УДК 550.834.3(571.1)

ЗНАНИЕ СТРОЕНИЯ ЗЕМНОЙ КОРЫ – ОДИН ИЗ ФАКТОРОВ ЭФФЕКТИВНОГО ПРОГНОЗА ПОИСКОВ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УГЛЕВОДОРОДОВ

Дружинин В.С., Начапкин Н.И., Осипов В.Ю. – Институт геофизики УрО РАН, Екатеринбург

Аннотация. В статье на конкретных примерах из практики глубинного сейсмического зондирования (ГСЗ) в пределах Уральского региона рассмотрена роль информации о специфике строения земной коры при решении как тектонических, так и прогнозных задач региональной нефтяной геологии. Намечены направления повышения эффективности использования имеющейся информации по ГСЗ и развития глубинных зондирований в будущем.

Уральский регион, глубинное сейсмическое зондирование, региональная нефтяная геология.

KNOWLEDGE OF THE THE EARTH'S CRUST STRUCTURE – ONE OF FACTORS FOR THE EFFECTIVE FORECAST OF HYDROCARBONS DEPOSITS SEARCHES

Druzhinin V.S., Nachapkin N.I., Osipov V.Yu. – Institute of Geophysics UB of RAS, Yekaterinburg

Abstract. In the article on concrete examples from practice of deep seismic sounding (DSS) within of the Ural region the role of the information about specificity of the earth's crust structure considered at the decision both tectonic, and predictive problems of regional oil geology. Directions of efficiency increase for available information on DSS usage and deep sounding developments in the future are planned.

Ural region, deep seismic sounding, regional oil geology.

Введение

Актуальными для нефтегазовой геологии, на наш взгляд, являются следующие проблемы: обоснование оптимальной модели, основанной на биогенной и абиогенной гипотезе образования углеводородов; обоснование перспективной зоны контакта осадочной толщи и дезинтегрированной части основания (фундамента) и промежуточных комплексов, как новых перспективных объектов Уральского региона и Западной Сибири; обоснование новых нефтегазоперспективных районов, площадей и объектов для последующих детальных геолого-геофизических исследований.

Решение перечисленных задач, как показывает практика поисков месторождений углеводородов (УВ), без использования информации о глубинном строении земной коры не дает нужного эффекта. Эта информация содержится в: результатах глубинных сейсмических исследований; глубокого и сверхглубокого бурения и других геофизических исследований. При количественной интерпретации геолого-геофизических данных основная проблема заключается в уменьшении неоднозначности, повышении детальности и достоверности получаемых моделей геосреды. В настоящее время в геофизических организациях накоплен огромный фактический материал. В период с 1964 по 2000 гг. в пределах Уральского региона, включая Западную Сибирь, выполнено свыше 13000 км ГСЗ, а также теллурических зондирований (МТЗ) и исследований методом отраженных волн землетрясений (МОВЗ) на отдельных маршрутах. Материалы существенно различаются по составу, качеству и полноте информации. Формальное обобщение таких данных не эффективно и не способствует решению перечисленных задач. К тому же результаты сверхглубокого бурения, за исключением отдельных случаев (Дружинин В.С., 1995; Дружинин В.С. и др., 2003), не проясняют и даже отрицают возможности методов глубинной геофизики. Исправить методические упущения, которые были допущены при проведении полевых работ по ГСЗ, практически невозможно. Наиболее реальным путем решения задач тектонического районирования территории Уральского региона, металлогении и геодинамики по имеющемуся сейсмическому

материалу, как показывает наш опыт работ, является построение сейсмогеологических 2D моделей в рамках методики глубинного геокартирования (Дружинин В.С. и др., 2000). Такие модели строятся на основе современных представлений о геологической среде и комплекса всей имеющейся геолого-геофизической информации (Брехунцов А.Н. и др., 2007; Дружинин В.С. и др., 2008; Дружинин В.С. и др., 2009).

Снижение степени неоднозначности при построении по этим разрезам плотностных моделей осуществляется за счет:
а) полного учета плотностных неоднородностей среды, расположенных выше кровли консолидированной коры; б) выбора уровня изостатической компенсации плотностных объемов земной коры и верхней мантии на глубинном уровне 80 км (для региональных профилей протяженностью 500-600 км); в) соответствия осредненных значений плотности верхней половины коры, полученных при таком моделировании расчетному разрезу, определенному по интегральным значениям скорости с использованием зависимости $\sigma=f(v)$. В основном, это осредненные градиентные скоростные модели, построенные по специальным полям времени первых вступлений.

Следующим этапом, снижающим степень неоднозначности, является объемное плотностное моделирование. Стартовая плотностная слоистая разломно-блоковая модель верхней части литосферы составляется на основе 2D плотностных моделей по профилям ГСЗ. Построение геолого-геофизических 2D и 3D моделей верхней части литосферы осуществляется с использованием для определения ее возможного состава результатов плотностного моделирования, определения скоростных параметров, интерпретации аномалий магнитного поля, данных МТЗ, метода отраженных волн (МОВ), сведений о тепловом потоке, геологической информации по приповерхностным структурам.

Исследования по северо-западной части Западной Сибири, выполненные по описанной выше методике, позволили по-новому представить тектонику территории, оценить ее нефтегазоперспективность и наметить новые площади и объекты для постановки детальных геолого-геофизических работ (Брехунцов А.Н. и др., 2007; Дружинин В.С. и др., 2008; Дружинин В.С. и др., 2009).

Некоторые примеры из опыта наших прошлых глубинных исследований по оценке нефтегазоперспективности, подтвержденные бурением

1. *Фроловская впадина, Горелая площадь, Западная Сибирь*. По результатам исследований на Ханты-Мансийском профиле ГСЗ в 1979-1980 гг. была дана положительная оценка перспективности субплатформенных отложений, установленных по данным ГСЗ в пределах выделенного древнего Ханты-Мансийского срединного массива и рекомендована поисково-параметрическая скважина глубиной до 4,2 км в районе города Ханты-Мансийска (рис. 1, цветная вкладка). Рекомендации были переданы в 1980 г. в ПГО «ГлавТюменгеология» и затем опубликованы в 1983 г. в журнале «Геология и геофизика» (Дружинин В.С., 1983). Этот прогноз подтвердился в 1984 г. при бурении глубокой скважины на воду, случайно оказавшейся на рекомендованном участке. Был получен мощный фонтан нефти из известняков D_2. При последующих детальных геолого-геофизических исследованиях подтвердилось в общих чертах строение промежуточного комплекса и нефтеносности известняков D, находящихся в виде узких полос (микрогорстов) среди вулканогенно-терригенной толщи триаса.

2. *Вагай-Ишимская впадина, юг Западной Сибири на границе со структурами Северного Казахстана.* Наличие субплатформенных отложений промежуточного комплекса на указанной территории впервые было установлено по данным ГСЗ, метода преломленных волн (МПВ) на Свердловском профиле (1965-1969 гг.). Но по особенностям глубинного строения (преобладающий фемический состав земной коры в пределах впадины) была дана отрицательная оценка (Дружинин В.С. и др., 1976) на возможность определения в этом

комплексе месторождений УВ (рис. 2, цветная вкладка). Эта информация о предполагаемом составе промежуточного комплекса и его неперспективности была подтверждена результатами поисковых геолого-геофизических исследований, выполненных в конце 80-х годов в значительном объеме Тюменской экспедицией ПГО «ГлавТюменгеология». Оба примера приводятся по результатам исследований методом ГСЗ Баженовской геофизической экспедиции.

3. *Ляпинский мегапрогиб, Приуральская часть Западной Сибири.* В процессе выполнения работ по составлению геолого-геофизической модели верхней части литосферы Ляпинского мегапрогиба и соседних территорий (работы Института геофизики УрО РАН по договору с ОАО «СибНАЦ») была дана оценка незначительной перспективности Ляпинского мегапрогиба (Брехунцов А.Н. и др., 2007; Дружинин В.С. и др., 2008; Дружинин В.С. и др., 2009). Это заключение противоречило высокой оценке, которую давали ведущие специалисты-нефтяники Западной Сибири, однако бурение 5 глубоких скважин не обнаружило явных признаков нефтегазоперспективности базальт-терригенной толщи триаса. На рис. 3, 4 (цветная вкладка) приведены новая тектоническая схема и схематическая прогнозная карта нефтегазоперспективности, исследуемой части Западной Сибири.

4. *Куединская площадь, юг Пермской области, восточная окраина Восточно-Европейской платформы (ВЕП).* По данным ГСЗ на Свердловском профиле, в противоположность имеющимся данным МПВ, была определена значительная мощность (до 10 км) осадочных отложений в Калтасинском авлакогене, расположенных на крупном поднятии поверхности расслоенной верхней мантии и установлен преимущественно кислый состав кристаллической коры, рис. 4 (Дружинин В.С. и др., 1976).

На основании этих данных был сделан прогноз о перспективности восточного борта авлакогена на пограничном Куединском участке с соседним Уфимским поднятием. Последующие буровые работы и сейсмические наблюдения методом общей глубинной точки (ОГТ) подтвердили данные ГСЗ относительно осадочных отложений и высокую нефтегазоперспективность Куединской площади.

Кроме перечисленных примеров имеется целый ряд положительных и отрицательных рекомендаций пока не подтвержденных бурением. Но уже приведенных примеров достаточно для подтверждения выдвинутого положения о необходимости учитывать специфику строения земной коры при прогнозировании перспективных площадей и участков на поиски УВ, особенно в новых и малоизученных районах и новых объектов.

Перечень районов (территорий), в которых необходимо выполнить работы по обобщению, анализу имеющихся материалов и построению 2D и 3D геофизических и геолого-геофизических моделей по указанной выше методике, разработанной в Институте геофизики УрО РАН

1. *Уральский регион (основная часть), территория с координатами 50^0-68^0 в.д., 52^0-67^0 с.ш.* Эта территория, помимо Уральского складчатого пояса, захватывает следующие геоструктуры: на западе Тимано-Печорская плита, Восточная часть ВЕП, Волго-Уральская нефтегазоносная провинция (Пермский край, Удмуртия Восточный Татарстан, Башкирия, Оренбуржье), на востоке – Приуральская часть Западной Сибири, включая ее южное окончание, Курганская область. В пределах указанной территории выполнено около 10000 км профилей ГСЗ, 1000 км глубинного ОГТ, 800 км МОВЗ, МТЗ ~ 1500 км, повысотная аэромагнитная съемка по основным профилям ГСЗ – примерно в объеме 10000 км. Имеется надежная геологическая основа по приповерхностным структурам, плюс три сверхглубоких и несколько глубоких скважин. На основе геофизических и геолого-геофизических объемных моделей будет составлена новая схема тектонического районирования и схематическая минерагеническая карта, в первую очередь нефтегазоперспективности окраин-

ных структур Уральского складчатого пояса. Масштаб представления результативных материалов: 2D модели – М 1:1000000, 3D модели – М 1:2500000. Указанные работы планируется выполнить в течение 2009-2012 гг. коллективом сотрудников Института геофизики с участием ведущих специалистов Уральского региона по вопросам тектоники и минерагении.

2. *Западно-Сибирская геоструктура, основная нефтегазовая провинция России.* В связи с переоценкой запасов углеводородного сырья предстоит выполнить (частично уже выполняются) обобщающие работы по стратиграфии осадочного чехла, типам коллекторов и покрышек, тектонике осадочных отложений и тектонике доюрского фундамента. Учитывая наличия во многих частях Западно-Сибирской геоструктуры промежуточных субплатформенных комплексов D-T (выделение которого также является одной из основных задач обобщения), необходимо внести ясность в понятия: «доюрское основание» и «консолидированный фундамент». На данном этапе исследований, учитывая хорошую информативность о подошве осадочной толщи (отражающей горизонт А), следует ориентироваться на составление тектонической карты доюрского основания с отрисовкой на ней областей (зон) развития промежуточного комплекса. Практика работ по тектоническому районированию в условиях открытого Урала (Дружинин В.С. и др., 1976) свидетельствует о необходимости опираться при этом на особенности строения земной коры, тем более это необходимо при тектоническом районировании закрытых районов, таких, как Западная Сибирь. Поэтому актуальной задачей при составлении тектонической карты доюрского основания является составление геофизических и геолого-геофизических моделей верхней части литосферы Западно-Сибирской геоструктуры. Она достаточно хорошо изучена профилями ГСЗ, МПВ, региональными профилями ОГТ, МОВЗ, МТЗ. Кроме того, имеются две сверхглубокие скважины СГ-6, СГ-7, расположенные на расстоянии 175 км, и несколько глубоких параметрическо-поисковых скважин, вскрывающих отложения промежуточного комплекса.

Основные ожидаемые результаты: геофизические и геолого-геофизические разрезы М 1:1000000, геофизические и геолого-геофизических модели верхней части литосферы Западной Сибири М 1:2500000, схематические, тектоническая и структурно-литологическая карты доюрского основания с зонами развития промежуточных комплексов, схематическая карта перспектив нефтегазоносности с учетом установленной специфики глубинного строения.

Работы по этому объекту являются продолжением исследований по Уральскому региону, но могут выполняться и самостоятельно по разработанной нами методике по отдельным секторам Западно-Сибирского региона (пункты 3 и 4) с участием ведущих специалистов по тектонике и нефтегазоносности.

3. *Область сочленения Западно-Сибирской и Восточно-Сибирской платформ (через Енисейский кряж).* Многими исследователями признается эта территория как возможная новая нефтегазовая область. Работы по оценке ее нефтегазоперспективности выполняются в 2009 г. специалистами СНИИГГИМС. При этом информация о строении земной коры представлена осредненными и градиентными скоростными разрезами и составленными на их основе картами для некоторых скоростных уровней, которым придаются геологические понятия как поверхностям слоев консолидированной коры (Сурков В.С. и др., 2007). Однако эта информация явно недостаточна для оценки нефтегазоперспективности территории. Во-первых, в предлагаемой нами методике такие скоростные разрезы используются в качестве вспомогательной информации; во-вторых, они не соответствуют разломно-блоковой модели континентальной коры, как наиболее вероятной; в-третьих, необоснованно рассматривать линии осредненных скоростных разрезов как поверхности раздела слоев земной коры. Достаточно обратиться к результатам сверхглубокого бурения,

чтобы понять несостоятельность предлагаемой интерпретации. Поэтому решение принципиальных вопросов, например, таких как: «Не является ли восточная окраина Западно-Сибирского бассейна своеобразным аналогом Предуральского прогиба?» – на таком уровне не может иметь место. Тем более такая информация вряд ли сможет уверенно прояснить проблему нефтегазоносности данной территории. Нужны работы по составлению геофизических и геолого-геофизических моделей верхней части литосферы области сочленения по предлагаемой нами методике. Тем более такие исследования будут дальнейшим их продвижением в восточном направлении.

4. *Северные районы Западно-Сибирской геоструктуры, включая широкую зону сочленения с Северным Ледовитым океаном (СЛО).* Переход структур Западно-Сибирской равнины к структурам СЛО существенно иной, чем для областей сочленения континентальной коры со структурами Тихого и Атлантического океанов. Во-первых, установлено, что континентальная кора продолжается далеко на север СЛО, вплоть до северного полюса; во-вторых, в связи с отмеченной особенностью, Северный Ледовитый океан является специфическим крупным образованием Земли, с особым строением верхней части литосферы и историей развития. Несомненно, что определяющее влияние глобальной структуры СЛО на прибрежные районы Западной Сибири и другие полярные сегменты Евроазиатского континента, должно проявляться в особенностях строения, тектоники и нефтегазоносности. Предварительные данные по данной проблеме получены при изучении строения земной коры северо-западного сектора Западно-Сибирской равнины (Брехунцов, Дружинин, 2007). На широтах 66°-67° намечается разворот Центрально-Уральской мегазоны в широтном направлении в сторону северной оконечности Енисейской складчатой системы вдоль зоны субширотных дислокаций. Именно с наличием такой зоны могут быть связаны некоторые особенности неотектоники, строения осадочного чехла, распределения субплатформенных отложений палеозоя и строения древнего кристаллического фундамента. Возможно его ступенчатое погружение по серии параллельных, субширотных дислокаций в сторону Карского моря с одновременным увеличением мощности субплатформенных палеозойских комплексов.

Таким образом, можно предположить, что область сочленения континента с СЛО также представлена серией субширотных дислокаций. Возникает вопрос: каково взаимоотношение системы субмеридиональных грабенов (рифтов) триасового возраста (структур растяжения) и инверсионных поднятий, приуроченных к зонам верхнепалеозойской гранитизации и как это сказывается на расположении месторождений УВ? Каковы отличия в строении верхней мантии и земной коры между континентальной сушей и основными частями СЛО? Поднятые вопросы (а их перечень безусловно более обширен) могут быть решены только после детального и целенаправленного изучения глубинного строения верхней части литосферы и верхней части доюрского основания. Такие исследования позволят дать оценку нефтегазоперспективности северных и полярных районов Западной Сибири и СЛО, выделить новые площади в осадочном чехле и объектов в доюрском основании. Именно, прежде всего с этими районами связывается пополнение запасов углеводородного сырья Западно-Сибирской нефтегазовой провинции.

Поэтому актуальной задачей является создание объемной геолого-геофизической модели верхней части литосферы, на основе которой следует выполнить тектоническое районирование исследуемой территории, оценить нефтегазоперспективность и обосновать перспективные площади (участки) и объекты для постановки детальных геолого-геофизических исследований. Это в значительной степени ускорит открытие новых месторождений УВ и тем самым снизит затраты на поисковые работы.

Масштаб исследований – 1:1000000, территория – с координатами 64°-72° с.ш., 66°-84° в.д.

О проблемных вопросах повышения эффективности геофизических и, прежде всего, глубинных сейсмических исследований

Это в основном относится к будущим исследованиям. Начать такие работы необходимо с всестороннего анализа геолого-геофизических результатов сверхглубокого бурения с учетом объемных характеристик геологической среды. Основные решаемые при этом следующие задачи: определение возможности каждого метода глубинной геофизики; корректировка прогнозных моделей, включая подзабойное пространство; проведение при необходимости целенаправленных дополнительных работ, в том числе для создания объемных геолого-геофизических моделей района сверхглубоких скважин. На этой основе выработать оптимальные технологии для глубинной геофизики. Поэтому считаем, что проводить дорогостоящие работы по методу ОГТ, как это сейчас практикуется, тем более вне прежних профилей ГСЗ, без такого анализа неэффективно.

Параллельно необходимо решить такие методические вопросы, как:

- Разработка технологии изучения дискретных сложнопостроенных и неоднородных сред, типичных для консолидированной земной коры, с использованием систем многократных перекрытий отраженных волн. Эта задача имеет важное значение и для складчатых структур горных систем.
- Выделение и картирование разломных структур и глубинных разломов кристаллической коры по комплексу сейсмических методов (МОВ, МПВ, МОВЗ) и МТЗ.
- Разработка технологии выделения и изучения промежуточных комплексов в низах осадочного слоя и земной коры с использованием отраженных и преломленных волн.
- Разработка технологии выделения и прослеживания древнего кристаллического фундамента с использованием, в основном отраженных, и обменных волн, данных по районам сверхглубокого бурения континентальной коры.
- Определение скоростных параметров нижней части земной коры и верхов верхней мантии с использованием до- и закритических отраженных волн и преломленных волн на удалении не менее 300 км от источника; одновременно выяснение возможности для этих целей многократных систем отраженных волн с увеличенными базами, по сравнению с принятыми в стандартном ОГТ.
- Выделение аномальных составляющих разреза верхней части литосферы: зон пониженных значений скорости, анизотропных толщ и изучение их свойств. Для этого необходим совместный анализ многоволновой сейсмометрии, МОВЗ и МТЗ.
- Разработка методики сейсмогравитационного моделирования в рамках разломно-блоковых моделей, приближенных к задачам глубинного геокартирования земной коры, включая создание программ моделирования таких теоретических сред.

Решение перечисленных проблемных задач позволит решить главную: повышение достоверности, полноты и детальности информации и, соответственно, повышение эффективности глубинной геофизики.

Одновременно необходимо продолжать сверхглубокое бурение для оценки реальных возможностей геофизики для задач глубинного геокартирования земной коры и связанных с ними задач теоретической и практической геологии.

Выводы

Информация о глубинном строении верхней части литосферы способствует эффективности прогнозирования поисковых работ на новых площадях и новых объектах и уменьшает затраты на проведение дорогостоящих поисково-разведочных работ. Поэтому исследования земной коры должны быть составной частью региональ-

ных работ, как обязательная и необходимая стадия научного прогнозирования.

Повышение детальности, полноты и снижение неоднозначности информации о строении земной коры является главным условием реализации отмеченного положения. Приводимые в статье рекомендации методического плана, в основном, относятся к будущим исследованиям глубинного строения.

Для решения поставленной задачи имеется значительный объем разрозненной по качеству, полноте и детальности сейсмической информации, полученной по результатам исследований второй половины XX века. Предложена методика анализа, обобщения и построения геологических и геолого-геофизических однотипных разрезов по имеющимся профилям и геотраверсам ГСЗ, МОВЗ и объемных, преимущественно, плотностных моделей. Разработана методика построения геолого-геофизических моделей верхней части литосферы на основе совокупности геолого-геофизических данных.

Литература

Брехунцов А.Н., Дружинин В.С., Колмогорова В.В., Начапкин Н.И., Нестеров И.И., Осипов В.Ю., Плесовских И.А. Глубинное строение и нефтегазоперспективность С-З части Западно-Сибирской равнины. // Мат-лы Межд. конф. геофизиков и геологов, г. Тюмень, 2007 г. CD-ROM.

Дружинин В.С. Особенности глубинного строения Западно-Сибирской плиты по Ханты-Мансийскому профилю ГСЗ // Геология и геофизика. 1983. № 4. С. 3-9.

Дружинин В.С. Тюменская сверхглубокая (СГ-6) и перспективы развития региональных геолого-геофизических исследований Западно-Сибирской нефтегазовой провинции // Сб. статей «Научное бурение в России». Пермь. 1995. Вып. 3. С. 95-97.

Дружинин В.С., Каретин Ю.С., Начапкин Н.И., Бахвалов А.Н. Использование результатов геофизических исследований на региональных профилях // Разведка и охрана недр. 2000. № 2. С. 2-6.

Дружинин В.С., Каретин Ю.С., Песковский И.Д., Кашубина Т.В., Осипов В.Ю. К вопросу об оценке эффективности подземной геофизической информации по данным бурения сверхглубоких скважин, расположенных в районе геотраверса «Гранит» // Уральский геофизический вестник. 2003. № 5. С. 24-34.

Дружинин В.С., Колмогорова В.В., Начапкин Н.И., Осипов В.Ю., Брехунцов А.Н., Нестеров И.И. (мл.), Плесовских И.А. Карта доюрских вещественных комплексов с-з части Западно-Сибирской равнины на основе объемной модели земной коры // Отечественная геология. 2009. № 1. С. 104-112.

Дружинин В.С., Начапкин Н.И., Осипов В.Ю., Брехунцов А.Н., Нестеров И.И., Плесовских И.А. Глубинное строение и перспективы нефтегазоносности зоны сочленения Урала и северо-западной части Западно-Сибирской геосинеклизы // Мат-лы Всерос. научн. конф. «Фундамент, структуры обрамления Западно-Сибирского мезо-кайнозойского осадочного бассейна, их геодинамическая эволюция и проблемы нефтегазоносности» / Тюмень-Новосибирск, 2008. С. 70-75.

Дружинин В.С., Соболев И.Д., Рыбалка В.М. Связь тектоники и магматизма с глубинным строением Среднего Урала по данным ГСЗ. М.: Недра, 1976. 157 с.

Сурков В.С., Варламов А.И., Ефимов А.С., Гришин М.П., Кузнецов В.Л., Старосельцев В.С., Лотышев В.И., Смирнов Л.В. Консолидированная кора платформенных областей Сибири // Разведка и охрана недр. 2007. № 8. С. 3-9.

К статье Дружинина В.С. и др. «Знание строения земной коры – один из факторов…»

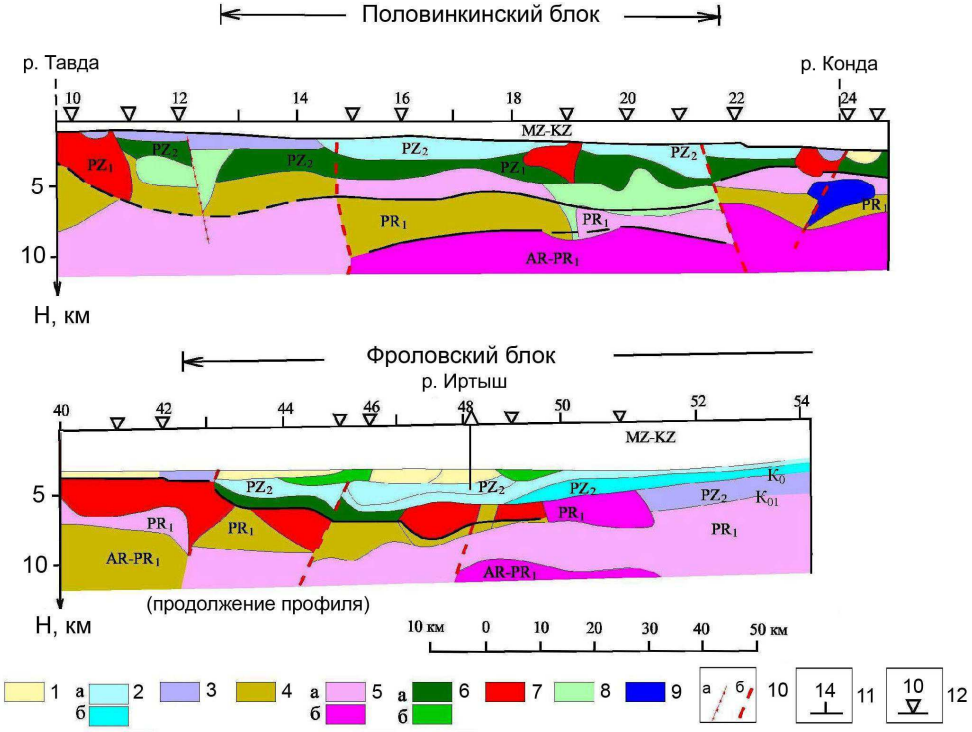

Рис. 1. Геолого-геофизический разрез верхней части коры по Ханты-Мансийскому профилю ГСЗ (Дружинин, 1983): 1 – обломочные и терригенные отложения (песчаники, сланцы) с подчиненными прослоями карбонатных и туфогенных пород, σ=2,55-2,62 г/см^3; 2 – терригенно-карбонатные (а) и карбонатные (б) породы, σ=2,65-2,7 г/см^3; 3 – метаморфический комплекс, σ=2,72-2,75 г/см^3 (иногда 2,78 г/см^3); 4 – гранито-гнейсы, гнейсы, σ=2,72-2,78 г/см^3; 5 – гнейсы и сланцы амфиболитовые, на востоке профиля возможны джеспилиты (а), амфиболиты с подчиненными им парасланцами, гранулиты (б), σ=2,8-2,85 г/см^3 и σ=2,88-2,9 г/см^3; 6 – эффузивный комплекс преимущественно основного состава (а) и кайнотипные базальты триаса (б), σ=2,8-2,9 г/см^3 и σ=2,62-2,65 г/см^3; интрузивные породы: 7 – кислого (σ=2,6-2,68 г/см^3), 8 – основного (σ=2,9-3 г/см^3), 9 – ультраосновного (ультрабазиты измененные, σ=2,85-3,05 г/см^3) состава; 10 – разрывные нарушения в верхней части земной коры (а), то же, менее уверенно (б); 11 – пикеты наблюдений; 12 – пункты взрыва

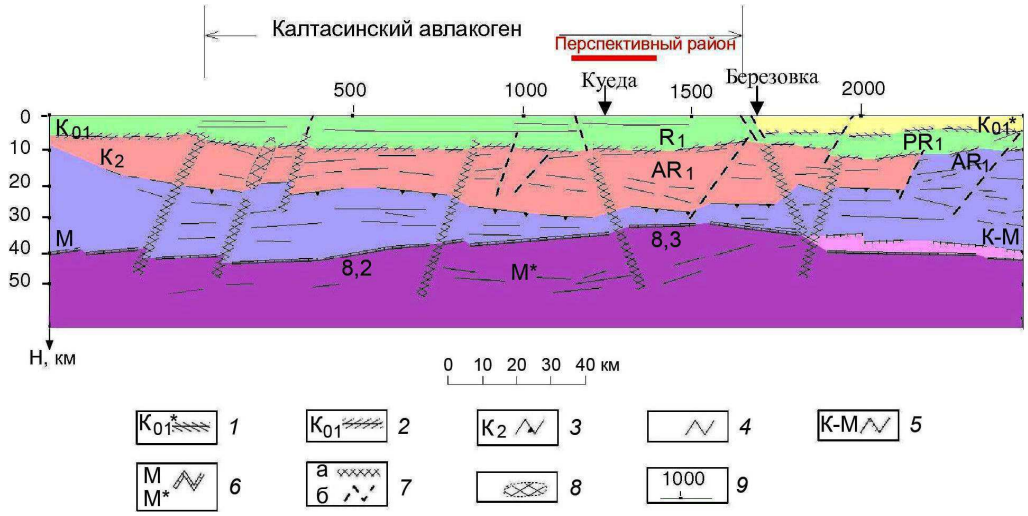

Рис. 2. Сейсмогеологический разрез по Свердловскому профилю ГСЗ по району Калтасинского авлакогена. Основные поверхности раздела (1-6): 1 – кровля нижнего мегакомплекса I СГЭ, возможно PR_1-PR_2 возраста; 2 – древний кристаллический фундамент архейского возраста; 3 – кровля III СГЭ, возможно протокоры; 4 – отражающие границы кристаллической коры; 5 – переходного мегакомплекса в низах коры; 6 – основной сейсмогеологический раздел Мохоровичича; 7 – предполагаемые разрывные нарушения: а – разделяющие, преимущественно блоки земной коры и верхней мантии, б – преимущественно в верхней и средней частях коры; 8 – контуры предполагаемых интрузивных тел; 9 – пикеты наблюдений

К статье Дружинина В.С. и др. «Знание строения земной коры – один из факторов…»

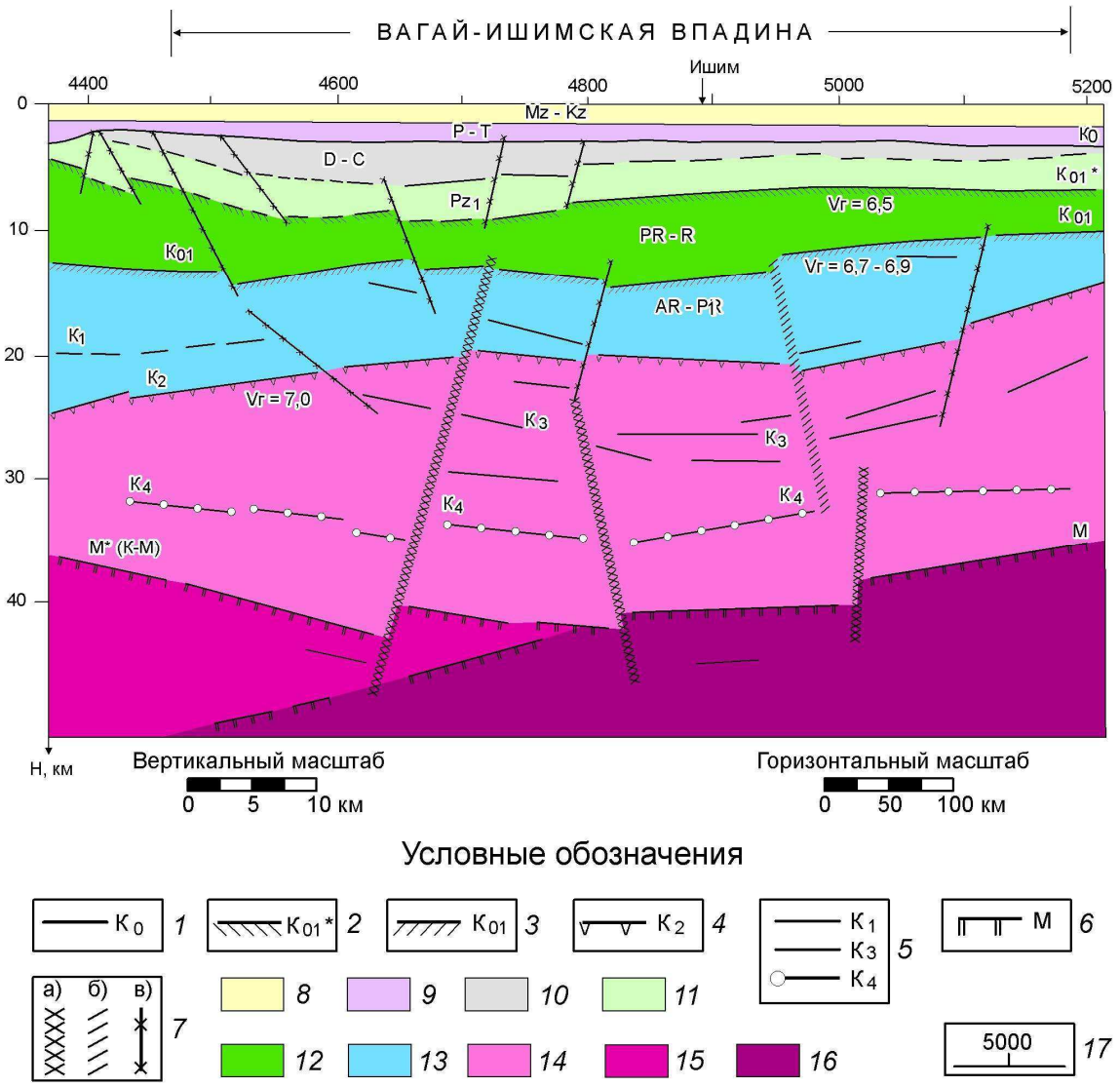

Рис. 3. Сейсмогеологический разрез по восточному окончанию Свердловского профиля, юг Западной Сибири (Дружинин, 1976): I. Основные поверхности раздела консолидированной коры: 1 – поверхность консолидированной коры (Pz_{1-2}); 2 – поверхность нижнего комплекса первого СГЭ (PR_1 – R); 3 – поверхность древнего кристаллического фундамента, подошва первого СГЭ; 4 – поверхность нижней коры - третьего сейсмогеологического этажа; 5 – промежуточные границы кристаллической коры; 6 – подошва земной коры, в западной части рисунка, возможно – поверхность переходного комплекса; II. Разломная тектоника: 7 – зоны глубинных разломов (а), возможные нарушения в кристаллической коре (б) верхней части консолидированной коры (в); III. Предполагаемый состав: 8 – осадочный мезо-кайнозойский чехол; 9 – вулканогенно-терригенные отложения P-T; 10 – вулканогенно-осадочные отложения D-C; 11 – вулканогенно-осадочные метаморфизованные отложения Pz_1; 12 – гнейсо-амфиболитовый комплекс PR–R (нижний комплекс первого СГЭ); 13 – кристаллическая кора (второй СГЭ); 14 – третий СГЭ; 15 – переходный мегакомплекс в низах кристаллической коры; 16 – верхняя мантия, 17 – пикеты профиля, км

К статье Дружинина В.С. и др. «Знание строения земной коры – один из факторов…»

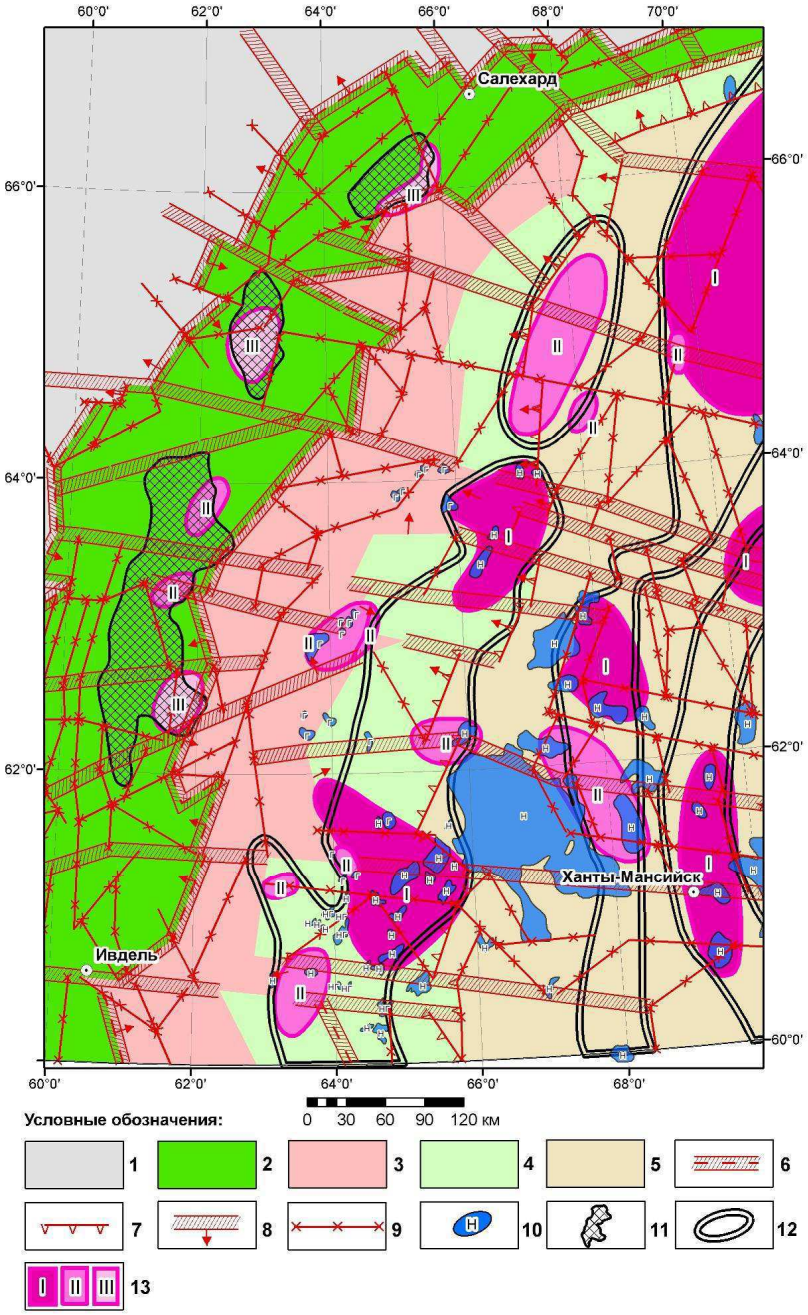

Рис. 4. Структурно-тектоническая карта строения доюрского основания (ДЮО) северо-западной части Западно-Сибирской равнины на основе глубинного строения. Контуры основных глубинных структур (мегазон и их составляющие): 1 – структура Западного Урала и Тимано-Печорской плиты; 2 – Центрально-Уральская мегазона (ЦУМЗ); Восточно-Уральская мегазона (ВУМЗ); 3 – Восточно-Уральское поднятие (ВУМЗ-1); 4 – Шеркалинский прогиб (ВУМЗ-2); 5 – Западно-Сибирская мегазона (ЗСМЗ); 6, 7 – пограничные структуры, вероятно зона глубинных разломов, ограничивающие основные глубинные структуры Урала (6) и восточная граница Уралид (7); 8 – основные субширотные дислокации; 9 – глубинные разломы в пределах мегазон и сегментов. Стрелки указывают направление падения; 10 – месторождения УВ; 11 – контуры Ляпинского МП по отражающему горизонту А; 12 – предполагаемые зоны развития отложений промежуточного комплекса; 13 – перспективные площади и участки в пределах областей, разделяющиеся по степени перспективности на три категории