

**Ежикова Мария Михайловна**  
геофизик,  
ОАО «Самаранефтегеофизика»  
443030, г. Самара, ул. Спортивная, 21  
e-mail: [m-ashany-a@mail.ru](mailto:m-ashany-a@mail.ru)

**Малыхин Михаил Данилович**  
кандидат геолого-минералогических наук,  
доцент,  
Самарский государственный  
технический университет  
443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244

**ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ  
КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ФУНДАМЕНТА  
И ИХ ПРОЯВЛЕНИЕ В ОСАДОЧНОМ  
ЧЕХЛЕ БУЗУЛУКСКОЙ ВПАДИНЫ  
САМАРСКОГО ПОВОЛЖЬЯ**

*Аннотация:*

*По материалам регионального сейсмического профилирования в пределах юго-западного борта Бузулукской впадины Самарской области изучена взаимосвязь отложений осадочного комплекса, толщи кристаллического фундамента и кровельной зоны верхней мантии*

*Ключевые слова:* сейсморазведка, кристаллический фундамент, граница Мохоровича

**Ezhikova Mariya M.**  
a geo-physicist,  
JSC "Samaraneftegeo-physics"  
21, Sportivnaya st., Samara, 443030  
e-mail: [m-ashany-a@mail.ru](mailto:m-ashany-a@mail.ru)

**Malykhin Michael D.**  
candidate of geological  
and mineralogical sciences, senior lecturer  
The Samara State Technical University  
244, Molodogvardeiskaya st., Samara, 443100

**THE FEATURES CRYSTAL FOOTING  
STRUCTURE AND THEIR  
MANIFESTATION IN SEDIMENTARY  
COVER OF THE BUZULUKSKAYA CAVITY  
IN THE SAMARSKY POVOLZHJE**

*Abstract:*

*The interrelation of both sedimentary complex deposits, crystalline footing width and the top mantle roofing zone are studied according to technical documentation of seismic prospecting within the Buzuluksky cavity south-west edge in Samara region*

*Key words:* seismic prospecting, crystalline footing, the Moho border

Геологической службой нефтяной отрасли Самарской области установлено, что на уровне поверхности кристаллического фундамента Самарского Поволжья развиты останцовые формы рельефа. Останцы фундамента являются хорошими структуроформирующими элементами, и информация об их расположении играет важную роль при поиске нефти и газа. Поэтому прогнозирование участков размещения останцовых форм рельефа позволяет целенаправленно вести геолого-поисковые работы. При этом следует обратить внимание на тот факт, что в большинстве случаев останцы сложены интрузивными породами, внедрившимися в тело фундамента. Как известно, в большинстве случаев магма, внедряясь, не считается с формой залегания вмещающих пород, она разрушает, поглощает эти породы и образует тела, контакты которых секут слоистость и сланцеватость вмещающих отложений.

Наряду с останцовыми формами рельефа фундамента, связанными с интрузиями магмы, широко распространены выступы, обусловленные складчатостью пород фундамента.

Одной из главных задач при постановке региональных сейсмических исследований в 1996-97 гг. было выявление связи геологических структур осадочного комплекса с особенностями строения толщи кристаллического фундамента. Считается, что для надежного выявления антиклинальных структур, являющихся ловушками углеводородов на территории Самарской области (Бузулукская впадина, Жигулевско-Пугачевский свод, Южный склон Татарского свода), необходимо быть уверенным, что эти ловушки имеют в своем основании выступы кристаллического фундамента [1, 2, 4].

Принимая во внимание все сказанное, возникла необходимость изучения толщи кристаллического фундамента вплоть до границы Мохоровичича (М) для выявления объектов, способствующих формированию положительных элементов поверхности фундамента.

В этой связи был отработан сейсмический профиль на территории Самарской области от юго-западного борта Бузулукской впадины в направлении свода Жигулевско-Пугачевского выступа фундамента, материалы которого способствовали решению поставленной задачи, т.е. изучению осадочного комплекса, толщи кристаллического фундамента, кровельной части верхней мантии.

Методика полевых работ для тех времен была стандартной, т.е. отрабатывался линейный профиль по методике ОГТ с 48-кратным прослеживанием отражающих границ. Для надежной регистрации отраженных волн использовали вибраторы, генерирующие сигнал в частотном диапазоне 5 – 56 Гц и длиной свип-сигнала 18 с. Выбранная длина свип-сигнала обеспечила глубину исследования, равную 54 км, и, по нашему мнению, обеспечила регистрацию отражений от границы Мохоровичича.

К сожалению, в 1996-97 гг. не было публикаций о необходимости использования различных методик полевых исследований, нацеленных на изучение горизонтальнослоистого осадочного чехла и сложной блоково-разломной толщи кристаллического фундамента. Не было и программных комплексов, способных эффективно обрабатывать сейсмический материал, связанный с блоково-разломной средой. Эти разработки: МИРО [5], ПРО [6], ВОСПРО [6] появились в 2004-06 гг. Даже в настоящее время производственные сейсмические организации, ведущие разведку недр, не имеют в своем распоряжении названных комплексов. В этой связи все сейсмические разрезы отработанных региональных профилей 1996-97 гг. построены по технологии стандартного МОГТ. Для построения временных разрезов и перевода их в глубинные, а также построения структурных карт использовались скорости, определенные по материалам ВСП и МОГТ. Скорости, определенные по материалам ВСП, в толще фундамента составляют 6000 – 6200 м/с. Данные получены в отдельных скважинах в интервалах глубины от поверхности фундамента, равных 40 – 60 м, т.е. изучена самая верхняя часть фундамента.

*Характеристика волнового поля регионального профиля.* На полученном временном разрезе профиля в верхней его части (на глубине 2,4 – 5,5 км) однозначно, уверенно прослеживается толща осадочного комплекса вплоть до поверхности кристаллического фундамента (AR). Практически по всему профилю уверенно коррелируются отражения от границ осадочного чехла. Каждая граница в сейсмическом волновом поле представлена среднечастотными сигналами ( $f=40$  Гц) значительной амплитуды, что характерно для осадочного чехла.

Ниже, непосредственно под подошвой осадочного чехла, наблюдается толща кристаллического фундамента (кровля фундамента AR) представленная волновым полем, в достаточной степени сходным с волновым полем осадочного чехла. Но с глубиной характеристика волнового поля толщи фундамента изменяется как во времени (с глубиной), так и по латерали. Различия заключаются в том, что отдельные фрагменты временного разреза верхней части фундамента сохраняют характеристики, типичные для осадочных комплексов, а большая часть (нижняя часть) волнового поля представлена высокочастотными малоамплитудными сигналами с едва просматривающейся слоистостью разреза. Это свидетельствует в пользу того, что толща фундамента была охвачена процессом метаморфизации, ослабевающим к поверхности фундамента. К тому же на границах литологических разностей могли формироваться многочисленные зоны «разуплотнения» [1], что проявляется в волновом поле в виде зон (фрагментов) интенсивных среднечастотных сигналов. Высокочастотной малоамплитудной формой записи также характеризуются возможные интрузии магмы, проникшие в осадочный чехол (рис.1).

На глубине 37 – 40 км отмечается сложное интенсивное отражение, представленное группой из 2-3 сигналов одинаковой формы и амплитуды. Можно предположить, что наблюдаемое отражение обусловлено границей Мохоровичича (М), т.е. границей раздела литосферы и верхней мантии. Высокая интенсивность отражения объясняется значительной разницей физических свойств пород литосферы (базальтовый слой) и верхней мантии [2]. Очевидно, что в этом случае коэффициенты отражения на границе М будут большими и отражения интенсивными, хотя «слоистость» границы М объяснить трудно. Дополнительным признаком того, что рассматриваемое отражение связано с границей М, является наблюдаемая однородность волнового поля ниже выявленной границы (см. рис.1).

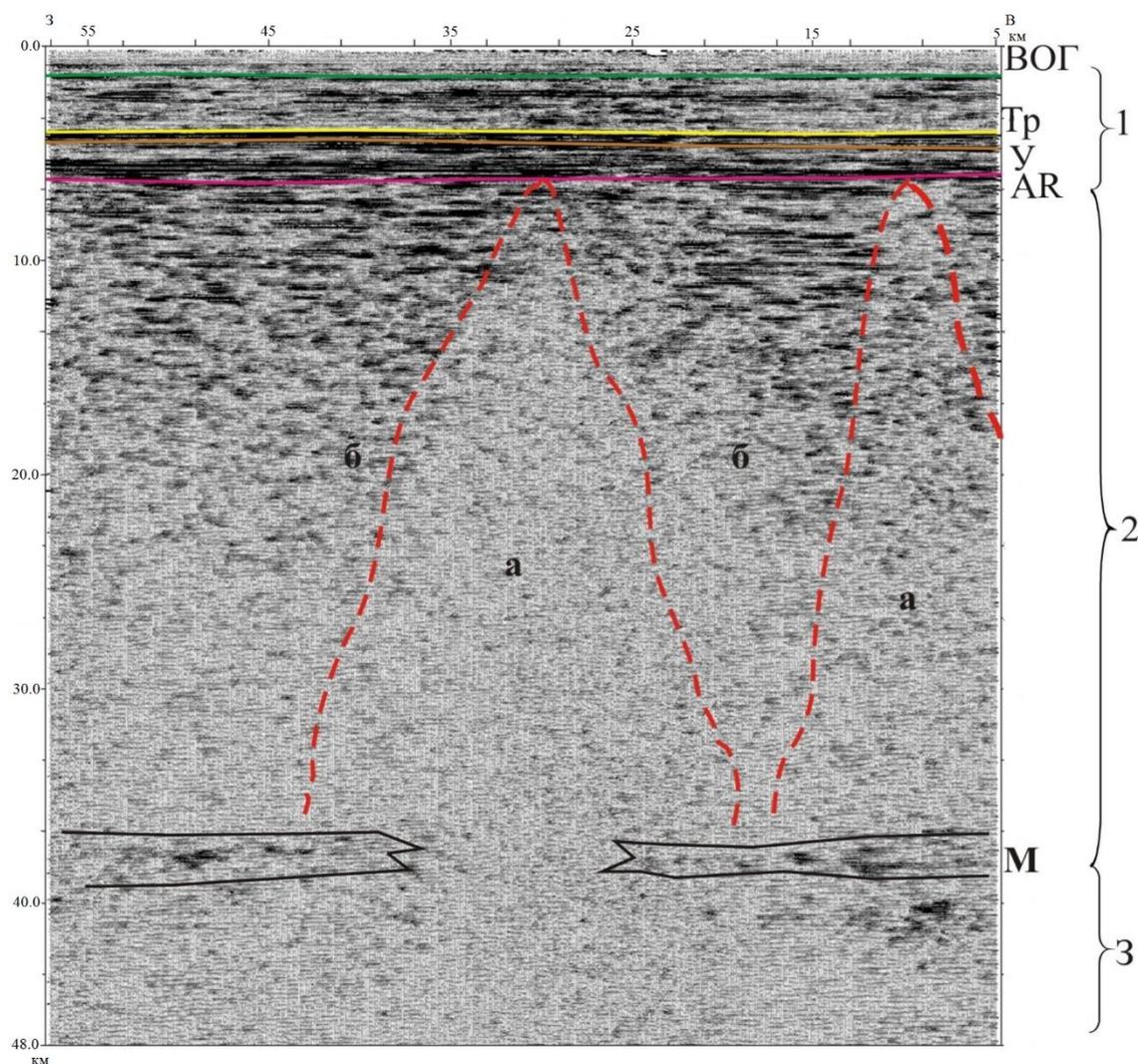


Рис. 1 – Профиль II ПК ПК – 5 –55 км.

Построен по технологии стандартного ОГТ.

Юго-западный борт Бузулукской впадины.

«Лакколиты» (возможные интрузии магмы) в толще кристаллического фундамента.

1 – осадочный комплекс;

2 – кристаллический фундамент: а – зоны интенсивной метаморфизации, возможно интрузии магм; б – зоны слабой метаморфизации;

М – граница Мохоровичича; 3 – верхняя мантия

На временном разрезе исследуемого профиля наиболее глубокое положение кристаллического фундамента отмечается в пределах юго-западного борта Бузулукской впадины. При его рассмотрении с востока на запад отмечается наиболее высокое положение

поверхности фундамента в пределах вершины Жигулевско-Пугачевского свода и последующее погружение поверхности фундамента в сторону Мелекесской падины.

Как отмечено, волновое поле толщи кристаллического фундамента в границах АR – М весьма сложное. Здесь, на фоне относительно низкочастотного волнового поля, отмечаются области высокочастотного поля (см. рис.1), напоминающие форму «лакколитов». Изменение формы записи сейсмических сигналов свидетельствует о том, что данные области были подвержены метаморфизации. Вершины «лакколитов» зачастую достигают подошвы осадочного чехла.

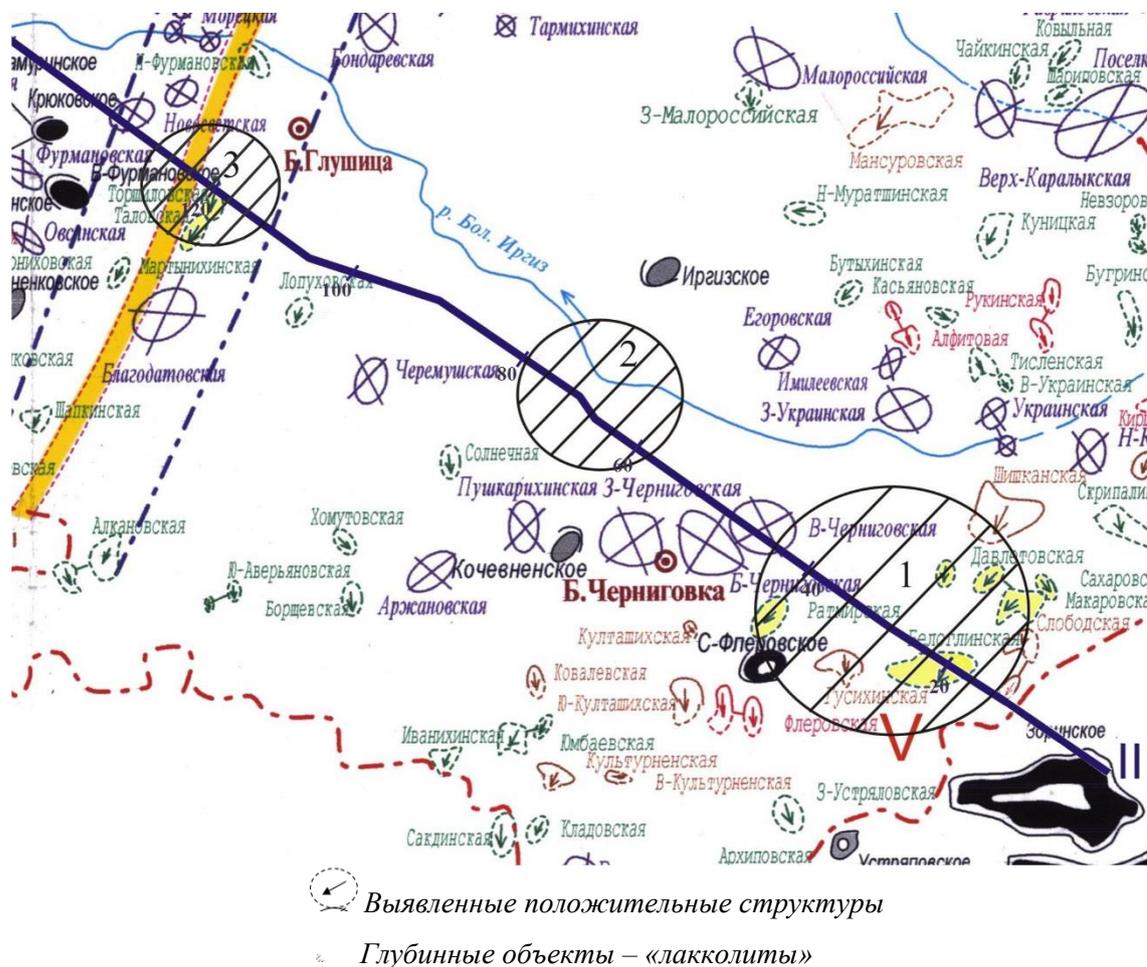


Рис. 2 – Юго-западный борт Бузулукской впадины

Пример совпадения геологических структур осадочного чехла с глубинными объектами – «лакколитами» в толще кристаллического фундамента.

Рисунок снят с карты масштаба в 1 см 400 км и при воспроизведении его в тексте масштаб изменен произвольно

Другой вариант, связанный с «лакколитами», – возможные интрузии магмы в толщу кристаллического фундамента [4].

Для выявления названных связей на геологическую карту Самарской области (рис.2) были «вынесены»: региональный сейсмический профиль II; контуры всех выявленных бурением и сейсморазведкой положительных структур осадочного чехла, расположенных в зоне, равной площади основания «лакколита»; контуры сейсмических полей высокочастотных сигналов малой амплитуды («лакколиты» 1, 2, 3): возможные зоны интенсивной метаморфизации толщи фундамента, магматических интрузий, каналы транспортировки углеводородов в вышележащие слои.

### Юго-западный борт Бузулукской впадины

Объект 1 выявлен в начале профиля в интервале 18 – 48 км, имеет форму конуса («лакколита» – см. рис.1). Основание объекта 1 определено на глубине 37 км и очерчено в форме круга диаметром 30 км. В пределы принятой площади попадают Белоглинская, Гусихинская, Ратмирская, С.Флёровская, В.Черниговская, Давлатовская, Макаровская, Слободская структуры.

Объект 2 выявлен в интервале 60 – 80 км настоящего профиля, имеет форму конуса. Объект 2 обладает волновым полем, практически схожим с волновым полем объекта 1. К сожалению, в районе расположения описываемого объекта не выявлены геологические структуры.

Объект 3 выявлен в интервале 120 – 124 км изучаемого профиля. Волновое поле в месте расположения объекта 3 существенно усложнено, вследствие чего конусовидная форма предполагаемого объекта опознается с трудом. Вершина объекта 3 смещена относительно рядом расположенных Торшиловской и Таловской структур примерно на 3 км к северу.

### Жигулевско-Пугачевский свод (вершина)

Объект 4 выявлен в интервале 337 – 352 км исследуемого профиля (рис.3), представляет собой тело цилиндрической формы (массив). Вершина массива отмечается на глубине около 2,5 км и весьма сложна по своей форме. Это указывает на возможность воздействия на нее эрозионных процессов. Подошва массива просматривается на глубине около 24 км. Само тело массива при оценке высокочастотного сейсмического волнового поля, по нашему мнению, представляет материал, подверженный большей метаморфизации, чем окружающая толща пород.

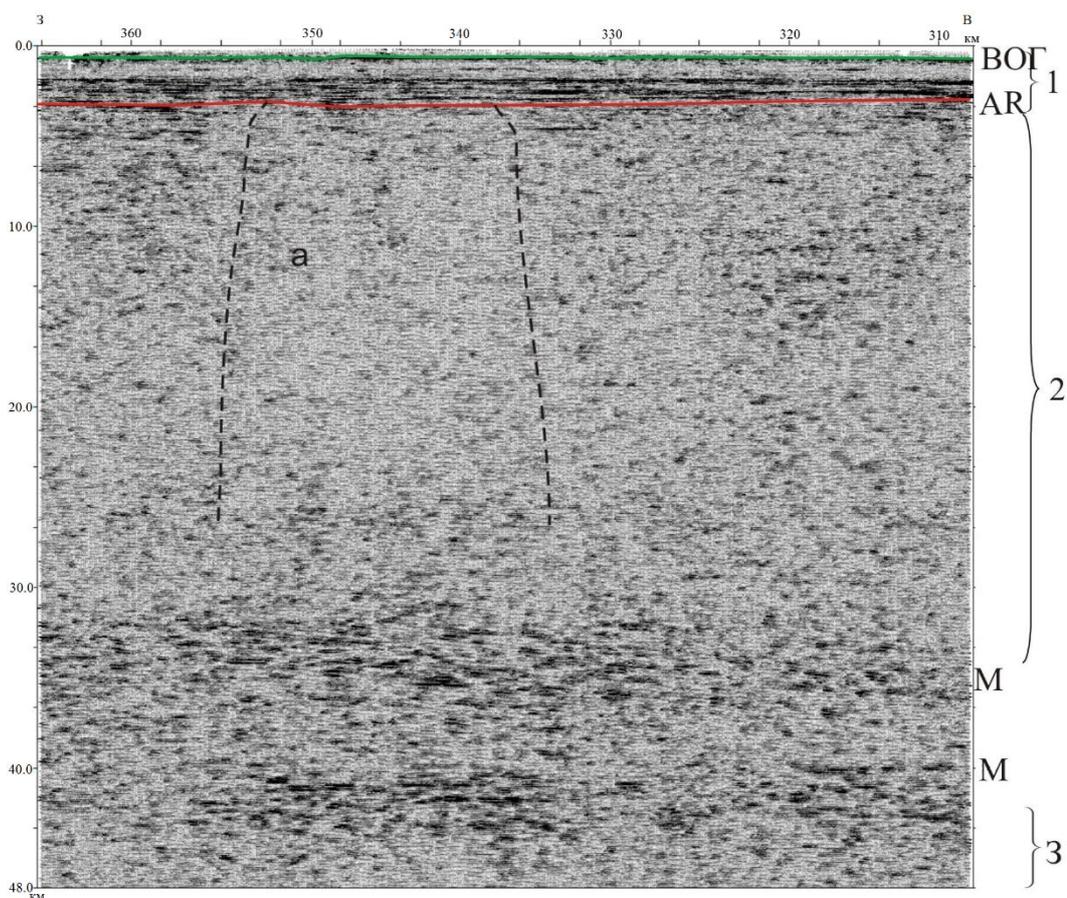


Рис. 3 – Профиль II, в интервале 310 – 365 км построен по технологии стандартного ОГТ Жигулевско-Пугачевский свод: 1 – осадочный комплекс; 2 – кристаллический фундамент; а – массив интенсивной метаморфизации; М – граница Мохоровичича; 3 – верхняя мантия

### Мелекесская впадина

Объектом 5 условно названо место расположения Рачейской структуры в интервале 460 – 465 км. На фрагменте временного разреза однозначно прослеживается верхний осадочный комплекс до глубины 2,4 км. От подошвы осадочного комплекса на всю глубину разреза (45 км) отмечается однородное волновое поле с редкими участками, на которых просматривается тонкая слоистость разреза. Аномальных объектов, подобных отмеченным в разрезе юго-западного борта Бузулукской впадины, не наблюдается.

В зоне Мелекесской впадины, Жигулевско-Пугачевского свода волновое поле всей толщи фундамента относительно однородно, что указывает на отсутствие значительных различий в физических свойствах пород, слагающих разрез. В пределах юго-западного борта Бузулукской впадины в волновом поле среднечастотного состава с отражениями достаточной интенсивности наблюдаются куполообразные зоны высокочастотных малоамплитудных сигналов, напоминающие «лакколиты», или относительно узкие жилообразные каналы возможной интрузии магмы, достигающие осадочной толщи.

Таким образом, в результате выполненных сейсмических исследований подтверждена зависимость структур осадочного чехла от особенностей строения толщи кристаллического фундамента на территории юго-западного борта Бузулукской впадины. К этому следует добавить, что на временных разрезах, выведенных в масштабе в 1 см 50 мс (стандартный масштаб), проявляются дизъюнктивные нарушения в подошве осадочного чехла, обусловленные воздействием глубинных объектов, процессов (рис.4).

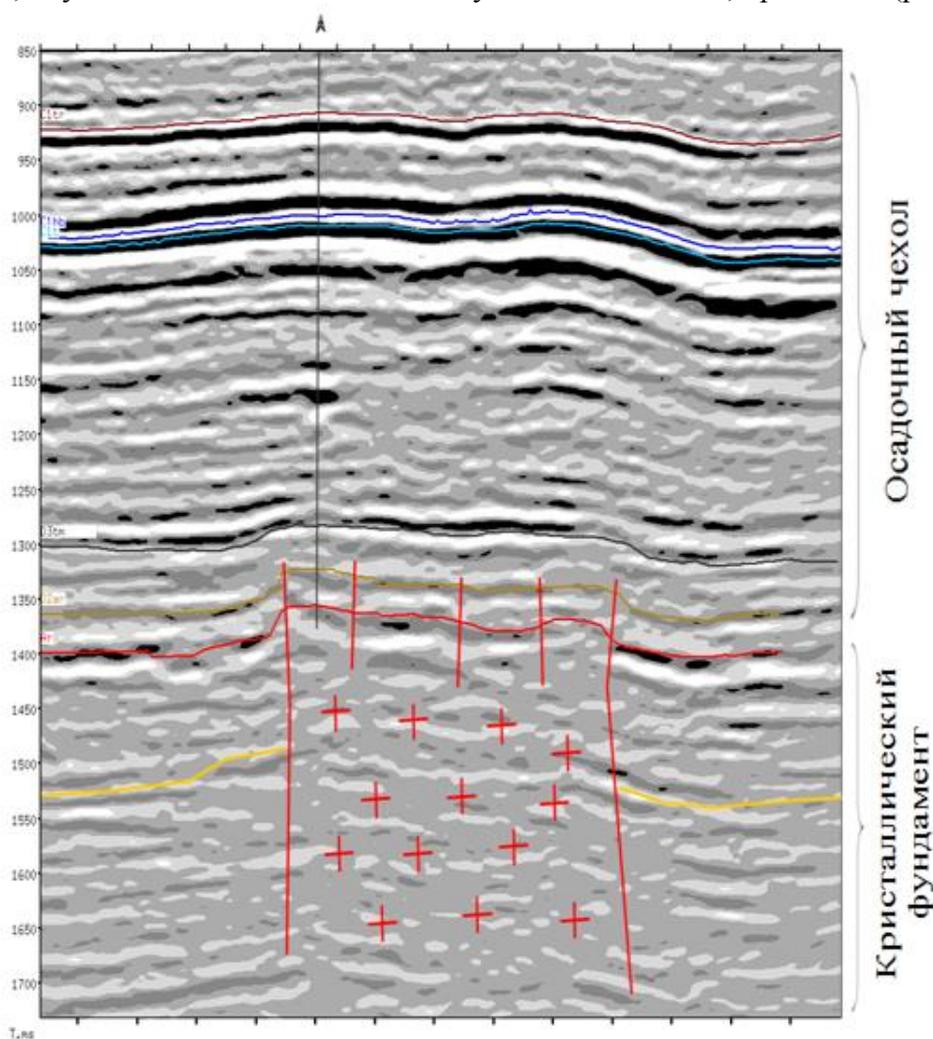


Рис. 4 – Проявление дизъюнктивов под воздействием «лакколита»

К сожалению, в пределах Жигулевско-Пугачевского свода, Мелекесской впадины подобная связь не выявлена прежде всего из-за отсутствия объектов («лакколитов»), подобных обнаруженным в Бузулукской впадине, но встречаются выступы, обусловленные складчатостью пород кристаллического фундамента (рис. 5).

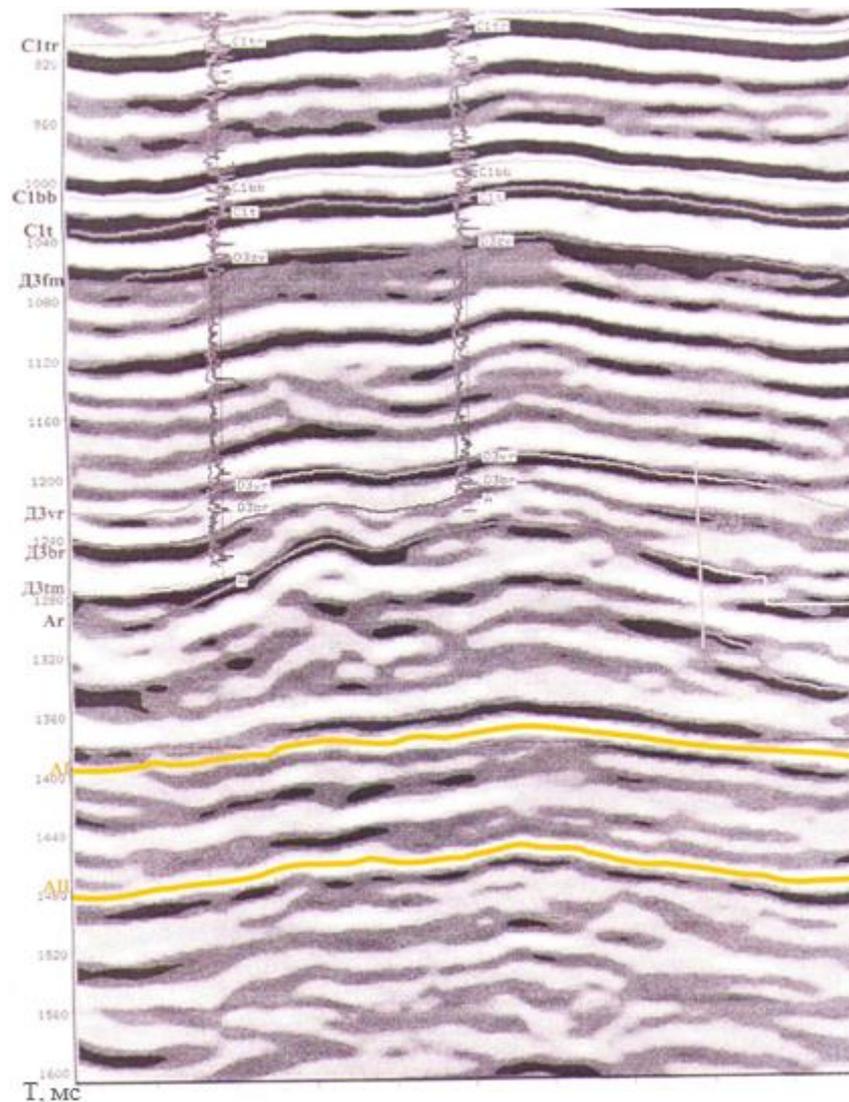


Рис. 5 – Выступ фундамента, обусловленный складчатостью кристаллического фундамента

В завершение следует сказать, что геологические выводы, действительно, носят вероятностный характер, поскольку при проведении рассмотренных сейсмических исследований в то время из-за отсутствия современных теоретических и практических разработок при решении поставленных задач не было эффективной методики полевых работ, отсутствовало программное обеспечение. Помимо этого о составе пород кристаллического фундамента существовали прогнозные оценки, а это вело к тому, что физические свойства пород определялись с допусками в широких пределах.

#### *Возможные процессы генерации и пути перемещения углеводородов (УВ)*

В настоящее время в различных регионах мира выявлено большое число скоплений УВ в природных резервуарах, сложенных чисто метаморфическими и интегрированными осадочно-метаморфическими образованиями.

В результате пересмотра имеющихся знаний, новых открытий вырисовываются два направления: скопления УВ обязаны своим происхождением процессам глубинной

мантийной дегазации планеты; генерация УВ геологической средой из ее неорганических составляющих с участием воды, активируемая геодинамическими напряжениями [1]. Первое связывает формирование зон нефтегазонакопления с наличием глубинных разломов, способствующих перемещению (транспортировке) углеводородов из недр Земли. К сожалению, выявление путей перемещения УВ только по материалам сейсморазведки является сложной задачей. Наиболее информативным в этом направлении является магнитотеллурическое зондирование (МТЗ), которое широко используется и дает положительные результаты на территории Западной Сибири.

Данные глубинного электромагнитного зондирования показали большую неоднородность земной коры и верхней мантии как по вертикали, так и по горизонтали [3]. Проводящие зоны верхней мантии рассматриваются как очаги генерации УВ (рис.6). МТЗ обеспечивает возможность прогноза новых зон нефтегазонакопления, очагов генерации флюидов и путей их транспортировки, выделения объектов для выполнения высокоразрешающей сейсморазведки и заложения поисковой скважины.

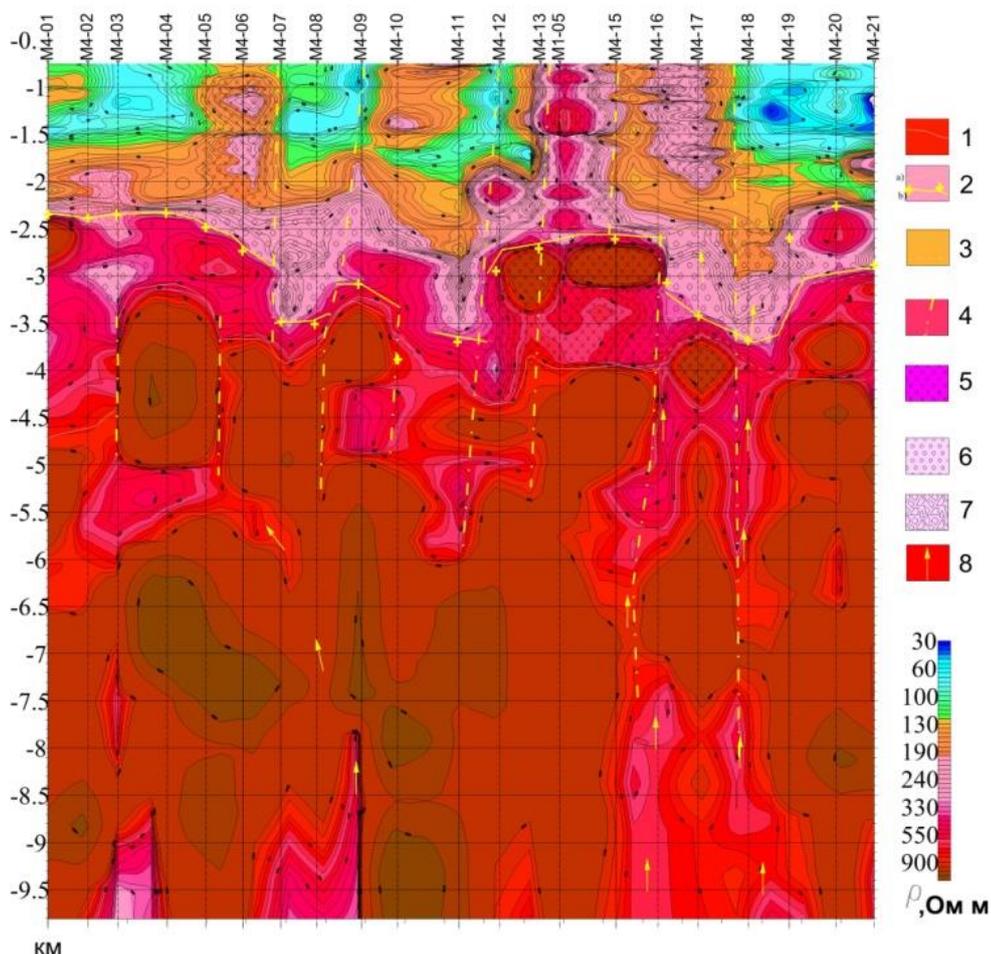


Рис. 6 – Прогнозная геоэлектрическая модель проводящих каналов углеводородов в верхней мантии (заимствовано из [3]):

- 1 – поверхность кристаллического фундамента; 2, а – поверхность складчатого фундамента,
- 2, б – подошва проводящих пород; 3 – геоэлектрические границы в осадочном чехле и складчатом фундаменте; 4 – разломы; 5 – высокоомные включения; 6 – пористые породы складчатого фундамента;
- 7 – линзы пористых пород (линзы инверсии); 8 – пути миграции флюидов

Второе направление обуславливает синтез УВ постоянством механической активации геологической среды с переходом механической энергии в химическую, что по сравнению с первым направлением значительно увеличивает прогнозную оценку территорий на углеводородное сырье как в плане, так и на глубину, в том числе кристаллических пород фундамента.

Учитывая высокую эффективность МТЗ в районах Западной Сибири, считаем целесообразным сопровождать им сейсморазведочные работы на территории Самарского Поволжья. В первую очередь МТЗ желательно использовать в пределах Жигулевско-Пугачевского свода, где эффективность сейсморазведки невысокая по сравнению с соседними районами Самарской области.

Представляет интерес выполнить работы с применением МТЗ на Покровском месторождении, в котором содержится залежь нефти в карбонатах фаменского яруса (пласт Дл), залегающих на поверхности кристаллического фундамента, при отсутствии подстилающей этот ярус терригенной толщи девона (нефтематеринской свиты). Материалы МТЗ позволят (можно предполагать) выявить пути транспортировки (миграции) углеводородов и выделить перспективные объекты для выполнения сейсморазведочных работ.

### Литература

1. Андреев В.А. Еще раз о кристаллических породах докембрия / В.А. Андреев, И.В. Шурунов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Специальный выпуск. – 2004. – С. 48 - 54.
2. Еланский Л.Н. К проблеме абиогенного происхождения нефти и газа и формирование их промышленных залежей / Л.Н. Еланский. – Киев: Наукова думка, 1971. – С. 69 – 85.
3. Кисмерешкин В.П. Метод магнитотеллурического зондирования для прогноза нефтегазоперспективных зон и определения залежей углеводородов в малоразмерных структурах / В.П. Кисмерешкин, А.С. Коржубаев, Б.К. Сысоев // Нефтяное хозяйство. - № 9. - 2009. - С. 22 – 24.
4. Колесников В.А. К прогнозу размещения останцовых форм рельефа кристаллического фундамента на территории Самарского Поволжья / В.А. Колесников, С.А. Шиляев // Вестник СамГТУ. - № 28. - 2004. – С. 18 – 24.
5. Козлов Е.А. Изображение рассеивающих объектов, маскируемых зеркальными отражениями / Е.А. Козлов и др. // Геомодель. - 2004.
6. Невинный А.В. Технологии сейсморазведки с параметрической разверткой отражений – основа высокоэффективных геологоразведочных работ для прогноза и поисков нефти и газа / А.В. Невинный и др. // Технологии сейсморазведки. - № 4. - 2006.