

ISSN 2304-9081

Учредители:
Уральское отделение РАН
Оренбургский научный центр УрО РАН

Бюллетень
Оренбургского научного центра
УрО РАН
(электронный журнал)



2014 * № 4

On-line версия журнала на сайте
<http://www.elmag.uran.ru>

© М.Ю. Нестеренко, А.Г. Соколов, 2014

УДК 550.83

М.Ю. Нестеренко, А.Г. Соколов

УТОЧНЕНИЕ СТРОЕНИЯ ФУНДАМЕНТА В ПРЕДЕЛАХ СОЛЬ-ИЛЕЦКОГО ВЫСТУПА

Оренбургский научный центр УрО РАН, Отдел геоэкологии, Оренбург, Россия

Цель. Уточнить строение кристаллического фундамента и ордовикских отложений в сводовой части Оренбургского вала (Оренбургского блока) Соль-Илецкого выступа по результатам 3D сейсморазведки.

Материалы и методы. На полученных временных разрезах достаточно надежно коррелируется ряд отражающих горизонтов в ордовике, трассируется ряд тектонических нарушений, подтверждающих сложное строение толщи ордовика. Фундамент и отложения ордовика осложнены разломами преимущественно меридиональной ориентировки, по которым блоки ступенеобразно воздымаются к востоку.

Результаты. Построена структурная карта по самому глубокому отражающему горизонту, которое по особенностям сейсмической записи сопоставляется с поверхностью фундамента.

Ключевые слова: сейсморазведка, кристаллический фундамент, геологическое строение, ордовик, Соль-Илецкий выступ.

M.Y. Nesterenko, A.G. Sokolov

CLARIFICATION OF THE STRUCTURE OF THE FOUNDATION WITHIN THE SOL-ILETSK LEDGE

Orenburg Scientific Centre UrB RAS, Department of Geoecology, Orenburg, Russia

Objective. To evaluate the results of 3D seismic, carried out in the roof part of the Orenburg shaft (Orenburg block) Sol-Iletska ledge, with the aim of obtaining reliable information about the structure of the Ordovician sediments.

Materials and methods. In received with time sections of data reliably correlated range reflector in the Ordovician, traced a number of tectonic disturbances, confirming the complex structure of the strata of the Ordovician period. The crystalline basement and Ordovician sediments is complicated by faults predominantly longitudinal orientation, which blocks superiorca-sino vadimus to the East.

Results. Structural map of the deepest reflecting horizon, which according to the peculiarities of seismic record maps to the surface of the Foundation.

Key words: seismic exploration, crystalline basement, geological feature, Ordovician, Sol-Iletska ledge.

Введение

Формирование и эволюция напряженно-деформированного состояния, геофизических процессов и сейсмичности земной коры определяются ее строением, естественной динамикой и совокупностью воздействий на геологическую среду. В связи с этим уточнение ее геодинамической модели земной коры и анализ напряженно-деформированного состояния являются актуальными задачами, решение которых позволит прогнозировать расположение месторождений полезных ископаемых и реакцию геологической среды на техногенные воздействия. Кристаллический фундамент является одной из самых важных опорных границ платформенной части Оренбургской области и является источником геодинамической активности земной коры [1].

Опорной отражающей границей при сейсмических исследованиях, соответствующей поверхности кристаллического фундамента, является отражающий горизонт (ОГ) А от (слова архей), так как эта граница формировалась в архейское время в условиях континентального режима, длительного временного перерыва в осадконакоплении. Эта же отражающая граница может иметь индексацию Ф (от слова фундамент). На большей части Оренбургской области выше этой границы залегают осадочные породы девона, а в некоторых районах осадочная толща начинается с рифей-венда или ордовика в местах проявления грабенов таких, как Серноводско-Абдулинский авлакоген, Ольховский грабен или Соль-Илецкий грабен. Во всех случаях поверхность фундамента резко отличается по физическим свойствам от пород осадочного чехла, сложенных терригенными или карбонатными породами, и поэтому теоретически является хорошей акустической и отражающей границей.

Материалы и методы

Для построения структурных карт глубокозалегающих горизонтов и структур может быть использовано множество подходов и методов. Наиболее достоверным является бурение глубоких скважин, которое, однако, имеет очень высокую стоимость и не всегда возможно. Наиболее информативными являются геофизические методы такие, как грави-, магнито-, сейсморазведка и др. Для привязки и оценки физических параметров геофизических методов необходимы результаты исследований по скважинам. Это обуславливает использование всех доступных подходов и методов в комплексе.

Результаты и обсуждение

Вопросами исследования и построения структурных карт поверхности фундамента в Южном Предуралье занимались Н.В. Неволин [2], П.М. Сухаревич [3], А.С. Пантелеев [4], И.А. Денцкевич, А.Г. Соколов [5]. Последняя работа наиболее полно использует материалы бурения и сейсморазведки для составления схематической структурно-тектонической карты поверхности фундамента. Наименее изученной и достоверной по фундаменту остаются области Соль-Илецкого выступа, Предуральского прогиба и Прикаспийской впадины.

При использовании сейсморазведки качество отражающей границы А (Ф) на практике ухудшается из-за наличия коры выветривания, которая формируется на поверхности границы и имеет толщину от нескольких единиц до нескольких десятков метров. Другим фактором, ослабляющим амплитудную выразительность данного отражения, может иметь наличие осадочных пород рифей-венда или ордовика, которые в названных выше прогибах накапливались в многокилометровых, как правило, плохо отсортированных толщах.

Таким образом, точность построения отражающей границы А (Ф) по данным сейсморазведки может быть районирована, в первую очередь, по зонам проявления протерозойских (или ордовикских) грабенов. Наиболее точные построения получены в районах, где фундамент перекрыт девонскими отложениями. В этих же районах глубина залегания поверхности фундамента получила подтверждение при бурении скважин параметрических, поисковых и разведочных на девонские нефтеперспективные пласты. Эти районы на структурной карте по поверхности фундамента имеют детальный, достаточно расчлененный характер. Погрешности определения глубин залегания поверхности фундамента составляют 3-5%.

На участках территорий, где развиты рифей-вендские (ордовикские) отложения, построения фундамента менее точны, часто имеют схематический характер, а рельеф слабо детализирован. В последних районах, где фундамент не получил подтверждения по бурению, используются менее точные геофизические методы такие, как гравиметрические, магнитометрические и электроразведочные. В таких районах погрешность в оценке глубин фундамента может составлять до 20%. К подобным районам относятся также места проявления соляной тектоники, где соляные гряды представляют резкие ско-

ростные неоднородности и экранируют подсолевые отражения. В наиболее полном масштабе соляная тектоника развита в Предуральском прогибе и Прикаспийской синеклизе. В этих тектонических элементах погрешности построения фундамента сравнительно высоки.

Соль-Илецкий выступ образовался в результате инверсии Оренбургского грабена (Оренбургского блока), который в ордовикское время был погруженным участком и заполнялся ордовикскими отложениями большой толщины. Доказанная толщина ордовика по данным бурения глубоких скважин (Ордовикские 1 и 2, Красный яр 1) свыше 2000 м. Необходимая для регистрации внутриордовикских отложений длительность сейсмической записи выполнялась при проведении региональных работ. Определенный объем региональных сейсмических профилей в разное время отработан на Оренбургском валу. На временных разрезах региональных профилей в интервале регистрации ордовикских отложений фрагментарно прослеживаются два волновых пакета многофазного отражения на временах $\approx 2.4-2.5$ с и ≈ 3 с. Однако информации недостаточно для того, чтобы отождествлять их и считать опорными отражениями. Кроме того, в пределах сводовой части Оренбургского вала сейсмический материал был значительно динамически слабее и не позволял однозначно следить отражения внутри ордовика.

Площадные сейсмические работы, проведенные в больших объемах и в несколько этапов методами многократных профилирований (МОГТ) на Оренбургском валу, не внесли ясность в строение фундамента в этом районе, так как они были настроены на обеспечение оптимального соотношения сигнал/помеха в интервале выше ордовика. Последним прослеживаемым отражающим горизонтом, по которому производились глубинные построения при проведении площадных работ в пределах Оренбургского вала, было отражение О – поверхность ордовика.

Новый импульс в исследовании внутриордовикского комплекса и в его интерпретации дала детальная сейсморазведка 3D. Нами проанализирован сейсмический материал 3D по результатам сейсморазведочных партий МОГТ-3D Оренбургской - 1,2 площади 2006-2008 гг. (ГСД, г. Москва, Бондарь Е.В.). Длительность сейсмической записи при этих работах составила 3 с. При обработке сейсмического материала достигнуто то преимущество, которое дает метод 3D по сравнению с профильными наблюдениями МОГТ:

высокая плотность наблюдений, применение пространственной миграции, использование современного программного обеспечения. Благодаря этому получено хорошее качество сейсмического материала, достаточно высокая разрешенность и динамическая выразительность в интересующем нас интервале ордовикских отложений (рис. 1; положение профиля CL 400 показано на рис. 2).

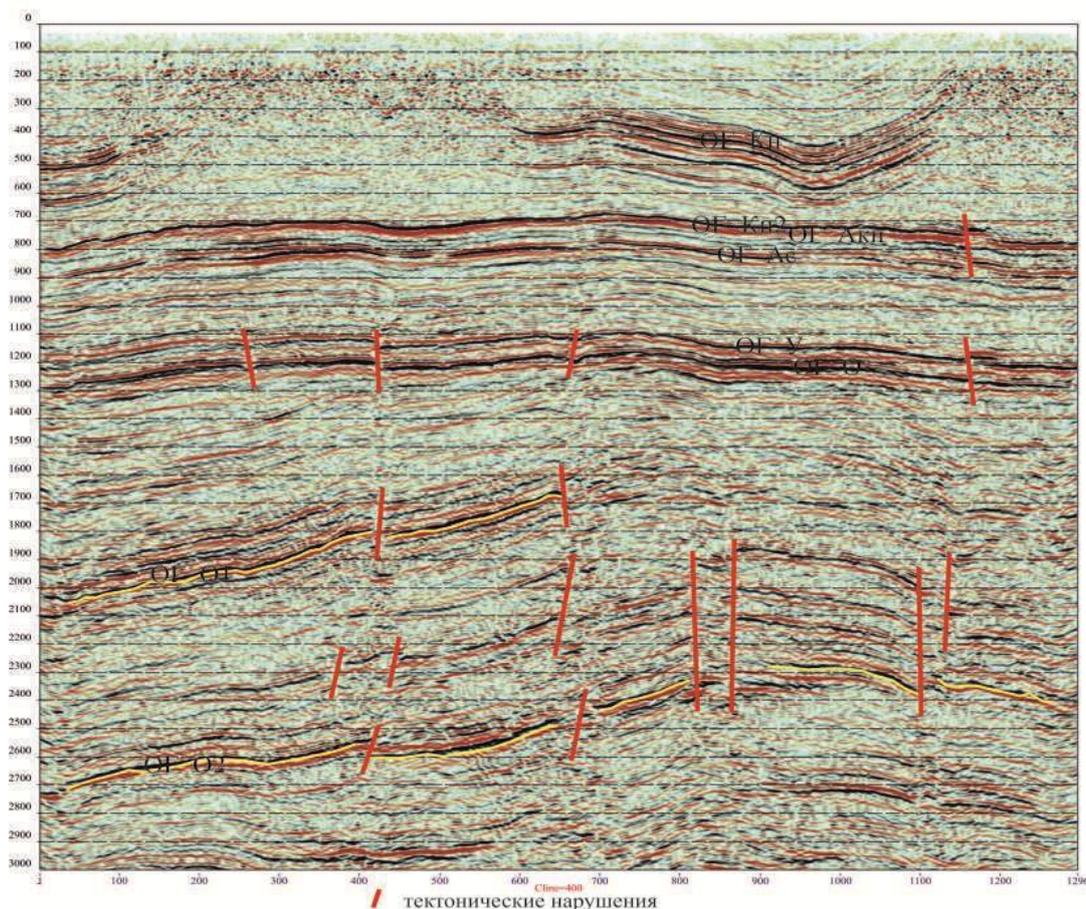


Рис. 1. Временной разрез CL 400.

Новые материалы дают достаточно уверенное представление о строении внутриордовикских отложений. В первую очередь, наблюдается ряд отражающих горизонтов, качество которых позволяет провести площадную корреляцию и выполнить по ним структурные построения. Во-вторых, поведение отражающих горизонтов в ордовике показывает несогласное строение ордовикских отложений с поверхностью ордовика (отражающий горизонт О), что говорит о перерыве осадконакопления и перестройке структурных планов в конце ордовика. В-третьих, в ордовике зафиксированы многочисленные тектонические нарушения, большинство из которых не проявляются по отражению О, то есть по отношению карбон-девонского возраста являются

погребенными. Трассирование тектонических нарушений в ордовике позволило составить блоковую модель строения ордовика, независимую от тектонической модели терригенно-карбонатного девона, которая ранее была установлена по отражающим горизонтам О и У [6].

Для структурных построений использован отражающий горизонт, приуроченный к низам ордовика. Условно они проиндексированы как ОГ O_2 . Для глубинных построений принята скоростная характеристика, установленная по данным сейсмокаротажа ордовикских скважин Орд 1 и Орд 2. Глубинные построения выполнялись по ΔT (разнице времен между отражающими горизонтами О и O_2) от поверхности ордовика, положение которого хорошо известно по данным сейсморазведки и бурения (рис. 2).



Рис. 2. Структурная карта по отражающему горизонту O_2 .

Условные обозначения: 1 – изогипсы ОГ O_2 ; 2- тектонические нарушения 3-го порядка; 3 – нарушение 1-го порядка – глубинный разлом; 4 - признаки эрозионного останца, выделенные по волновой картине; 5 – глубокие разведочные скважины; 6 – скважина, вскрывшая ордовик; 7 – местоположение временного разреза по сечению CL- 400.

Есть все основания считать, что это – отражение поверхностью фундамента. Во-первых, по интенсивности отражающего горизонта можно полагать, что он приурочен к резкой смене физических свойств, характерной для смены кристаллических пород осадочными. Во-вторых, в северной части площади исследования волновая картина по данному отражению имеет признаки выступа кристаллического фундамента. Поэтому можно полагать, что в окрестностях выделенного нами выступа глубины отражающего горизонта O_2 должны соответствовать поверхности фундамента.

На картах строения фундамента Оренбургский блок Соль-Илецкого выступа практически не оценен сейсморазведкой. Глубокое бурение закладывалось с проектным забоем 5000 м, что было недостаточно для достижения пород фундамента. Кроме того положение скважин определялось из предположения соответствия структурных планов фундамента, ордовика и верхнего палеозойского этажа. По данным гравиразведки здесь предполагаются глубины залегания фундамента около 7000 м. На рисунке 3 участок исследования 3Д вписан в одну из последних карт по фундаменту, составленную по комплексу геофизических методов и бурению [5]. Новые материалы с использованием сейсморазведки 3Д предполагают значительно меньшие глубины фундамента. Самый приподнятый участок в восточной части оконтуривается изогипсой -5500 м, что вполне достижимо бурением. Фундамент и отложения ордовика осложнены разломами преимущественно меридиональной ориентировки, по которым блоки ступенеобразно воздымаются к востоку. Наиболее полные разрезы по ордовикским отложениям получены в трех скважинах: в Ордовикской 1 – 2164 м, в Ордовикской 2 – 2364 м, в Красный Яр 1 – 2026 м (положение скважин показано на рис. 3). В непосредственной близости к площади исследования находится скважина Ордовикская 1. По отношению к основному ордовикскому структурному плану скважина расположена на склоне устойчивого воздымания всех внутриордовикских отложений к северу по направлению к Восточно-Оренбургскому структурному выступу на отметках значительно более глубоких, чем самый приподнятый блок в пределах площади 3Д. Скважина Ордовикская 2 пробурена около 10 км к западу от участка исследования. Судя по заметному градиенту погружения фундамента на запад, скважина Ордовикская 2 находится на еще более

погруженном блоке, то есть в условиях еще менее благоприятных с точки зрения нефтегазоносности.

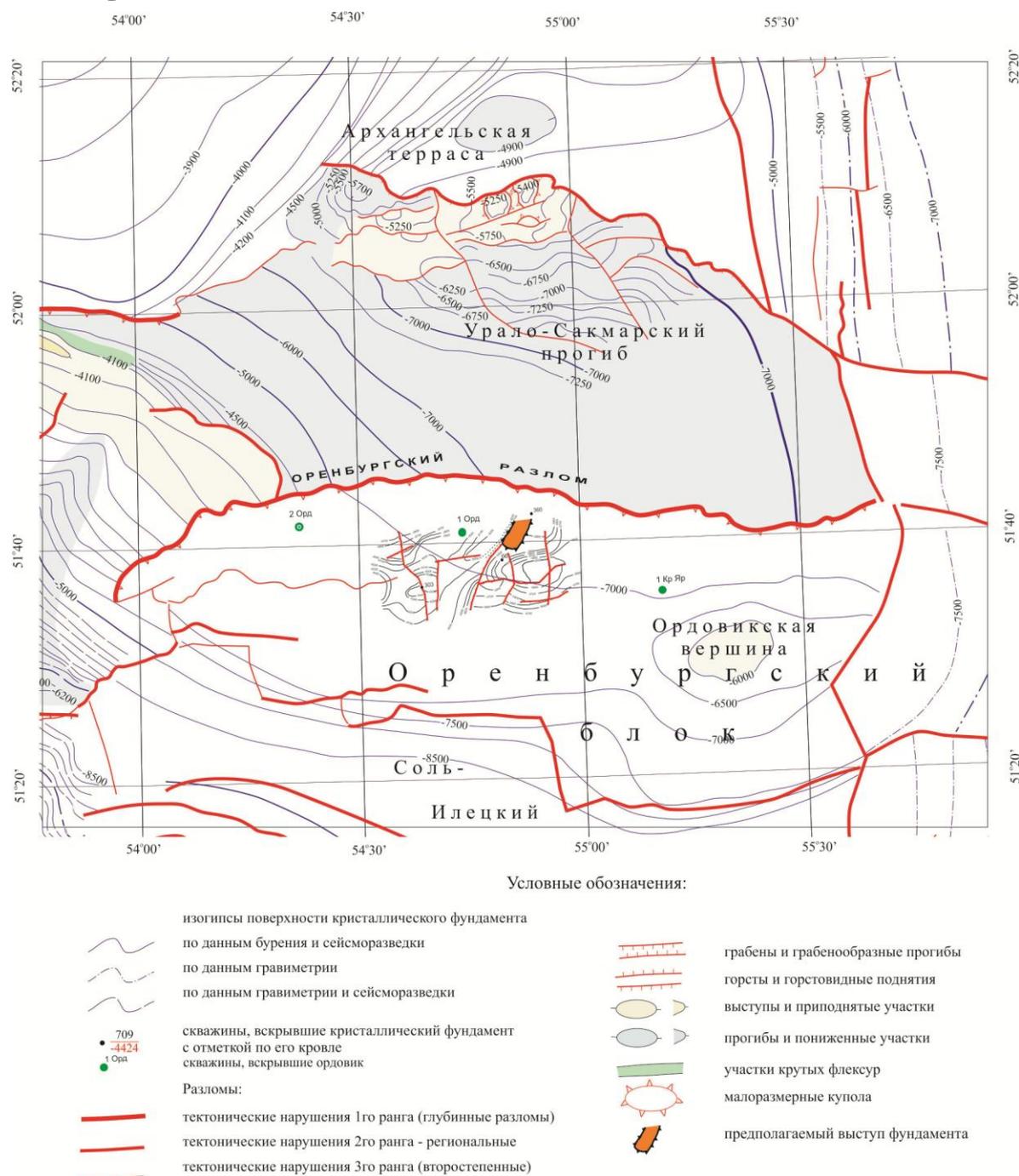


Рис. 3. Карта строения поверхности кристаллического фундамента.

Построенная структурная карта отображает сложное блоковое строение внутриордовикских отражений и фундамента. С одной стороны, наблюдается погружение отражающих горизонтов с севера на юг и, с другой стороны, ступенчатое воздымание их с запада на восток. На фоне этого в восточной части площади в окрестности скважины 66 оконтуривается приподнятый участок. Самые погруженные участки на западе территории достигают 6700

м, в то время как на приподнятом – глубина составляет 5500 м, что вполне достижимо бурением.

Заключение

Основной вывод сводится к следующему – модель соответствия структурных планов ордовика девона, карбона, перми, которая была принята при заложении ордовикских скважин 1, 2 и 1 Красный Яр (предполагалось, что ордовикские отложения образуют такую же валообразную структуру – Оренбургский вал, как по вышезалегающим палеозойским отложениям) материалами сейсморазведки 3D не подтверждается. Сами ордовикские отложения залегают несогласно поверхности, подстилающей девон и карбон, имеют сложное тектоническое строение. По оси Оренбургского вала отмечается ступенчатый подъем с запада на восток и наиболее приподнятый участок картируется в окрестности скважины 66 Оренбургской.

В связи с вышесказанным предлагается:

- за основу строения фундамента в сводовой части Оренбургского вала принять полученную нами модель строения по отражающему горизонту O_2 ;
- с точки зрения нефтегазоносности, положение пробуренных скважин Ордовикские 1 и 2 находятся не в оптимальных структурных условиях. Наиболее высокое положение фундамента на изученной сейсморазведкой 3D площади приурочено к восточному блоку с замыкающей изогипсой – 5 500 м в 12 км юго-восточнее скважины 1 Ордовикской;
- продолжить изучение отражающих горизонтов O_1 и O_2 на восток от изученной площади по материалам сейсморазведки 3D последующих сейсмических исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Нестеренко М.Ю. Проблемы геодинамической безопасности при эксплуатации месторождений углеводородов. Литосфера. 2012. 2: 173-177.
2. Неволин Н.В. и др. Строение современного рельефа поверхности фундамента Русской платформы. Советская геология. 1965. 2: 61-67.
3. Сухоревич П.М. и др. Тектоническое строение девонских отложений в Оренбургской области в связи с дальнейшим направлением геологоразведочных работ на нефть и газ. Нефтегазовая геология нефти и газа. М., 1978. 10.
4. Геологическое строение и нефтегазоносность Оренбургской области / Под ред. Пантелеева А.С. и Козлова Н.Ф. Оренбург: Оренбургское книжн. изд-во, 1997. 272 с.
5. Соколов А.Г., Денцкевич И.А., Черепанов А.Г. и др. Строение кристаллического фундамента в краевой юго-восточной зоне Восточно-Европейской платформы. Геология нефти и газа. 2011. 4: 39-46.
6. Нестеренко М.Ю., Соколов А.Г., Нестеренко Ю.М. Особенности тектоники и геоди-

намики отложений кунгурского яруса на месторождениях углеводородов южного Предуралья. Литосфера. 2014. 3: 132-139.

Поступила 21.10.2014

(Контактная информация:

Нестеренко Максим Юрьевич – в.н.с., д.г.-м.н., заведующий лабораторией антропогенеза в водных системах и геодинамике отдела геоэкологии ОНЦ УрО РАН; адрес: Россия, 460014, г. Оренбург, а/я 59; Е-mail: n_mu@mail.ru;

Соколов Александр Григорьевич – к.г.-м.н., доцент кафедры геологии ОГУ; адрес: 460001, г. Оренбург, ул. Чкалова, 32, кв. 280, тел. (3532)724658, е-mail: sokolov_sag@mail.ru)