

DOI: [https://doi.org/10.17353/2070-5379/23\\_2021](https://doi.org/10.17353/2070-5379/23_2021)

УДК 550.834:553.98.04(571.56)

**Трофимов В.А.**Независимый эксперт геолог-геофизик, Москва, Россия, [vatgeo@yandex.ru](mailto:vatgeo@yandex.ru)

## **ОСОБЕННОСТИ ВНУТРЕННЕГО СТРОЕНИЯ ФУНДАМЕНТА ЮЖНОЙ ЧАСТИ ВИЛЮЙСКОЙ СИНЕКЛИЗЫ**

*На основе анализа сейсмических временных разрезов по региональным профилям в южной части Вилюйской гемисинеклизы, выявлены динамические аномалии, несущие информацию об особенностях внутреннего строения архейско-нижнепротерозойского фундамента. С использованием опыта изучения фундамента Татарстана, на Синской площади динамические аномалии в верхней части фундамента проинтерпретированы как разуплотненные зоны. Эти зоны могут отображать собой высокоемкие коллекторы и в будущем представлять интерес для постановки бурения.*

*Большой научный и практический интерес представляют объемные динамические аномалии, выявляемые в земной коре на значительных глубинах и трактуемые как энергоактивные (энергонасыщенные) объемы геологической среды. Намечающаяся связь таких аномалий с размещением крупных месторождений полезных ископаемых (нефть, газ, алмазы, уран) ставит задачу их изучения в число первоочередных.*

*Одна из таких аномалий (Сунтарская) выявлена в юго-западной части Вилюйской площади. Судя по ее строению, можно предположить наличие кимберлитовых полей, а также углеводородов в изученной части Сунтарского свода и его северо-восточного склона. Это свидетельствует о необходимости целенаправленного изучения выявленной аномалии.*

*Учитывая, что столь перспективный объект в Вилюйской гемисинеклизе не единичен, целесообразно уже сейчас начать поэтапное обобщение результатов геофизических работ. Наряду с изучением строения осадочного чехла и фундамента, одной из основных целей такого обобщения должно стать создание тектонодинамической карты этой перспективнейшей территории. Для полноценного решения этих и других задач необходимо выполнить региональные геофизические работы по профилям, пересекающим всю синеклизу полностью, более четко скоординировать проводимых ныне и планируемых региональных работ, покрыть современной аэромагнитной и аэрогравиметрической съемками Вилюйскую синеклизу полностью с захватом сопредельных тектонических элементов.*

**Ключевые слова:** *фундамент, сейсморазведка, динамическая аномалия, разуплотненная зона, энергоактивная геологическая среда, кимберлитовое поле, углеводороды, Вилюйская синеклиза.*

### **Введение**

В работе [Трофимов и др., 2021] представлены основные результаты региональных сейсморазведочных работ на Вилюйской и Синской площадях в южной бортовой зоне Вилюйской гемисинеклизы, полученные преимущественно на основе стандартной интерпретации. Вместе с тем, нетрадиционные подходы к истолкованию наблюдаемых волновых картин позволяют получить новую информацию о геологическом строении региона, о его перспективах на нефть и газ, а возможно и на другие полезные ископаемые. Так, выявленная и протрассированная по Вилюйской площади динамическая аномалия

объяснена возможным гигантским газовым скоплением [Трофимов, 2018, 2020]; наклонные отражатели в нижней части разреза проинтерпретированы как проявления надвиговой тектоники [Трофимов и др., 2021]. В данной статье продолжен такой анализ в том же районе и представлены некоторые особенности строения архейско-нижнепротерозойского фундамента на основе анализа динамических аномалий сейсмической записи.

Строение фундамента осадочных бассейнов является одним из важнейших факторов, определяющих строение и нефтегазоносность осадочного чехла. Вместе с тем, и непосредственно в толще фундамента во многих регионах мира открыты месторождения углеводородов, играющие важную роль в энергетическом балансе. Фундамент Вилюйской гемисинеклизы, справедливо считающейся одним из наиболее перспективных на поиски углеводородов структурных элементов Восточной Сибири, и бурением, и сейсморазведкой изучен довольно слабо. Поэтому новые данные сейсморазведки о строении фундамента южной части синеклизы, где в 2019-2020 гг. на Вилюйской и Синской площадях завершены региональные геофизические работы, могут представлять интерес как для углубленного познания геологического строения и перспектив нефтегазоносности этих площадей, так и в методическом плане при анализе сейсморазведочных материалов по сопредельным площадям Вилюйской синеклизы, изучение которой в последние годы идет высокими темпами (положение изучаемых площадей представлено на рис. 1 в работе [Трофимов и др., 2021]). Ниже рассмотрены в этой связи некоторые особенности волновой картины, несущие информацию о строении фундамента.

Наблюдаемая на сейсмических разрезах волновая картина не только очень сложна, но и очень интересна. Она содержит различного рода аномалии и эффекты, правильное истолкование которых может раскрыть важные особенности геологического строения территории и выявить объекты, перспективные не только на нефть и газ, но и на другие полезные ископаемые. Очевидно, что одни из этих объектов могут представлять интерес уже сейчас, другие потребуют некоторого объема дополнительных исследований, а третьи станут предметом изучения в будущем.

### **Особенности волновой картины и динамические аномалии в верхней части кристаллического фундамента**

В первые годы внедрения сейсморазведки МОГТ, особенно для решения задач нефтегазовой геологии, принято считать, что в фундаменте отраженные волны не образуются, а волновая картина характеризуется хаотической, нерегулярной записью. Однако, последующие сейсмические исследования, в том числе скважинные, показали, что это не так. Сейсморазведкой в консолидированной коре стали регистрироваться достаточно

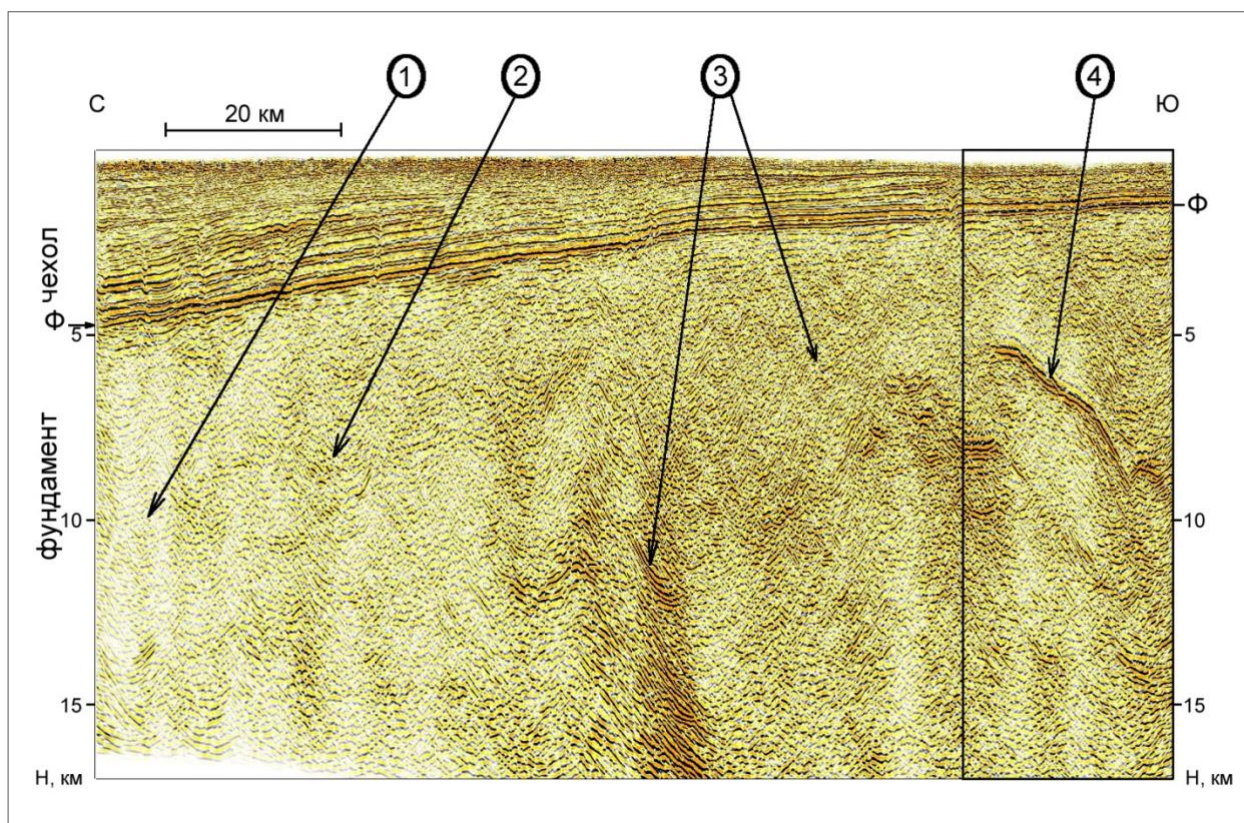
протяженные отражающие границы, имеющие в ряде случаев высокую отражательную способность [Трофимов, 1991, 2014]. Реальность таких границ подтверждалась данными акустического каротажа и вертикального сейсмопрофилирования в сверхглубоких скважинах, а изучение их природы стало предметом исследований многих ученых. Геофизики западных стран такие границы называли «reflectivity».

В связи с открытием в разных регионах мира месторождений углеводородов в фундаменте, интерес к изучению его внутреннего строения, в том числе сейсморазведкой МОГТ, существенно возрос. Так, в Татарстане в 1970-1980-х гг. реализована «Программа изучения глубинных недр» [Муслимов и др., 1980], основой которой являлось бурение скважин, вскрывающих архейско-нижнепротерозойские образования на значительную глубину. Данные бурения представляли огромный научный интерес и стали предметом исследований многих ученых ([Лапинская и др., 1989; Постников, 2002] и др.). Проведенное затем сопоставление данных ГИС, в том числе акустического каротажа, результатов испытаний на приток, данных вертикального сейсмопрофилирования и сейсморазведки МОГТ, позволило выработать основные принципы интерпретации данных сейсморазведки при изучении внутреннего строения кристаллического фундамента, в том числе прогнозирования разуплотненных зон в его толще [Трофимов, 1991, 2014]. Основываясь на этих принципах, а также на результатах подобных исследований в других регионах, проведен анализ волновой картины по Вилуйской и Синской площадям южной бортовой зоны Вилуйской синеклизы.

Волновая картина ниже горизонта «Ф» (поверхность фундамента) в этом регионе отличается большим разнообразием. Здесь можно выделить участки сейсмически прозрачной записи, отображающие, вероятно, достаточно однородные по акустическим свойствам массивы горных пород; участки хаотически расположенных разноориентированных осей синфазности небольшой протяженности; участки субпараллельных отражений небольшой интенсивности, либо связанных с границами разного петрографического состава, либо отображающих тектонически организованную геологическую среду; участки с регистрацией отражателей аномально высокой интенсивности.

Большинство из обозначенных типов волновых картин проиллюстрировано на рис. 1 (показаны стрелками). Можно полагать, что новые данные бурения позволят уточнить характер отображения различных типов разреза фундамента и, скорее всего, расширить представленные выше градации, а затем в комплексе с другими геолого-геофизическими методами использовать их для изучения строения консолидированной коры, для районирования изучаемых территорий, для решения общегеологических задач, для

прогнозирования разуплотненных зон.



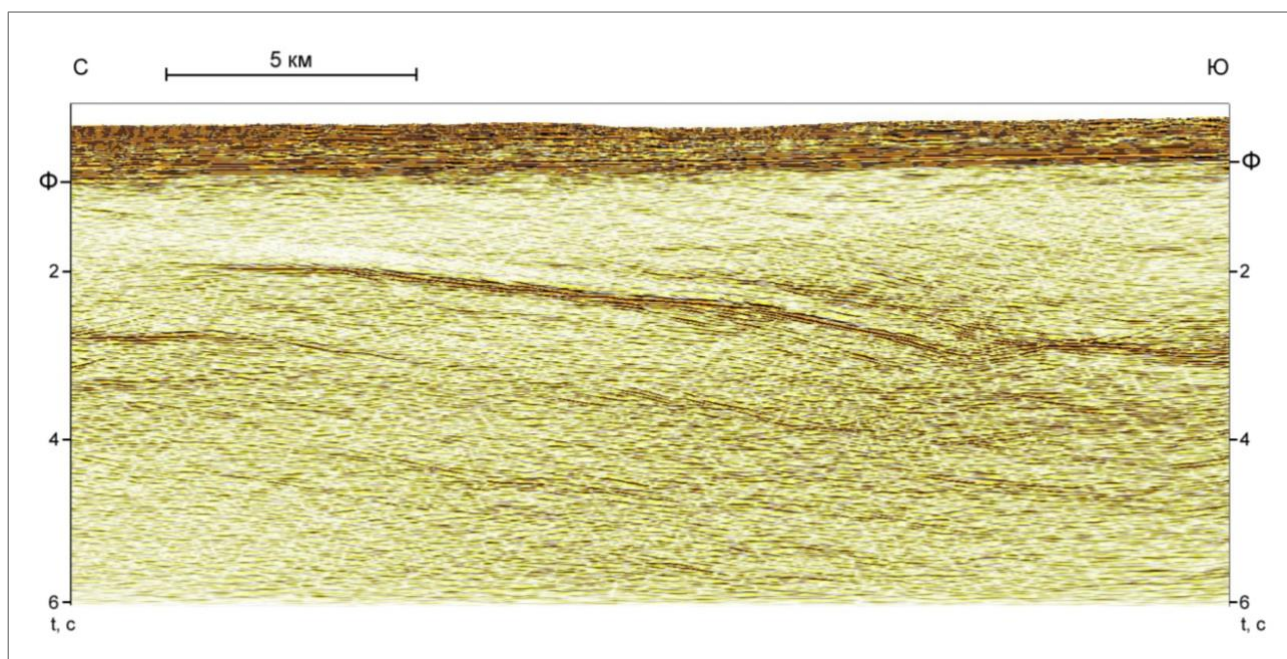
**Рис. 1. Иллюстрация некоторых типов волновых картин в фундаменте на профиле 160513 на Синской площади**

*Типы волновых картин (цифры в кружках): 1 - сейсмически прозрачные зоны; 2 - хаотическая запись; 3 - субпараллельные отражения; 4 - отражатели аномально высокой интенсивности.*

С точки зрения прогнозирования разуплотненных зон - возможных высокочемких коллекторов углеводородов, практический интерес могут представлять интенсивные отражатели, выделенные на Синской площади (тип 4 на рис. 1). Они наблюдаются на многих профилях, но наиболее интересен профиль 160513, в южной части которого на временах 1,9-3,0 с регистрируется такой отражатель (см. рис. 1). Он не только очень выразителен динамически, но и подтверждается субширотным профилем 160506. Поэтому он изучен более детально.

Протяженность выявленной динамической аномалии составляет порядка 15-18 км. Примерно столько же по пересекающему профилю. То есть, площадь аномалии значительна и составляет, ориентировочно, 250-300 км<sup>2</sup>. Верхняя ее часть находится на глубине порядка 5 км. Визуализация разрезов при соотношении вертикального и горизонтального масштабов, близкому к 1:1, наглядно иллюстрирует истинные наклоны отражателя, составляющие 5 - 20 градусов (рис. 2).





**Рис. 2. Иллюстрация интенсивного отражателя в фундаменте на профиле 160513 (фрагмент) на Синской площади**

*Соотношение вертикального и горизонтального масштабов близко к 1:1.*

Представляется очевидным, что столь высокая контрастность выявленных отражателей в волновом поле обусловлена значительными перепадами акустической жесткости. Учитывая, что разрез фундамента в целом высокоскоростной, то более вероятно, что формирование таких отражателей связано со значительным локальным уменьшением акустической жесткости. То есть, сам факт интенсивного отражения в фундаменте уже может говорить о наличии разуплотненной зоны.

Для проверки этого положения по профилю 160513, где наблюдался интенсивный отражатель в фундаменте, выполнен ряд дополнительных исследований: частотный анализ, акустическая инверсия, AVO-анализ, расчет вертикальных спектров скоростей. Необходимо отметить, что по частотному составу значимых различий динамических аномалий от вмещающих толщ не наблюдается. Некоторое уменьшение скоростей суммирования в пределах динамической аномалии отмечалось, но неуверенно, видимо, вследствие небольшой толщины разуплотненной зоны.

Как и ранее [Трофимов, 1991], в подобных случаях более информативным оказалось инверсионное преобразование. В силу ограниченности петрофизических данных, оно выполнялось с использованием псевдоскважин по алгоритму «цветной инверсии», которая не дает абсолютных значений акустической жесткости, но позволяет зафиксировать сам факт ее уменьшения или увеличения в исследуемом интервале разреза. Объектом исследования являлась высокоамплитудная аномалия в фундаменте, показанная на рис. 2.

Результаты акустической инверсии по профилю 160513 (рис. 3) свидетельствуют, что

анализируемая динамическая аномалия действительно обусловлена понижением акустической жесткости в разрезе фундамента.

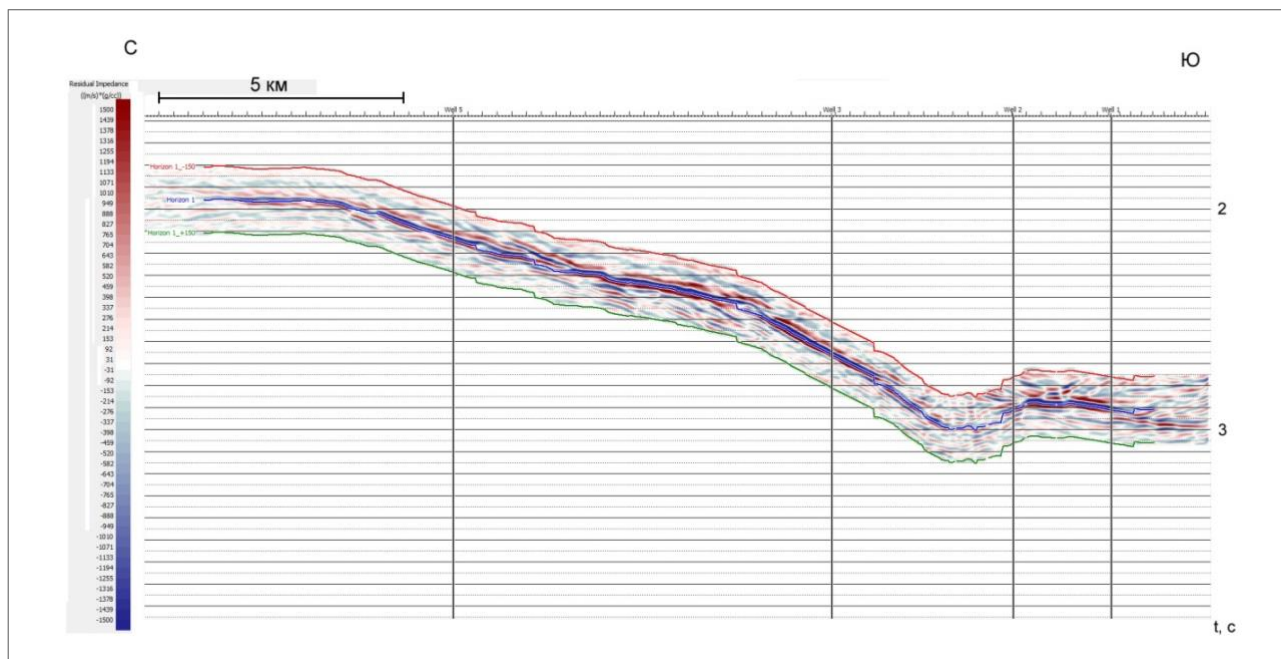
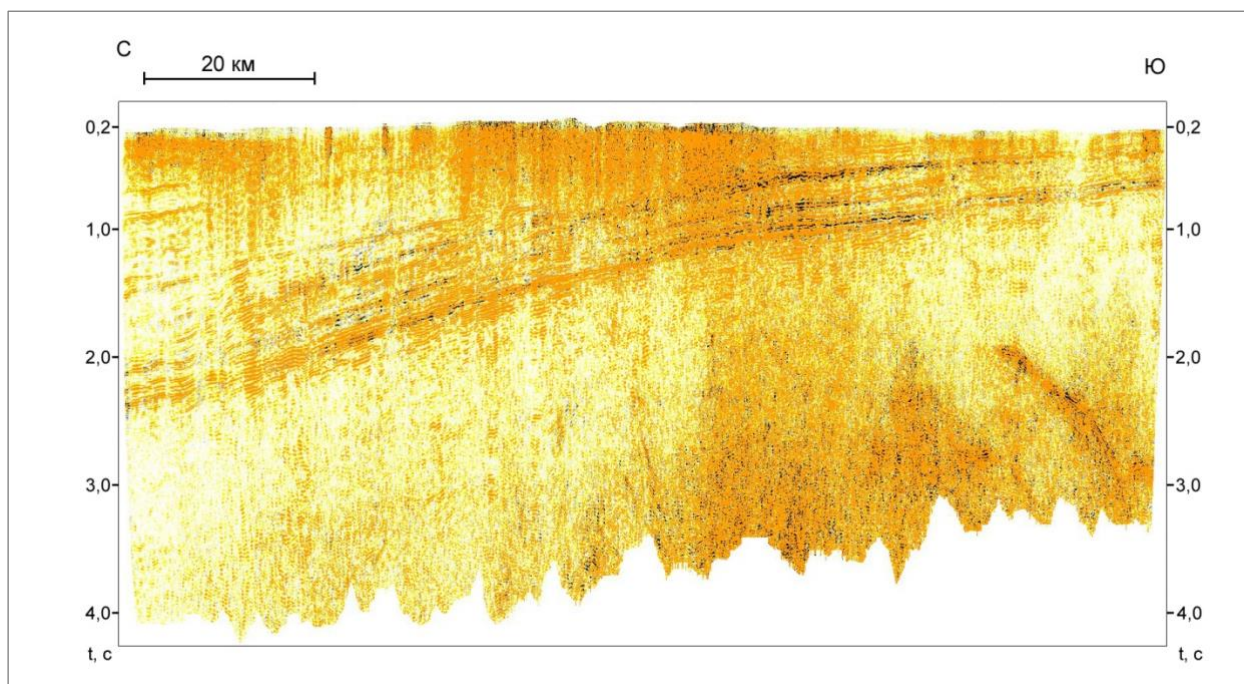


Рис. 3. Результаты акустической инверсии по профилю 160513

Результаты проведенного AVO-анализа (параметры  $PxG$  и  $\sin PxG$ ) показывают наличие аномалий (показаны черными точками), приуроченных и к некоторым элементам осадочного чехла, и к анализируемому отражателю в фундаменте (рис. 4), что может быть признаком возможного газонасыщения выявленной разуплотненной зоны. А учитывая значительные ее размеры, запасы углеводородов в них могут быть также вполне весомыми, даже с учетом больших (но вполне доступных) глубин этих зон.

Что собой представляет разуплотненная зона, в результате каких геологических процессов она сформировалась, должно стать предметом дальнейших исследований. В качестве предположения можно сказать, что она связана с тектоническими процессами, с внедрением магматических пород, о чем может свидетельствовать повышение значений магнитного поля в районе ее локализации (пересечение профилей 160506 и 160513).

Прогнозируемые по данным сейсморазведки разуплотненные зоны могут быть высокоемкими коллекторами и в будущем, представлять интерес для постановки параметрического и, возможно, поискового бурения. А сейчас, понимая, что основным объектом изучения перспектив нефтегазоносности является осадочный чехол, следует обращать внимание на дополнительную информацию, выявлять подобные объекты в фундаменте и изучать их природу.



**Рис. 4. Результаты AVO-анализа по профилю 160513. Параметр  $PxG$**

### **Объемные динамические аномалии**

Особое место в волновом поле по фундаменту занимают аномалии объемного типа. Это зоны интенсивных отражений в значительных по размерам пространственно-временных интервалах, исчисляемых километрами и десятками километров. Ранее они уже выделялись в ряде регионов России и в других странах. Крупная аномалия подобного типа, названная Сунтарской, выявлена автором в юго-западной части Вилуйской площади.

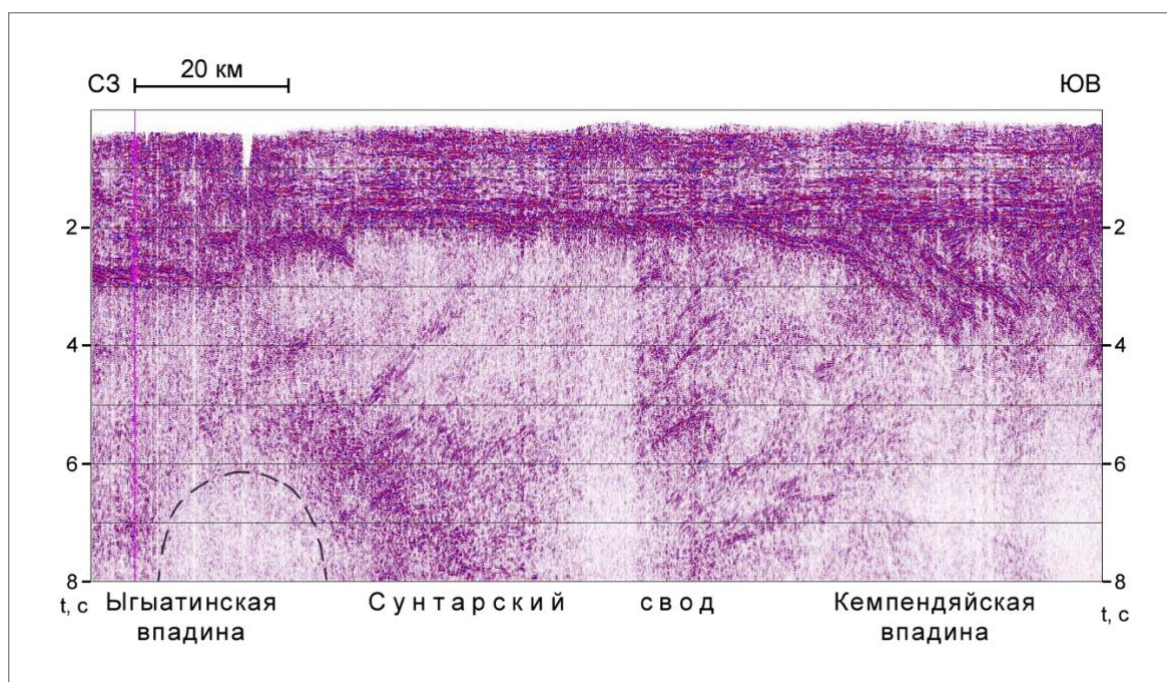
Важность обнаружения и изучения таких аномалий обусловлена намечающейся их связью с размещением месторождений полезных ископаемых. Так, в Волго-Уральской НПП они располагаются под Ромашкинским нефтяным месторождением-гигантом [Шаров и др., 2006] и обрамляющими его месторождениями западного склона Южно-Татарского свода [Sharov и др., 1996; Трофимов, 2014], под газовым месторождением Газли - в Узбекистане, под Мирнинским кимберлитовым полем - в Якутии [Караев и др., 2003; Sharov и др., 1998], под Стрельцовским урановорудным месторождением - в Забайкалье. Это позволяет рассматривать задачу выявления и изучения таких аномалий как важнейшую и с научной, и с практической точек зрения.

На Вилуйской площади Сунтарская объемная динамическая аномалия выявлена по результатам сейморазведочных работ 2016-2019 гг. На мелкомасштабных (обзорных) сейсмических разрезах она выглядит как зона (или пятно) высокой интенсивности записи (те же самые «reflectivity»). Иллюстрируется она субширотным профилем 160813 (рис. 5), хорошо видна на пересекающем его профиле 160802 (рис. 2 и 5 в [Трофимов и др., 2021]) и



наблюдается практически на всех профилях в юго-западной части площади в интервале времен от 4-5 до 8 с (что соответствует глубинам, ориентировочно, от 10-12 до 20-24 км). В плане аномальная зона имеет размеры, ориентировочно, 80 x 50 км и соответствует изученной части Сунтарского свода и его северо-восточного склона.

В первом приближении можно отметить соответствие выявленной аномальной зоны и пониженных значений магнитного поля, но более определенно говорить о такой связи можно будет после проведения детальных сейсморазведочных работ и более точной аэромагнитной съемки.



**Рис. 5. Обзорный сейсмический разрез по профилю 160813**

*Пунктиром о контурена сейсмически прозрачная зона.*

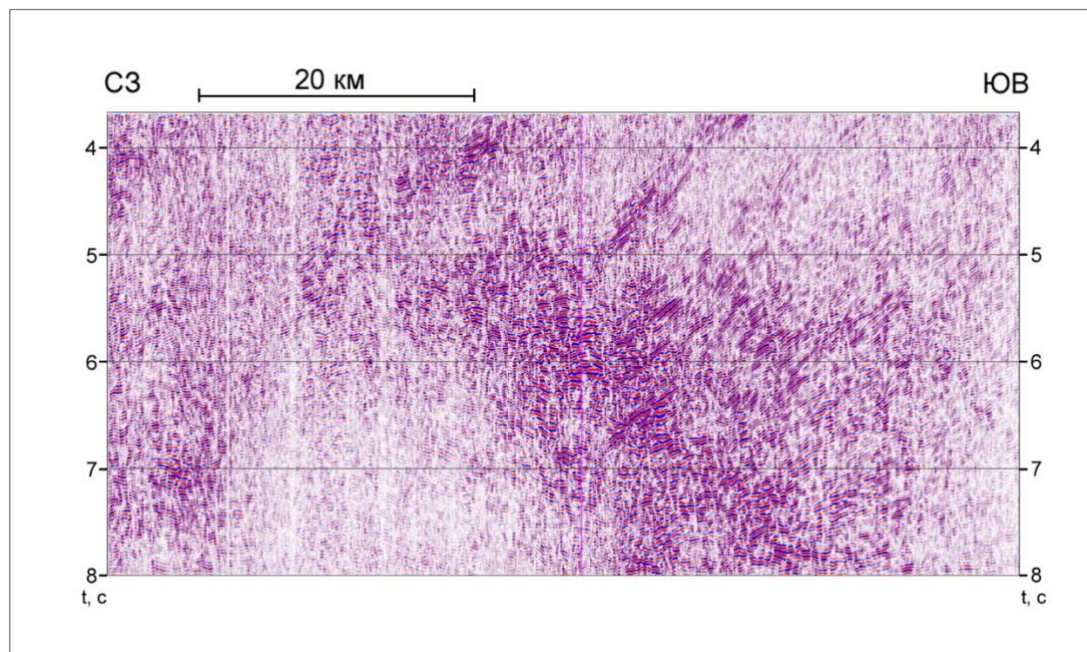
В пределах аномалии в северо-западной части профиля на временах от 6 до 8 с наблюдается сейсмически прозрачная зона размерами порядка 20 км (на рис. 5 она о контурена пунктиром).

При увеличении масштаба становится видно, что внутреннее строение этих зон достаточно сложное и неоднородное. В области высокой интенсивности записи, окаймляющей прозрачную зону, наблюдаются оси синфазности различной протяженности и наклона, а также субгоризонтальные отражения высокой интенсивности (рис. 6).

Характерно, что независимо от масштаба на многих профилях в этом районе отмечаются воздымающиеся из Сунтарской объемной аномалии вверх к подошве осадочного чехла узкие, наклонные зоны повышенной интенсивности записи, напоминающие каналы. Не исключено, что эти зоны и являются каналами флюидомассопереноса, указывающими на



локализацию в осадочном чехле либо залежей углеводородов, либо кимберлитовых трубок, либо каких-то иных, может быть, рудных полезных ископаемых.



**Рис. 6. Строение аномалии, наблюдаемой на профиле 160813 (фрагмент)**

На иллюстрируемом профиле 160813 (см. рис. 5, 6) отмечается, что наклоны этих каналов (осей синфазности) закономерно изменяются: от слабонаклоненных на временах 7-8 с в восточной части аномалии до субвертикальных над центральной ее частью. То есть, возникает впечатление, что эти оси «указывают» на центр сейсмически прозрачной зоны, наблюдаемой на временах 6-8 с, или «исходят» из него.

Несомненно, отмеченные явления заслуживают самого пристального внимания, целенаправленного и более детального изучения. Для более точного пространственного положения таких аномалий необходимы как минимум более плотная сеть сейсмических профилей и большая, чем применялась, длительность сейсмической записи. Для локализации каналов следует, по всей видимости, опробовать сейсморазведку 3D.

Необходимо также отработать методику обработки сейсморазведочных данных, так как она сказывается на облике аномалий. Так, после выполнения процедуры миграции волновая картина может разительно измениться. Происходит перераспределение энергии, появляются оси синфазности иного местоположения и наклона, С одной стороны, действительно, чем сложнее геологическое строение территории, тем сильнее отличия немигрированного и мигрированного разрезов. Но, с другой стороны, – если геологическая среда существенно трехмерна, то нет никакой уверенности в том, что миграция по профильным наблюдениям сработала корректно. Поэтому вопросы геометризации среды пока следует отложить до

появления дополнительной информации, в первую очередь, параметрического бурения и более детальных данных сейсморазведки. В настоящее же время представленные выше размеры динамической аномалии и ее пространственное положение следует расценивать как первое приближение.

### **О вероятной природе динамических аномалий**

Динамические аномалии в фундаменте фиксируются и в слабоизученных регионах, и на территориях с развитой минерально-сырьевой базой (нефть, газ, алмазы, руды). Природа этих аномалий и их значение для познания геологического строения района, для развития минерально-сырьевой базы остаются не совсем понятными. В меньшей степени это касается аномалий в верхней части земной коры, в отношении которых сформулирована достаточно аргументированная, базирующаяся на данных бурения гипотеза о том, что такие аномалии обусловлены дезинтегрированными, нарушенными, трещиноватыми породами, которые могли бы быть вместищами углеводородных флюидов, а также путями их миграции. Используя наработанный в Волго-Уральской провинции опыт, проинтерпретированы динамические аномалии в верхней части фундамента на Синской площади (южная часть Вилюйской синеклизы) и показана их обусловленность также разуплотненными зонами.

Если в отношении аномалий, наблюдаемых в верхней части фундамента, определенная уверенность в их истолковании имеется, то в отношении объемных аномалий на больших глубинах полного понимания их физической природы пока нет. Бурением они не вскрыты, а по результатам геофизических исследований трактуются неоднозначно. В то же время, наблюдаемые аномалии не являются результатом каких-либо помех, а отображают реальное физическое явление. Практически везде, по крайней мере в хорошо изученных районах, эти аномалии приурочены к тектонически активным территориям.

Как отмечал член-корр. РАН А.В. Николаев [Николаев, 2015], еще в 1980-х гг. академиком М.А. Садовским и его учениками сформулирована новая модель реальной геологической среды, названная геофизической средой. Одной из основных характеристик этой модели является активность среды и ее способность не только поглощать, но и излучать энергию геофизических полей.

В 1993-1995-х гг. в результате проведения одного из первых полевых экспериментов по изучению особенностей строения земной коры нефтегазоносных территорий, на сейсмических региональных профилях в Татарстане выявлены объемные динамические аномалии. Наблюдались они в средней части земной коры (на глубине 15-20 км), имели размеры по профилю порядка 20-25 км и толщину 8-10 км. Располагались они под группой нефтяных месторождений западного склона Южно-Татарского свода и формировали на

временном разрезе картину, существенно отличающуюся от интервалов профиля, где нефтяные месторождения отсутствуют (рис. 32 в работе [Трофимов, 2014]).

Выявленные особенности строения земной коры нефтегазоносных территорий оказались принципиально важными для решения фундаментальных проблем нефтяной геологии, для разработки концепции о нефтеподводящих каналах [Трофимов, Корчагин, 2002], а также, что очень важно с практической точки зрения, они свидетельствовали о различии в строении земной коры нефтеносных территорий и территорий, где нефтяных месторождений нет. Это создавало возможность разработки методики прогнозирования крупных скоплений углеводородов по данным глубинной сейсморазведки МОГТ.

В.И. Шаров в докладе [Sharov и др., 1996], анализируя результаты проведенного в Татарстане эксперимента, высказал предположение о том, что объем геологической среды, в котором зафиксированы сильные отражатели, находится в неравновесном состоянии. То есть, даже небольшое внешнее воздействие на этот объем обуславливает излучение (генерацию) интенсивных вторичных волн, которые наблюдаются в сейсмическом волновом поле. Высказанная гипотеза явилась, с одной стороны, конкретизацией новой модели М.А. Садовского, с другой - прообразом развиваемой в последние годы теории о энергоактивных (энергонасыщенных) геологических средах [Дмитриевский, 2010; Пономарев, 2008].

Интересным научным фактом является выявление подобных динамических аномалий не только под нефтяными скоплениями, но и под кимберлитовыми полями. Так, динамические аномалии под Мирнинским кимберлитовым полем в Республике Саха (Якутия) представлены в работе [Караев и др., 2003]. Однако, их истолкование, представляется не совсем удачным. Вряд ли рассеянные на акустических неоднородностях волны могут иметь столь высокую интенсивность. Более вероятным представляется излучение вторичных волн из аномального объема геологической среды.

Как отмечается в ряде цитируемых выше работ, энергонасыщенность подразумевает предварительную накачку энергии в данный объем геологической среды. Как и откуда эта энергия могла взяться? По мнению автора, пока можно рассматривать два варианта поиска ответа на этот вопрос.

1) Наблюдаемая динамическая аномалия (предполагаемый энергоактивный объем геологической среды) является следствием глубинных тектонических процессов, а отмеченная в ее пределах сейсмически прозрачная зона (рис. 5) отображает верхнюю часть плюма. Для детализации этого варианта необходимы значительные объемы дополнительных геолого-геофизических исследований.

2) Не менее вероятен второй вариант, основанный на горизонтальном сжатии. Для его рассмотрения необходимо обратиться к выявленным на Чебыдынской моноклинали



надвигам [Трофимов и др., 2021] и рассмотреть тектоническую схему Вилюйской площади, составленную на основе «Тектонической карты нефтегазоносных провинций Сибирского ФО и Республики Саха (Якутия)» (СНИИГГиМС, 2016 г.) и новых данных геофизических исследований, в первую очередь, сейсморазведки.

Проведенный анализ сейсморазведочных материалов по Вилюйской площади, а также потенциальных полей, позволил по-новому взглянуть на тектонику изученной территории.

Выявленные надвиги на Чыбыдинской моноклинали [Трофимов и др., 2021], являются новым тектоническим элементом в строении земной коры изучаемого района. Эти надвиги очень пологие в нижней части разреза, с уменьшением глубины становятся более крутыми, а в верхней части разреза - субвертикальными. То есть, выявленные разломы имеют листрическую форму и являются взбросо-надвигами.

Характерно и отображение взбросо-надвигов в сейсмическом волновом поле. Если в нижней части разреза, где поверхность разлома достаточно пологая, они являются отражающими границами в виде достаточно интенсивных осей синфазности, то в верхней части разреза они выделяются по традиционным признакам разломов.

По данным сейсморазведки надвиги Чыбыдинской зоны имеют запад-юго-западную вергентность, что позволяет заключить, что преобладающее сжатие происходило с восток-северо-востока, то есть со стороны Верхоянского массива. Это хорошо увязывается с направлением надвигообразования, представленным в Предверхоянской зоне на «Тектонической карте России, сопредельных территорий и акваторий» (МГУ, отв. редактор академик РАН Е.Е. Милановский).

Практически важен вопрос о трассировании надвигов в плане. Но расстояния между сейсмическими профилями очень велико (порядка 20 км), что не позволяет протрассировать разломы по площади достаточно уверенно. Но, если вергентность надвигов в Чыбыдинской зоне юго-западная, то вправе ожидать северо-запад – юго-восточную зональность структурных элементов, причем выпуклостью на юго-запад. Привлечение карт аномального магнитного поля (Геологическая служба Иркутского геофизического предприятия), показало правильность этого предположения. Действительно, на этих картах наблюдается ожидаемая зональность и выпуклость дуговых зон на юго-запад. Таким образом, комплексный анализ данных сейсморазведки и аэромагнитной съемки позволил создать взаимоувязанную систему основных разломов (рис. 7).



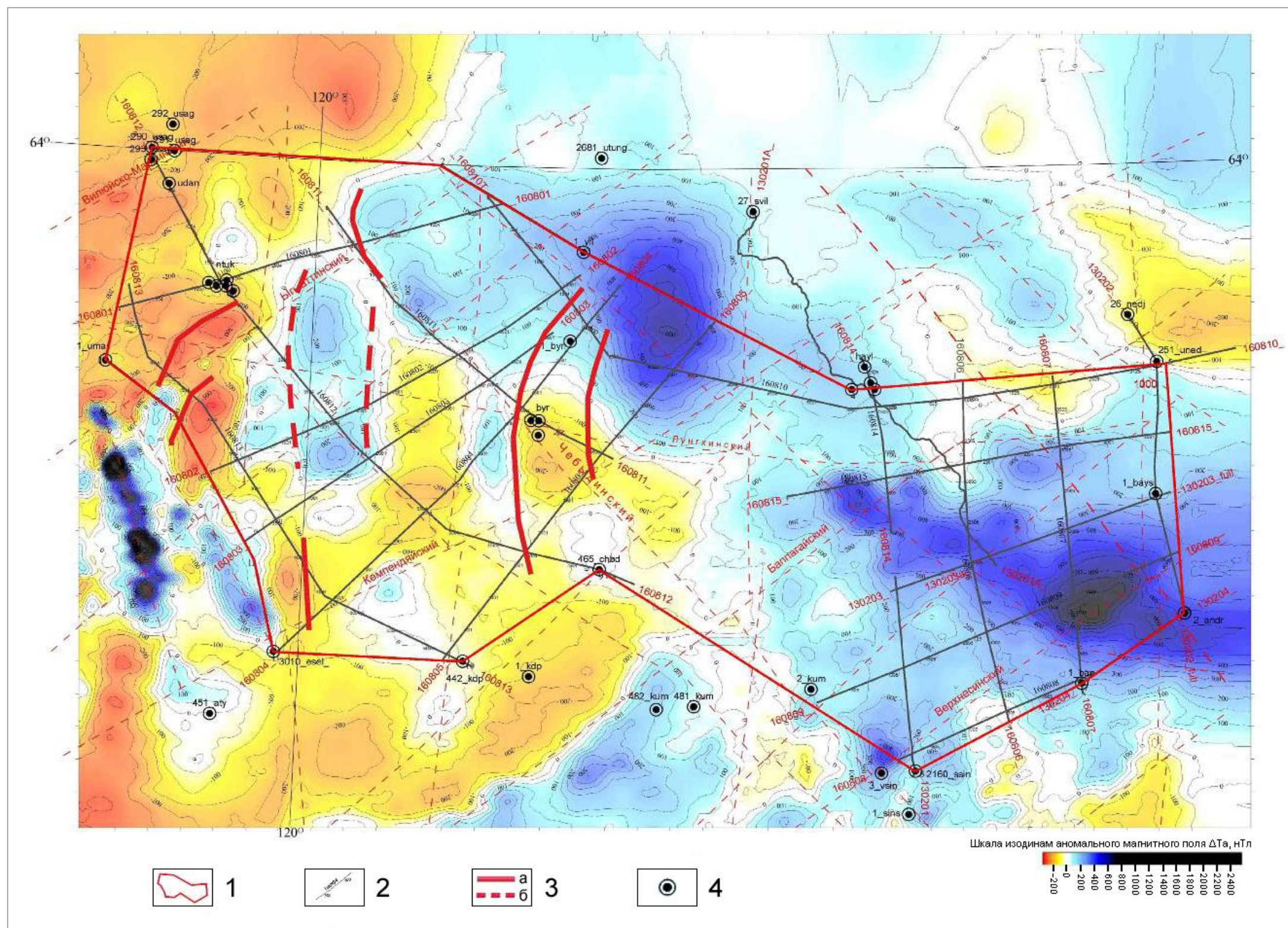
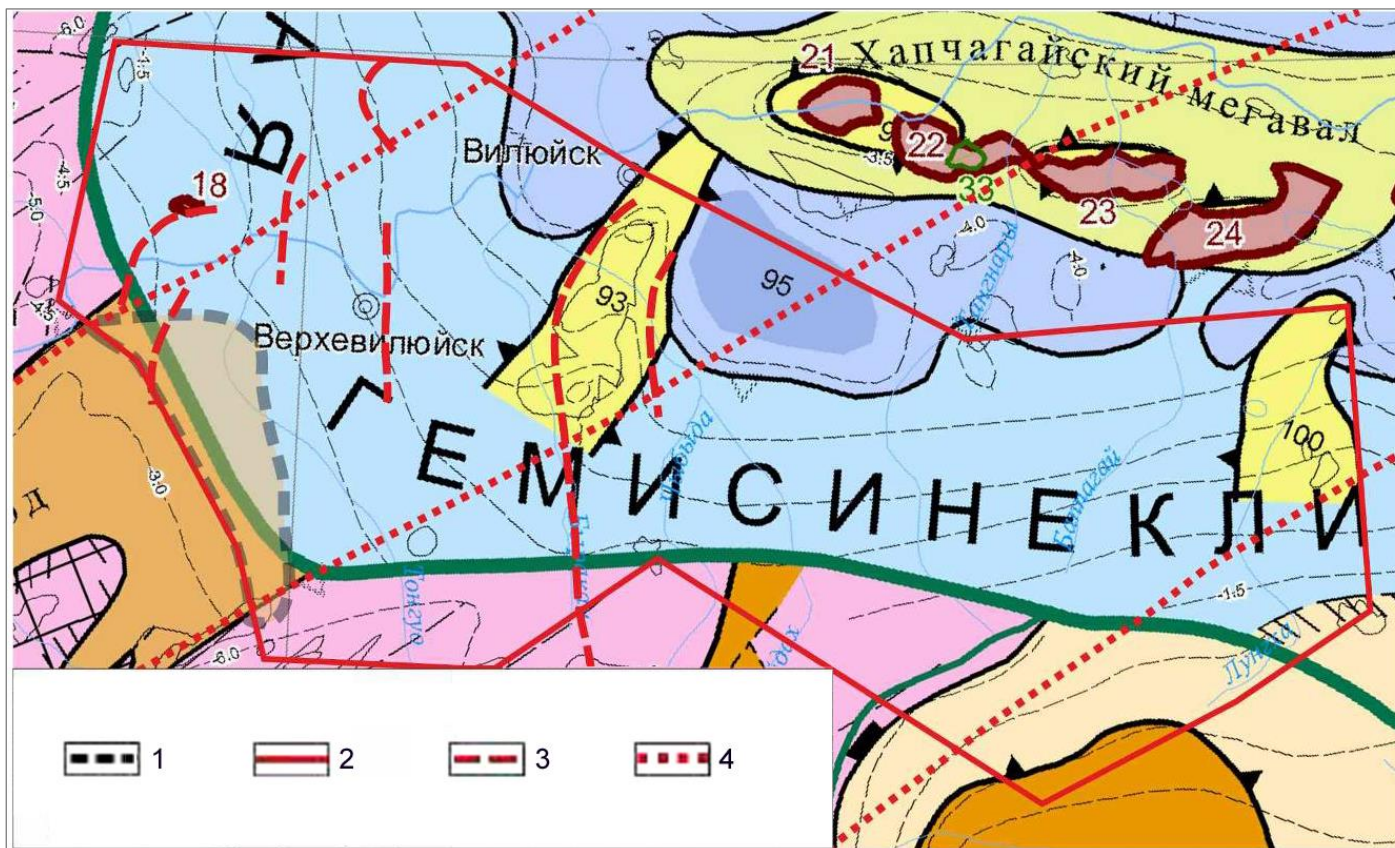


Рис. 7. Схема основных тектонических нарушений на Вилуйской площади по данным сейсморазведки и аэромагнитной съемки

1 – контур Вилуйской площади; 2 – сейсморазведочные профили, их номера, точки сдр; тектонические нарушения: 3 – уверенные, 4 - неуверенные.





**Рис. 8. Фрагмент тектонической карты с особенностями тектоники Вилуйской площади (на основе тектонической карты СНИИГГиМС, 2016 г.)**  
*1 - уточненная граница Вилуйской синеклизы и Сунтарского свода, 2 - контур Вилуйской площади, 3 - взбросо-надвиги по данным сейсморазведки и аэромагнитной съемки, 4 - тектонические нарушения верхней части разреза, выделенные по геологическим данным (Е.К. Ковригина и др., 1992 г., ВСЕГЕИ), выходящие на поверхность образования.*



Сопоставление этих разломов с «Тектонической картой нефтегазоносных провинций Сибирского ФО и Республики Саха (Якутия)» (СНИИГГиМС, 2016 г.) показало, что Быраканский структурный мыс (обозначенный на карте СНИИГГиМС под номером 93), в северной своей части соответствует выявленному Быраканскому надвигу, а в южной они существенно расходятся вследствие дугообразной формы надвига в плане (рис. 8). На этом рисунке представлены также уточненные границы Сунтарского свода.

Быраканский надвиг неоднороден и включает в себя известную одноименную структуру, Северо-Быраканскую структуру и менее крупные структурные осложнения в южной его части. В центральной части Быраканской структуры по данным сейсморазведки (профиль 160811), как отмечалось в работе [Трофимов и др., 2021], предполагается трубка взрыва.

Необходимо отметить, что тектонические нарушения верхней части разреза, выявленные Е.К. Ковригиной с соавторами (1992 г.) по геологическим данным, хорошо корреспондируются с надвигами и представляют собой, по всей видимости, сдвиги. Эта информация существенно дополняет данные сейсморазведки, которая в модификации 2Д сдвиги «не видит».

По мнению автора, полученные результаты об особенностях тектоники Виллойской площади могут быть одним из факторов происхождения энергонасыщенных объемов геологической среды под Сунтарским сводом. Так, огромные напряжения, исходившие от Верхоянского массива в юго-западном направлении, частично релаксировались в осадочном чехле, образуя надвиги, но значительная их доля, вероятно, передавалась в фундамент Сунтарского свода. Это, по всей видимости, и послужило основной причиной формирования энергонасыщенных объемов геологической среды. Учитывая, что Мирнинское и Нюрбинское кимберлитовые поля находятся в створе верхоянских напряжений, можно сделать очень важный вывод о высокой вероятности таких же полей на Сунтарском своде.

### **Заключение**

Особенности внутреннего строения фундамента южной части Виллойской синеклизы и примыкающих тектонических элементов, выявленные на основе динамического анализа сейсморазведочных материалов последних лет, имеют научную и практическую значимость, но в различной степени привлекательны для укрепления минерально-сырьевой базы Республики Саха (Якутия).

Зоны разуплотнения в верхней части фундамента, проиллюстрированные на Синской площади и являющиеся, возможно, высокочемкими коллекторами, как самостоятельный объект поисков углеводородов, станут предметом внимания в будущем. А в настоящее

время, отдавая приоритет изучению строения и перспектив нефтегазоносности осадочного чехла, не следует закрывать глаза на дополнительную информацию о фундаменте, выявлять перспективные объекты и изучать их природу.

Наибольший научный и практический интерес представляют собой объемные динамические аномалии, отображающие, вероятно, объемы энергоактивной геологической среды. Намечающаяся связь таких аномалий с размещением крупных месторождений полезных ископаемых (нефть, газ, алмазы, уран и др.) ставит задачу их изучения в число первоочередных.

Одна из таких аномалий, выявленная в юго-западной части Вилюйской площади и представленная в настоящей статье, позволяет предположить наличие кимберлитовых полей, а также углеводородов в изученной части Сунтарского свода и его северо-восточного склона. Это ставит в разряд первоочередных постановку здесь более детальных геофизических работ (сейсморазведка 2D и 3D, аэромагнитную и аэрогравиметрическую съемки) и, возможно, другие исследования.

Учитывая, что столь перспективный объект в Вилюйской гемисинеклизе не единичен, целесообразно уже сейчас начать поэтапное обобщение результатов геофизических работ, выполненных на этой территории к настоящему времени. Одной из основных целей такого обобщения должно стать создание тектонодинамической карты этой перспективнейшей территории. Для полноценного решения этой и других задач необходимо выполнить региональные геофизические работы по профилям, пересекающим всю синеклизу полностью, более четко скоординировать проведение ныне выполняемых и планируемых регионально-зональных работ, покрыть современной аэромагнитной и аэрогравиметрической съемками Вилюйскую синеклизу полностью с захватом сопредельных тектонических элементов.

Такой подход к изучению строения Вилюйской синеклизы вообще и ее юго-западного борта в частности позволит оптимизировать государственные инвестиции в ее изучение и раскрытие ее ресурсного потенциала.

Представленные в статье материалы и их трактовка, а также высказанные идеи и предложения являются результатом дополнительного анализа данных сейсморазведки, полученных на Вилюйской и Синской площадях в последние годы. Они не претендуют на полноту и призваны привлечь внимание к обсуждаемым проблемам, в первую очередь, к необходимости целенаправленного изучения выявленной Сунтарской объемной динамической аномалии.

Автор выражает благодарность В.И. Косовцеву и Л.Ю. Колесниченко, квалифицированно выполнившим обработку сейсморазведочных материалов, А.М. Ахвердиеву за расчет акустической инверсии, Л.М. Дутиковой за подготовку иллюстративных материалов. Автор особо признателен В.И. Шарову за конструктивные замечания, сделанные в ходе обсуждения рукописи.

### Литература

Дмитриевский А.Н. Энергетика, динамика и дегазация Земли // Георесурсы. Геоэнергетика. Геополитика. - 2010. - Вып. 1(1). - <http://oilgasjournal.ru/2009-1/1-rubric/dmitrievsky-enrg.pdf>

Караев Н.А., Лебедкин П.А., Кошелева Т.Д. Изучение сейсмической гетерогенности земной коры на примере региональных наблюдений в «ближней» зоне // Исследования литосферы в работах Петербургских геофизиков (Развитие идей академика Г.А. Гамбурцева). - СПб: ВИРГ-Рудгеофизика - ВНИИОкеангеология, 2003. - С.196-212.

Латинская Т.А., Попова Л.П., Постников А.В., Яковлев Д.О. Отображение структурно-вещественной неоднородности фундамента в строении осадочного чехла Южно-Татарского свода // Геология нефти и газа. - 1989. - №4. - С. 27-31.

Муслимов Р.Х., Хамадеев Ф.М., Ибатуллин Р.Х., Кавеев И.Х. Программа дальнейшего изучения недр Татарии // Глубинные исследования докембрия востока Русской платформы. - Казань: Татарское книжное издательство, 1980. - С.3-13.

Николаев А.В. Предисловие к монографии Караева Н.А., Лукашина Ю.П. Сейсмические модели земной коры в изображениях поля рассеянных волн. - СПб, 2015. - С.3-4.

Пономарев В.С. Энергонасыщенность геологической среды // Труды геологического института, вып. 582. - М.: Наука, 2008. - 377 с.

Постников А.В. Фундамент восточной части Восточно-Европейской платформы и его влияние на строение и нефтегазоносность осадочного чехла // Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук. - М.: РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2002. - 54 с.

Трофимов В.А. Глубинные региональные сейсморазведочные исследования МОГТ нефтегазоносных территорий. - М.: ГЕОС, 2014. - 202 с.

Трофимов В.А. Крупный, перспективный на газ объект в Вилуйской синеклизе // Нефтегазовая геология. Теория и практика. - 2020. - Т.15. - №2. - [http://www.ngtp.ru/rub/2020/16\\_2020.html](http://www.ngtp.ru/rub/2020/16_2020.html). DOI: [https://doi.org/10.17353/2070-5379/16\\_2020](https://doi.org/10.17353/2070-5379/16_2020).

Трофимов В.А. Новый газовый гигант в Вилуйской синеклизе? // Геолого-геофизические исследования нефтегазоносных территорий: научные и прикладные аспекты



(«РосгеоНЕФТЕГАЗ-2018»): сборник материалов научно-практической конференции (г. Москва, 22-24 мая 2018 г.). - Санкт-Петербург: АО «ВНИГРИ». - С.28-32. - <http://www.ngtp.ru/publication/sborniki/RosgeoOilGas.pdf>.

*Трофимов В.А.* Оценка возможности прогнозирования разуплотненных зон кристаллического фундамента по сейсмическим данным // Геолого-геофизическое моделирование при поисках нефти и газа. - М.: ИГиРГИ, 1991. - С. 126-133.

*Трофимов В.А., Закиров Ф.Ф., Колесниченко Л.Ю., Косовцев В.И., Слончак К.А.* Основные результаты региональных сейсморазведочных работ в южной части Вилюйской синеклизы, Республика Саха (Якутия) // Нефтегазовая геология. Теория и практика. - 2021. - Т.16. - №3. - [http://www.ngtp.ru/rub/2021/21\\_2021.html](http://www.ngtp.ru/rub/2021/21_2021.html). DOI: [https://doi.org/10.17353/2070-5379/21\\_2021](https://doi.org/10.17353/2070-5379/21_2021).

*Трофимов В.А., Корчагин В.И.* Нефтеподводящие каналы: пространственное положение, методы обнаружения и способы их активизации // Георесурсы. - 2002. - № 1(9). - С. 18-23.

*Шаров В.И., Гречишников Г.А., Рыжкова И.А.* Сейсмическое изучение геодинамических систем и флюидного режима земной коры Южно-Татарского свода в связи с его уникальной нефтеносностью // Углеводородный потенциал фундамента молодых и древних платформ: Перспективы нефтегазоносности фундамента и оценка его роли в формировании и переформировании нефтяных и газовых месторождений: материалы международной научной конференции. - Казань: Изд-во Казанск. ун-та, 2006. - С.312-315.

*Sharov V.I., Grechishnikov G.A., Trofimov V.A.* Reflectivity zones as thermodynamic systems of unequilibrium state of the consolidated crust. Abstracts. 7th International Symposium "Deep seismic profiling of the Continents". Asilomar, California, 1996. F 38. - p. 125.

*Sharov V.I., Trofimov V.A., Solodilov L.N.* Crustal reflectivity studies of diamond fields of the Siberian craton and oil regions of the Russian platform. Abstracts. 8th International Symposium "Deep seismic profiling of the Continents and their margins". Barcelona, Spain, 1998. T6-07. - p.122.

**Trofimov V.A.**

Independent expert geologist-geophysicist, Moscow, Russia, [vatgeo@yandex.ru](mailto:vatgeo@yandex.ru)

## FEATURES OF BASEMENT STRUCTURE OF THE SOUTHERN PART OF VILYUY SYNECLISE

*Based on the analysis of seismic time sections along regional profiles made in the southern part of the Vilyuy hemisyncline, dynamic anomalies that carry information about the features of the structure of the Archean-Lower Proterozoic basement have been identified. Using the experience of the Tatarstan basement study, in the Sinsk area dynamic anomalies in the upper part of the basement were interpreted as decompacted zones. These zones may represent high-capacity reservoirs and may be of interest for exploratory drilling in the future. Volumetric dynamic anomalies detected in the earth's crust at considerable depths and interpreted as energy-active (energy-saturated) volumes of the geological environment are of considerable scientific and practical interest. The outlined connection of such anomalies with the location of large finds of important mineral resources (oil, gas, diamonds, uranium) makes their study a priority. One of such anomalies (Suntar) was found in the southwestern part of the Vilyuy area. Analysing this structure could be assumed the presence of kimberlite fields, as well as hydrocarbon accumulations in the studied part of the Suntar arch and its northeastern slope. This suggests the necessity for a case study of the identified anomaly. Considering that such a promising object in the Vilyuy hemisyncline is not unique, it is advisable to start a step-by-step generalization of the results of geophysical exploration right now. Along with the study of the sedimentary structural cover and basement, one of the main goals of such a generalization should be the creation of a tectonodynamic map of this most promising territory. To fully solve these and other problems, it is necessary to carry out regional geophysical research on profiles that completely intersect the entire syncline, more clearly coordinate the ongoing and planned regional activity, cover the entire Vilyuy syncline with modern aeromagnetic and airborne gravity surveys completely with the full study of adjacent tectonic elements.*

**Keywords:** *basement, seismic exploration, dynamic anomaly, decompacted zone, energy-active geological volume, kimberlite field, hydrocarbon accumulation, Vilyuy syncline.*

### References

Dmitrievskiy A.N. *Energetika, dinamika i degazatsiya Zemli* [Energy, dynamics, and degassing of the Earth]. Georesursy. Geoenergetika. Geopolitika, 2010, vol. 1(1), available at: <http://oilgasjournal.ru/2009-1/1-rubric/dmitrievsky-enrg.pdf>

Karaev N.A., Lebedkin P.A., Kosheleva T.D. *Izuchenie seismicheskoy geterogenosti zemnoy kory na primere regional'nykh nablyudeniy v «blizhney» zone* [Studies the Earth's crust seismic heterogeneity by the example of regional observations in the "near" zone]. Issledovaniya litosfery v rabotakh Peterburgskikh geofizikov (Razvitie idey akademika G.A. Gamburtseva). St. Petersburg: VIRG-Rudgeofizika - VNIIOkeangeologiya, 2003, pp.196-212.

Lapinskaya T.A., Popova L.P., Postnikov A.V., Yakovlev D.O. *Otobrazhenie strukturno-veshchestvennoy neodnorodnosti fundamenta v stroenii osadochnogo chekhla Yuzhno-Tatarskogo svoda* [Projection of structural and material inhomogeneity of the Basement to sedimentary cover structure in South Tatar Arch]. Geologiya nefi i gaza, 1989, no. 4, pp. 27-31.

Muslimov R.Kh., Khamadeev F.M., Ibatullin R.Kh., Kaveev I.Kh. *Programma dal'neyshego izucheniya nedr Tatarii* [Program for future studies of Tataria subsoil]. Glubinnie issledovaniya dokembriya vostoka Russkoy platformy. Kazan': Tatarskoe knizhnoe izdatel'stvo, 1980, pp. 3-13.

Nikolaev A.V. *Predislovie k monografii N.A. Karaeva, Yu.P. Lukashina "Seismicheskie modeli zemnoy kory v izobrazheniyakh polya rasseyannykh voln"* [Preface to k N.A. Karaeva, Yu.P. Lukashina monography "Seismic models of the Earth's crust in the images of scattered wavefield"]. St. Petersburg, 2015, pp.3-4.

Ponomarev V.S. *Energonasyschennost' geologicheskoy sredy* [Energy saturation of

geological medium]. Trudy geologicheskogo instituta. Moscow: Nauka, 2008, vol. 582, 377 p.

Postnikov A.V. *Fundament vostochnoy chasti Vostochno-Evropeyskoy platformy i ego vliyanie na stroenie i neftegazonosnost' osadochnogo chekhla* [Basement of the eastern part of the East European Platform and its influence on the Earth's crust structure and petroleum potential]. Avtoreferat dissertatsii na soiskanie uchenoy stepeni doktora geologo-mineralogicheskikh nauk. Moscow: RGU NG, 2002, 54 p.

Sharov V.I., Grechishnikov G.A., Ryzhkova I.A. *Seismicheskoe izuchenie geodinamicheskikh sistem i flyuidnogo rezhima zemnoy kory Yuzhno-Tatarskogo svoda v svyazi s ego unikal'noy neftenosnost'yu* [Seismic studies of geodynamic systems and fluid condition of the Earth's crust in the South Tatar Arch in the context of its unique oil bearing capacity]. Uglevodorodnyy potencial fundamenta molodykh i drevnykh platform: Perspektivy neftegazonosnosti fundamenta i otsenka ego roli v formirovanii i pereformirovanii neftyanykh i gazovykh mestorozhdeniy: materialy mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii. Kazan': Izd-vo Kazansk. un-ta, 2006, pp.312-315.

Sharov V.I., Grechishnikov G.A., Trofimov V.A. Reflectivity zones as thermodynamic systems of unequilibrium state of the consolidated crust. Abstracts. 7th International Symposium. Deep seismic profiling of the Continents. Asilomar, California, 1996. F 38, p.125.

Sharov V.I., Trofimov V.A., Solodilov L.N. Crustal reflectivity studies of diamond fields of the Siberian craton and oil regions of the Russian platform. Abstracts. 8th International Symposium. Deep seismic profiling of the Continents and their margins. Barcelona, Spain, 1998. T6-07, p.122.

Trofimov V.A. *Glubinnye regional'nye seysmorazvedochnye issledovaniya MOGT neftegazonosnykh territoriy* [Deep CMP seismic survey of oil and gas bearing areas]. Moscow, GEOS, 2014, 202 p.

Trofimov V.A. *Krupnyy, perspektivnyy na gaz ob"ekt v Vilyuyskoy sineklize* [A large gas prospect in the Vilyuy Syncline]. Neftegazovaya Geologiya. Teoriya I Praktika, 2020, vol. 15, no.2, available at: [http://www.ngtp.ru/rub/2020/16\\_2020.html](http://www.ngtp.ru/rub/2020/16_2020.html). DOI: [https://doi.org/10.17353/2070-5379/16\\_2020](https://doi.org/10.17353/2070-5379/16_2020)

Trofimov V.A. *Novyy gazovyy gigant v Vilyuyskoy sineklize?* [New gas giant in the Vilyuy syncline?]. Geologo-geofizicheskie issledovaniya neftegazonosnykh territoriy: nauchnye i prikladnye aspekty («RosgeoNEFTEGAZ-2018»): sbornik materialov nauchno-prakticheskoy konferentsii (Moscow, 22-24 May 2018). St. Petersburg: AO «VNIGRI», pp. 28-32. - <http://www.ngtp.ru/publication/sborniki/RosgeoOilGas.pdf>

Trofimov V.A. *Otsenka vozmozhnosti prognozirovaniya razuplotnennykh zon kristallicheskogo fundamenta po seismicheskim dannym* [Assessment of capability of decompacted zones prediction in crystalline basement from seismic data]. Geologo-geofizicheskoe modelirovanie pri poiskakh nefti i gaza. Moscow: IGI RGI, 1991, pp. 126-133.

Trofimov V.A., Korchagin V.I. *Neftepodvodyashchie kanaly: prostranstvennoe polozhenie, metody obnaruzheniya i sposoby ikh aktivizatsii* [Oil-refilling channels: spatial position, methods of identification and ways of activation]. Georesursy, 2002, no. 1(9), pp. 18-23.

Trofimov V.A., Zakirov F.F., Kolesnichenko L.Yu., Kosovtsev V.I., Slonchak K.A. *Osnovnye rezul'taty regional'nykh seysmorazvedochnykh rabot v yuzhnoy chasti Vilyuyskoy sineklizy, Respublika Sakha (Yakutiya)* [Main results of regional seismic exploration activity in southern part of Vilyuy Syncline, Republic of Sakha (Yakutia)]. Neftegazovaya Geologiya. Teoriya I Praktika, 2021, vol. 16, no. 3, available at: [http://www.ngtp.ru/rub/2021/21\\_2021.html](http://www.ngtp.ru/rub/2021/21_2021.html). DOI: [https://doi.org/10.17353/2070-5379/21\\_2021](https://doi.org/10.17353/2070-5379/21_2021)

