитов, песчанников, конгломератов, известняков) до 500—2000 ом·м у известняков, залегающих в верхней половине разреза.

Изучаемый профиль пересекает Качинское антиклинальное поднятие и синклиниорий юго-западной части главной гряды. Ядро Качинского антиклинория сложено породами палеозойского фундамента и таврической серии, образующих нижний, сильно дислоцированный структурный этаж Горного Крыма.

Ядро антиклинория юго-западной части Горного Крыма слагает мощная (от 1 до 3 км) карбонатная верхнеюрская толща, образующая верхний, полого залегающий структурный этаж.

В изучаемом районе большую роль играют дизъюнктивные нарушения сбросового типа.

Учитывая физические свойства пород района и условия выполнения работ, наиболее простым и точным геофизическим методом изучения данного района является

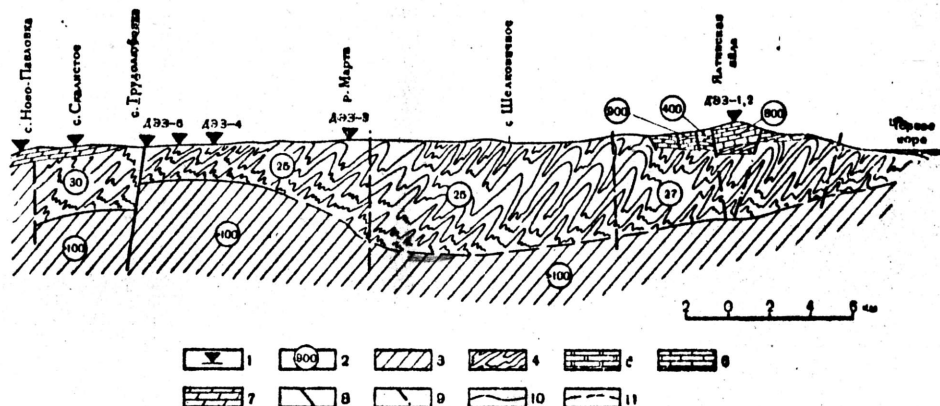


Рис. 1. Геоэлектрический разрез через Качинский антиклинорий и синклиниорий юго-западной части Горного Крыма:

1 — центры двусторонних дипольных электрических зондирований; 2 — удельное электрическое сопротивление пород в ом·м; 3 — палеозойские отложения; 4 — песчано-сланцевые породы таврической серии и средней юры; 5 — карбонатные отложения верхней юры; 6 — верхнеюрские отложения; 7 — меловые отложения; 8 — линии тектонических нарушений; 9 — предполагаемые линии тектонических нарушений; 10 — границы разных геоэлектрических горизонтов; 11 — предполагаемые границы

один из методов электроразведки — дипольные электрические зондирования (ДЭЗ). Дипольные зондирования выполнялись по двум указанным выше профилям с помощью электроразведочной станции. Максимальные расстояния между генераторной группой и измерительной лабораторией при работе на Яйле достигали 16 км и 5—10 км при работе в предгорной части. Такие большие разносы и обеспечили изучение геоэлектрического разреза на глубину до 4 км.

Получаемые при зондированиях значения кажущихся сопротивлений (ρ_k) искажались пересеченным горным рельефом и наличием тектонических нарушений. Поэтому методика проведения полевых работ была поставлена так, чтобы по возможности исключить эти искажения. Чтобы исключить влияние рельефа, зондирования на Яйле выполнялись осевой и экваториальной установками.

Теория и практика электрических зондирований на вершине хребта показывают, что средние значения глубины залегания геоэлектрических горизонтов, полученные в результате интерпретации осевых и экваториальных кривых ДЭЗ, практически не содержат ошибок за счет искажающего влияния рельефа [3]. Кроме того, из-за искажений ρ_k пересеченным рельефом, тектоническими нарушениями, сменой литологии по простиранию, а также наклонного залегания пород односторонние кривые ДЭЗ были сильно изрезаны. Поэтому для количественной интерпретации использовались лишь усредненные двусторонние кривые ДЭЗ.

На рисунке 2 приведены некоторые из двусторонних кривых ДЭЗ, подтвержденные повторными наблюдениями. Центры ДЭЗ 1 и 2 расположены на Ялтинской Яйле, при этом ДЭЗ-1 находится на профиле, приведенном на рис. 1, а ДЭЗ-2 в 4 км в стороне от него.

Первым горизонтом по этим кривым выделяется верхнеюрская толща известняков с сопротивлением 800—1000 *омм* и мощностью 900—1000 *м*. Нижние горизонты верхнеюрской толщи выделяются лишь при детальной интерпретации и характеризуются сопротивлением 200—300 *омм* и мощностью от 200 до 400 *м*.

Минимумом на кривых ДЭЗ отмечается песчано-сланцевая толща средней юры и таврической серии. Глубина залегания этой толщи около 1200 *м*. Если принять истинное сопротивление песчано-сланцевой толщи равным 25—30 *омм*, то мощность ее на хребте у г. Ялты меняется от 2900 до 3500 *м*. Средняя, наиболее вероятная мощность (а учитывая сильную перемятость, точнее — толщина) песчано-сланцевой толщи равна 3000—3300 *м*.

На правых ветвях кривых ДЭЗ отмечается слой с повышенным сопротивлением. Это породы палеозойского фундамента, представленные либо песчаниками, либо известняками. Таким образом, по данным электроразведки, палеозойский фундамент (или во всяком случае кровля высокоомных пород, подстилающих таврическую серию) на хребте у г. Ялты залегает на глубине 4200—4700 *м*, т. е. на абсолютных отметках — 3000—3500 *м*. Полученные данные о глубине залегания кровли песчано-сланцевой толщи подтверждаются результатами документации проходки и геофизических исследований в Ялтинском гидротоннеле, расположенном на глубине 900 *м* под точкой ДЭЗ-1 и не противоречат данным бурения Ялтинской опорной скважины. Как известно, последняя была углублена на 2350 *м* и не вышла из пород таврической серии.

К северу от ДЭЗ-1 до р. Марты определить глубину залегания палеозойских пород не удалось, так как максимальные разности между генераторной группой и полевой лабораторией в 6 *км* оказались недостаточными — их следовало бы увеличить до 10—15 *км*, что сделать в условиях труднодоступного горного рельефа достаточно сложно. Однако судя по кривой ДЭЗ-3 (см. рис. 2), высокоомные палеозойские породы залегают на глубине, превышающей 4 *км*, т. е. глубже, чем под Ялтинской Яйлой.

По ДЭЗ-4 и ДЭЗ-5 (см. рис. 2) песчано-сланцевая таврическая серия выделяется первым низкоомным электрическим горизонтом с сопротивлением 25—30 *омм* и мощностью 1900—2100 *м*. Глубже залегают высокоомные породы палеозоя. Вблизи центра ДЭЗ-5 проходит крупное тектоническое нарушение (сброс). Односторонние кривые ДЭЗ сильно искажены этим нарушением, а данные интерпретации показывают, что севернее сброса высокоомные породы находятся значительно ниже, чем южнее сброса.

По односторонним кривым ДЭЗ, поставленным севернее этого сброса, высокоомные породы залегают на глубине около 3000 *м*. Таким образом, амплитуда сброса, оцениваемая по электроразведочным данным, порядка 1000 *м*.

Кривые ДЭЗ, полученные вблизи Ново-Павловки, сильно искажены. Видимо, здесь расположены тектонические нарушения и для уточнения строения этого участка необходимо поставить дополнительные геофизические исследования.

Таким образом, по данным рассмотренных выше дипольных электрических зондирований с использованием известного геологического материала и геофизических исследований на прилегающих участках и удалось построить геоэлектрический разрез, показанный на рис. 1.

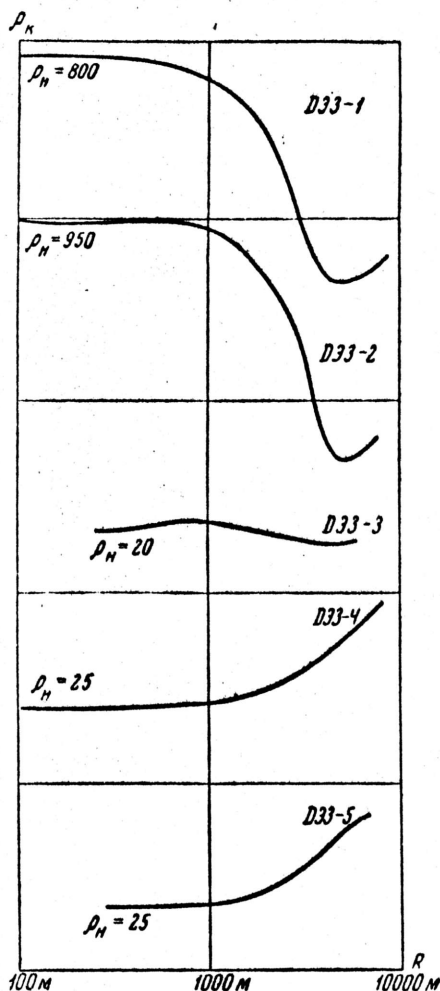


Рис. 2. Типичные кривые дипольных электрических зондирований в Крыму. ДЭЗ-1,2 получены на Ялтинской Яйле; ДЭЗ-3,4,5 получены в долине р. Бодрак

Данные геофизических исследований Горного Крыма позволяют сделать следующие выводы о его глубинном строении.

1. В районе с. Ново-Павловки и р. Альмы выявляется тектоническое нарушение, приуроченное, видимо, к зоне сочленения таврической толщи с палеозойской скифской плитой.

В изучаемом районе разрывные нарушения очень распространены. Так, мощный сброс на южной окраине с. Трудолюбовки имеет амплитуду до 1000 м, несколько сбросов закартировано при строительстве и разведке тоннеля, ряд нарушений на рис. 1 не показан.

2. На изученных профилях мощность (точнее толщина) песчано-сланцевых пород таврической серии и средней юры меняется от 1,9 до 4—5 км. Причем наименьшая глубина залегания палеозойского фундамента (около 1,9 км) отмечается в долине р. Бодрака южнее с. Трудолюбовки, где расположено ядро Качинского антиклинория.

В долине р. Бельбек глубина залегания фундамента больше (2,5—3,5 км), а в долине р. Марты достигает 4 км.

Наибольшая глубина залегания палеозойских пород (до 4—5 км), видимо, на северных склонах главной гряды (р-н Шелковичное), а не под самым хребтом, как предполагалось ранее.

3. Выявленные структуры и их изучение представляют интерес не только с точки зрения дальнейшего геологического изучения Горного Крыма, но и с точки зрения потенциальной нефтегазоносности данного района. Известно, что газопроявление в породах таврической серии — явление не очень редкое. Так слабое проявление метана наблюдалось по всему разрезу упомянутой выше Ялтинской опорной скважины, заметное газопроявление отмечалось в Крымском гидротоннеле при проходке сбросов южного склона хребта, выделение спонтанных углеводородно-азотных газов отмечалось на Качинском поднятии (родник Аджи-Су) и в ряде других мест.

Являясь хорошим экраном, песчано-сланцевые породы могут создавать благоприятные структуры для скопления нефти и газа. Одной из таких структур может быть южное крыло сброса у с. Трудолюбовки.

Дальнейшее геофизическое изучение Горного Крыма и постановка разведочного бурения в местах наиболее высокого залегания дотаврических пород, по нашему мнению, весьма целесообразны.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гидрогеология Крыма и перспективы его нефтегазоносности. «Тр. ИМР», под ред. В. К. Ткачук. Киев, 1963.
2. Муратов М. В. Краткий очерк геологического строения Крымского полуострова. М., Госгеолтехиздат, 1960.
3. Хмелевской В. К. Дипольные зондирования вдоль вершины хребта. «Развед. и промысл. геофиз.», 1962, № 44.
4. Хмелевской В. К., Огильви А. А., Либерман А. А. Особенности вертикального геоэлектрического разреза Ялтинского и Ай-Петринского горных массивов. «Тр. карст. экспед. АН УССР», 1963, вып. 1.

Поступила в редакцию
22.3.1966 г.

Кафедра геофизики