

ЭЛЕМЕНТЫ ГЛУБИННОГО ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ И ИХ СВЯЗЬ С ПОЛЕЗНЫМИ ИСКОПАЕМЫМИ НА ЮГО-ЗАПАДЕ СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

Рассматриваются основные элементы глубинного геологического строения, изученного в процессе гравиметрического моделирования в 2D и 3D средах с использованием данных глубинного сейсмондирования (ГСЗ). Выявлены закономерности алмазоносности и нефтегазоносности, контролируемые мантийными инъекциями.

История поисков алмазов в Красноярском крае насчитывает несколько десятилетий, однако до настоящего времени промышленно значимых месторождений не выявлено. Причин тому много, и одной из них является недостаточное изучение глубинного геологического строения территории. Накопленный к настоящему дню массив информации по генезису алмазов, строению земной коры и верхней мантии (в основном это данные ГСЗ), появление компьютерных технологий обработки больших объемов материалов позволяют существенно продвинуться в прогнозной оценке алмазоносности. Естественно, эта оценка должна производиться в иерархической последовательности: провинция, район, поле, трубка.

Размеры провинции, как известно, определяются площадью древних платформ или их ядерных частей. Якутская провинция не является исключением (Милашев, 1984).

При переходе к следующему таксону некоторые исследователи выделяют субпровинцию. В этом качестве на западе Сибирской платформы может выступать рифтоидная структура, прослеживаемая в северо-восточном направлении от р.Большой Пит до р.Оленек (Рис. 1). В контуры данной структуры входят промышленные кимберлитовые поля Якутии (Алакитское, Далдынское, Верхнемунское), Тычанские россыпи Красноярского края, а также находки отдельных кристаллов или их групп в верховьях бассейнов рек Подкаменной и Нижней Тунгусок. В элементах глубинного геологического строения к нему приурочена отрицательная морфоструктура рельефа поверхности мантии. В геофизических полях рассматриваемая единица отражается в неявном виде. К ней тяготеют обширные гравитационные минимумы и положительные магнитные аномалии. Выделенный рифтоид включает фрагменты структур, обособляемых различными авторами как в Якутии, так и в Красноярском крае. На геологических картах он выражается в виде наибольшей плотности разрывных нарушений и повышенного проявления траппового магматизма.

Место и площадь алмазоносного района, видимо, определяются размерами мантийного диапира, зарождение и развитие которого является иницирующим фактором кимберлитового магматизма. На рассматриваемой территории один из таких диапиров – Тычанский – контролируется обширной положительной магнитной и интенсивной гравитационной аномалиями. Проявляется он также в скоростных и электрометрических показателях. Для установления количественных характеристик мантийной инъ-

екции выполнено двухмерное (2D) на профилях ГСЗ и трехмерное (3D) по площади моделирование гравиметрического поля по пакету программ ADG-3.

При моделировании по профилям ГСЗ контактные границы (фундамента, Конрада, Мохоровичича), определенные по данным глубинной сейсмометрии, закреплялись, то есть осуществлялся поиск глубинных плотностных неоднородностей. Для создания стартовой модели скорости продольных волн (V , км/с) были трансформированы в плотность (σ , г/см³) по формуле (Вольвовский и др., 1977):

$$\sigma = 0,27 V + 1,07$$

Использование данного соотношения обусловлено его «универсальностью» для всех горизонтов земной коры и верхов мантии. Шаг моделирования (размер блоков) составлял 5 км, что соответствует масштабу 1:500000.

Фрагмент результатов моделирования приведен на рис.2. Это центральная часть регионального траверса Рифт-1, проходящего вкост Тычанского гравиметрического минимума (мантийного диапира). На его основе разработана физико-геологическая модель (ФГМ) алмазоносного района. Горизонтально-слоистая составляющая модели представлена типичным разрезом с общепринятыми физическими свойствами. Обращает внимание лишь сокращенная мощность «базальтового» горизонта, ее увеличение у гранитно-метаморфического слоя в области развития диапира и там же тенденция сокращения толщины «осадков».

Центральное место в ФГМ занимает высокоплотностная неоднородность с повышенными скоростными свойствами относительно вмещающего «базальтового» горизонта. Отождествлена она с основной мантийной инъекцией и выделение ее было уже возможно на стадии интерпретации данных ГСЗ. Здесь уместно напомнить о кажущемся несоответствии выделенного рифтоида и увеличенной мощности земной коры. Если бы при интерпретации ГСЗ «шляпка» диапира была включена в состав мантии, а основания для этого имеются, то рифтоидная структура приняла бы «классическое» представление.

Выше по разрезу, в нижней части гранитно-метаморфического слоя обособлена аналогичная неоднородность с субгоризонтальным сечением, но с пониженными физическими характеристиками. По нашему мнению, она сопоставляется с зоной «крупных апофизов», хотя могут быть и другие объяснения, например, дифференциация мантийного вещества.

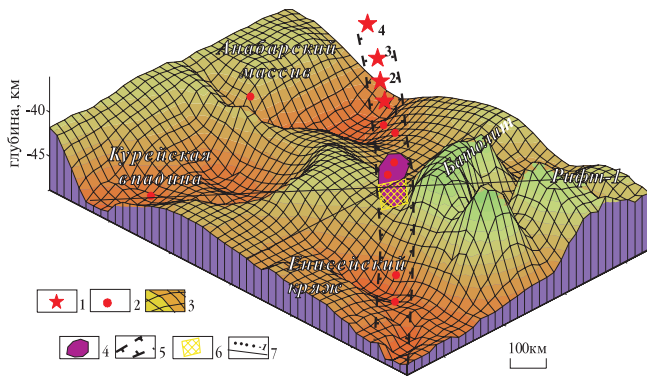


Рис. 1. Отражение Большепит-Оленекского рифтоида в структуре поверхности Мохоровичича на западе Сибирской платформы. 1- кимберлитовые поля Якутии (1- Алакитское, 2- Далдынское, 3- Верхнемунское, 4- Чемулдахское); 2- алмазоносные россыти и места находок отдельных кристаллов или их групп; 3- поверхность Мохоровичича; 4- Тычанский мантийный диапир; 5- Большепит-Оленекский рифтоид; 6- площадь статистической обработки геофизических полей; 7- профили ГСЗ и их названия.

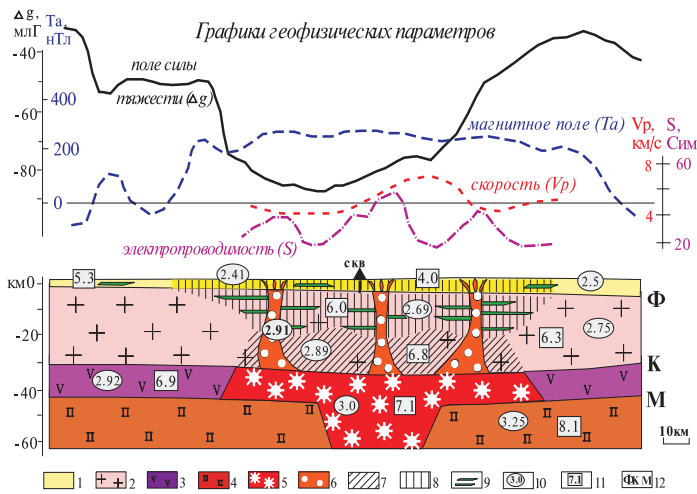


Рис. 2. Физико-геологическая модель мантийного диапира (Тычанского алмазоносного района). Фрагмент профиля Рифт-1. Слои земной коры: 1- осадочный, 2- гранитно-метаморфический, 3- «базальтовый»; 4- верхняя мантия; 5- мантийный диапир; 6- производные мантийной инъекции; 7- зона крупных апофизов диапира; 8- область разуплотнения; 9- магнитоактивный горизонт; 10- плотность в г/см³; 11- скорость продольных волн в км/с; 12- контактные границы: Ф- фундамента, К- Конрада, М- Мохоровичича.

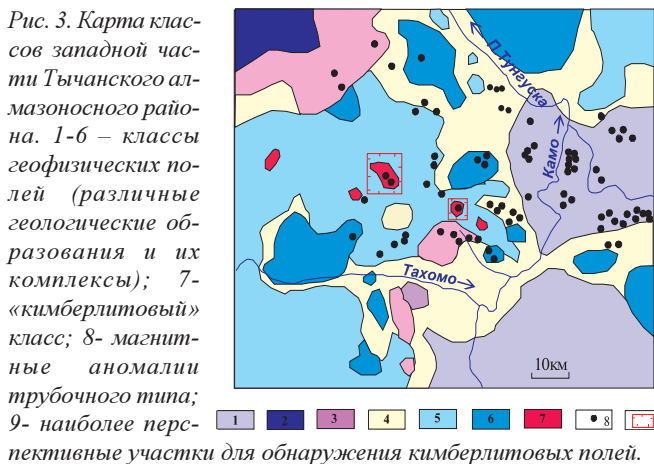


Рис. 3. Карта классов западной части Тычанского алмазоносного района. 1-6 – классы геофизических полей (различные геологические образования и их комплексы); 7- «кимберлитовый» класс; 8- магнитные аномалии трубчатого типа; 9- наиболее перспективные участки для обнаружения кимберлитовых полей.

Обе плотностные неоднородности четко выделяются при переинтерпретации ГСЗ методами сейсмической томографии (Сурков и др., 1997), однако трактуются они как резкое локальное поднятие поверхности «базальтового» слоя.

В верхней части гранитно-метаморфического горизонта выделена крупная неоднородность веерообразной формы с дефицитом плотности, контролируемая снижением скоростей. Эта область разуплотнения обусловлена механическим воздействием диапира на вышележащие образования с последующим частичным заполнением проницаемых зон легкоплавкой составляющей глубинного вещества. Именно этому факту обязан обширный минимум гравитационного поля. Здесь же, по данным магнитного моделирования, выполненного по пакету КОНТУР, расположен основной магнитоактивный горизонт со средней намагниченностью 2.5А/м. Контролирует последний обширная положительная аномалия. Область повышенной трещиноватости охватывает и осадочный слой, причем над непосредственными выходами инъекций в фундаменте разуплотнение – максимально.

Генетическая составляющая мантийного диапира в своей основе соответствует общепринятой (Белюсов, 1975). Размеры Тычанского диапира (точнее его «шляпки») по данным 3D-моделирования составляют 270x100 км.

Аналогичная Тычанскому гравиметрическому минимуму в верховьях бассейна р. Нижняя Тунгуска расположена Нидымская отрицательная аномалия. Она также тяготеет к Большепит-Оленекскому рифтоиду, и природа ее, видимо, связана с мантийным диапиром. Имеются и другие минимумы, но меньшие по размерам, укладывающиеся в пределы этой структуры. Тем самым, мантийный диапиризм в Красноярском крае не ограничивается Ангаро-Тунгусским междуречьем. Это же касается и алмазоносных районов.

Выделение следующего таксона – кимберлитового поля, является более сложной задачей. Существенное продвижение возможно при использовании больших массивов геофизической информации, накопленной при решении различных вопросов – от региональных до поисковых. В качестве примера одного из многих подходов обобщения потенциально кимберлитовых участков приводятся результаты комплексной статистической обработки геофизических полей масштабов 1:100000 – 1:200000 на юго-западе Тычанского алмазоносного района. В обработку были вовлечены следующие поля: локальное гравитационное от пересчета на высоту 6 км ($\Delta g_{\text{лок}}$), магнитное на высоте 1200м (ΔT_a), электропроводность до глубины 1км (S), скорость продольных волн на глубине 4 км (V). Выбор параметров продиктован необходимостью полностью охарактеризовать «осадочный» слой (основной для локализации кимберлитов) с охватом самой верхней части фундамента. Исследования осуществлялись в рамках системы АСОМ-АГС. Отсутствие на рассматриваемой территории четкого «кимберлитового» эталона предопределило использование программ с автоматической классификацией, то есть выделение классов (таксонов) с устойчивыми геофизическими показателями (их сочетаний). Всего получено 7 классов (см. таблицу).

Каждому из выделенных классов соответствует определенное геологическое образование или их комплекс. Обратимся к классу 7, как отвечающему наиболее проницаемым породам и, следовательно, являющемуся предель-

Номера классов	Геофизические показатели				Количество точек
	$\Delta g_{\text{лок}}$, мГл	ΔT_a , нТл	S, Сим	V, м/с	
1	-1.5	190	30	6680	864
2	7.6	490	48	6200	58
3	3.4	320	50	6220	214
4	-2.0	270	33	6210	856
5	-3.9	310	47	6030	1083
6	-2.2	260	21	5980	367
7	-4.0	350	71	5990	103

Таблица. Центры классов геофизических полей.

но перспективным для выделения кимберлитовых полей.

В литературных источниках таксон «кимберлитовое поле» описывается в геофизическом отношении достаточно противоречиво, однако его «общевекторная» характеристика сводится к следующему: это низкоплотностной и низкоскоростной объект с повышенной намагниченностью при высокой электропроводности размером до 10 x 10 км. Именно по таким показателям обособлен класс 7.

На рассматриваемой территории площади класса 7 имеют ограниченное распространение (Рис. 3). Относительно большие по размерам площади на юго-западе, видимо, можно выбраковать, как обусловленные «литологическим» фактором, то есть повышением мощности «осадочного» слоя или увеличением в его составе тонкодисперсной составляющей, на что указывают обширные и интенсивные аномалии электропроводности. Наиболее перспективными следует считать участки высокопроницаемых пород, в пределах которых закартированы магнитные аномалии «трубчатого» типа. Количество таких аномалий невелико и составляет лишь 3 % от общего числа «трубчатых» максимумов. Возможно, этим объясняется отрицательный результат поисковых работ, основанных на массовой проверке «трубчатых» аномалий. Далее, по степени снижения перспективности, следуют участки класса 7, но без локальных магнитных максимумов, небольшие по размерам области класса 6, и, возможно, класса 5. Наибольшая концентрация таких аномалий приходится на между-речье Тохомо-Подкаменная Тунгуска.

Таким образом, изучение территории юго-запада Сибирской платформы с привлечением максимально возможного объема имеющейся информации, использование современных компьютерных технологий обработки материалов может существенно ускорить открытие промышленных месторождений алмазов в Красноярском крае. Дальнейшее изучение территории может быть реализовано по следующей схеме:

- выделение аналогичных Большепит-Оленекскому рифтоиду глубинных региональных структур, контролирующих алмазоносность. Здесь «прорисовывается» Курейско-Малоботубинский рифтоид;
- выявление мантийных диапиров, местоположение одного из них, вероятно, соотносится с крупным Нидымским гравиметрическим минимумом. Очевидно, что диагностика мантийных внедрений не может быть ограничена лишь отрицательными гравитационными аномалиями. В зависимости от глубины залегания диапиров, степени их влияния на окружающее пространство это могут быть даже максимумы поля;
- дальнейшая комплексная статистическая обработка геофизических полей и геологических данных (например, показателя трещиноватости) на северо-востоке Тычан-

ского алмазоносного района с целью выделения алмазо-перспективных участков.

Другим «практическим» приложением результатов глубинного геологического строения является прогноз нефтегазоносности. Издавна ведущаяся полемика о происхождении углеводородов (УВ) проигрывается «неорганиками», как только речь заходит о прогнозировании территорий. Привлечение данных изучения глубинного строения, возможно, поддержит сторонников неорганического генезиса УВ. При этом автор осознает всю дискуссионность нижеизложенного.

Давно подмечен факт пространственного совмещения месторождений УВ и алмазов; причем, если принимать во внимание лишь последние, то это приближается к правилу. Якутия, Архангельская область, Урал – тому примеры. Связывающим звеном, возможно, является мантийный диапиризм. В пользу «мантийного» происхождения УВ может свидетельствовать следующее: • газоносность в ряду от кислых до ультраосновных пород возрастает на 2 порядка; • 10% объема мантийной инъекции это газовая составляющая; • большинство реакций, протекающих при внедрении диапира (например, серпентинизация), сопровождаются образованием компонентов, близких к природным углеводородам.

В пределах площади развития Тычанского мантийного диапира расположена крупнейшая (13000 км²) Тахомо-Юрубченская нефтегазоносная зона. Возраст УВ относится к докембрийскому. Очевидных объемов биомассы для образования такого гигантского скопления углеводородов не выявлено, даже при детальном исследовании керогена.

По мнению автора, образование УВ Тахомо-Юрубченской нефтегазоносной зоны обусловлено мантийной инъекцией. Простейшие расчеты показывают, что для образования такого скопления УВ объема диапира «хватает» с избытком. Если это так, то возможны некоторые прогнозные построения. Зону разуплотнения, расположенную в наддиапировом пространстве, можно рассматривать в виде праколлектора (Рис. 2). Это площадь вероятного распространения залежей УВ, генетически связанных с мантийным веществом. По форме она идентична «шляпке» инъекции, а по размерам несколько превосходит последнюю (320 x 130 км). Тахомо-Юрубченская нефтегазоносная зона занимает крайнюю юго-западную часть рассматриваемой территории. Отсюда логично сосредоточение дальнейших поисковых усилий в северо-восточном направлении и в пределах указанной площади. Последующее изучение изложенного аспекта можно сконцентрировать на следующих вопросах: • исследование количественного соотношения объема мантийной инъекции и массы УВ; • выделение в процессе 3D-моделирования гравимагнитных и сейсмометрических полей локальных плотностных неоднородностей с целью сужения перспективных нефтегазоносных площадей; • разработка геолого-генетической и физико-геологической моделей образования УВ неорганической природы.

Литература

- Белоусов В.В. *Основы геотектоники*. Недра. 1975.
 Вольвовский В.С., Кунин И.Я., Терехин Е.И. *Краткий справочник по полевой геофизике*. Недра. 1977.
 Милашев В.А. *Трубки взрыва*. Недра. 1984.
 Сурков В.С., Старосельцев В.С., Кузнецов В.Л. *Строение земной коры Нижнего Приангарья. Геофизические исследования в Средней Сибири*. Красноярск. 1997. 99-113.