

DOI: https://doi.org/10.17353/2070-5379/12_2015

УДК 551.24:553.98(470.26)

Отмас А.А. (старший), Коханова А.Н.Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский нефтяной научно-исследовательский геологоразведочный институт» (ФГУП «ВНИГРИ»), Санкт-Петербург, Россия, ins@vnigri.ru

СТРОЕНИЕ ФУНДАМЕНТА КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ В СВЯЗИ С ОЦЕНКОЙ ПЕРСПЕКТИВ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ РЕГИОНА

Охарактеризованы состав, структура и кора фундамента Калининградской области, а также его изученность глубоким бурением. Исследованы пустотное пространство пород в составе фундамента и некоторые признаки, которые могут свидетельствовать о его возможной нефтегазоносности.

Ключевые слова: кристаллический фундамент, структурно-вещественный состав, фации метаморфизма, нефтегазоносность, петрографические типы пород, поровое пространство, Калининградская область.

Введение

По мере вовлечения в освоение всё большего числа традиционных объектов поиска залежей нефти и газа, резервный фонд таких объектов объективно ухудшается. Применительно к Калининградскому региону это означает, что здесь давно не было открытий с извлекаемыми запасами нефти более 1 млн. т на 1 объект, а средние ресурсы одной подготовленной структуры на сегодняшний день составляют около 100 тыс. т. Воспроизводство запасов не компенсирует добычу. Поэтому, даже в условиях развитой инфраструктуры Калининградской области, при невысоком (0,3) среднем коэффициенте удачи бурения, поиск подобных объектов и проведение геологоразведочных работ в регионе может оказаться неэффективным. В связи с этим, все чаще встает вопрос о выборе альтернативных направлений поиска залежей углеводородов (УВ).

Одним из таких направлений может явиться изучение сланцевых формаций в регионе. Перспективы здесь связываются, в первую очередь, с нефтегазоматеринскими толщами нижнего кембрия, ордовика и нижнего силура. Выполненные исследования [Отмас, Волченкова, Богословский, 2013], показали, что остаточный нефтяной потенциал нижнесилурийских отложений Калининградского региона может составлять до 2-4 млрд. т, что, в принципе, хорошо совпадает (по нефти) с результатами исследований агентства «U.S. Energy Information Administration» в составе Министерства энергетики США, которое приводит схожие цифры по Калининградской области на май 2013 г.: 3137/164 млн. т сланцевой нефти и 566/57 млрд. м³ растворенного сланцевого газа [EIA/ARI, 2013].

Еще одним нетрадиционным направлением поисков залежей, по мнению авторов, может стать кристаллический фундамент региона и его кора выветривания.

Как известно, скопления УВ и притоки нефти и газа промышленного значения, приуроченные к породам фундамента, установлены в осадочных бассейнах различного типа на всех континентах (в Европе, Азии, Африке, Северной и Южной Америке и Австралии), за исключением Антарктиды. Всего в мире известно более 450 месторождений с промышленными скоплениями нефти, газа и конденсата в разновозрастном фундаменте 54 нефтегазоносных бассейнов. Наибольшее количество (более 60%) нефтяных и газовых месторождений, полностью или частично связанных с кристаллическим фундаментом, приурочено к гранитоидам и метаморфическим породам; при этом, 80% всех разведанных запасов нефти и газа в кристаллических магматических породах приурочено к гранитоидам и их корам выветривания. Практически все известные месторождения УВ в фундаменте расположены вблизи глубинных разломных дислокаций, часто на пересечении субширотных и долготных разломов.

К показателям возможной потенциальной нефтеносности фундамента Калининградской области, можно отнести приуроченность большинства месторождений региона к разрывным нарушениям, которые, в свою очередь, своими «корнями» уходят вглубь фундамента. На Семеновском месторождении в скважинах в керне, отобранном из пород фундамента, отмечаются открытые трещины, заполненные нефтью и битумом. Высокие коэффициенты извлечения нефти (КИН) тоже в какой-то степени свидетельствуют о возможной подпитке продуктивных горизонтов по нефтеподводящим каналам, как это объясняется в последнее время некоторыми авторами [Трофимов, Корчагин, 2002]. Наконец, сейсмические отражения в кристаллическом фундаменте также могут свидетельствовать о его неоднородности и расслоении (хотя, справедливости ради, следует отметить, что у геологов и геофизиков нет единого мнения по поводу природы этих отражений).

Все вышеизложенное явилось одной из причин изучения возможной нефтегазоносности кристаллического фундамента Калининградской области.

Изученность фундамента

Калининградская область с примыкающей к ней акваторией балтийского шельфа в тектоническом отношении приурочена к юго-восточной части Балтийской синеклизы – крупной отрицательной структуре на западе Восточно-Европейской платформы (рис. 1).

Первые обобщающие работы по изучению фундамента Прибалтики (и всей Русской платформы) были выполнены в 1958-1968 гг. в результате обработки геологических и геофизических материалов. Это позволило выявить сложное блоково-зональное строение фундамента и выделить главнейшие его структурные элементы.

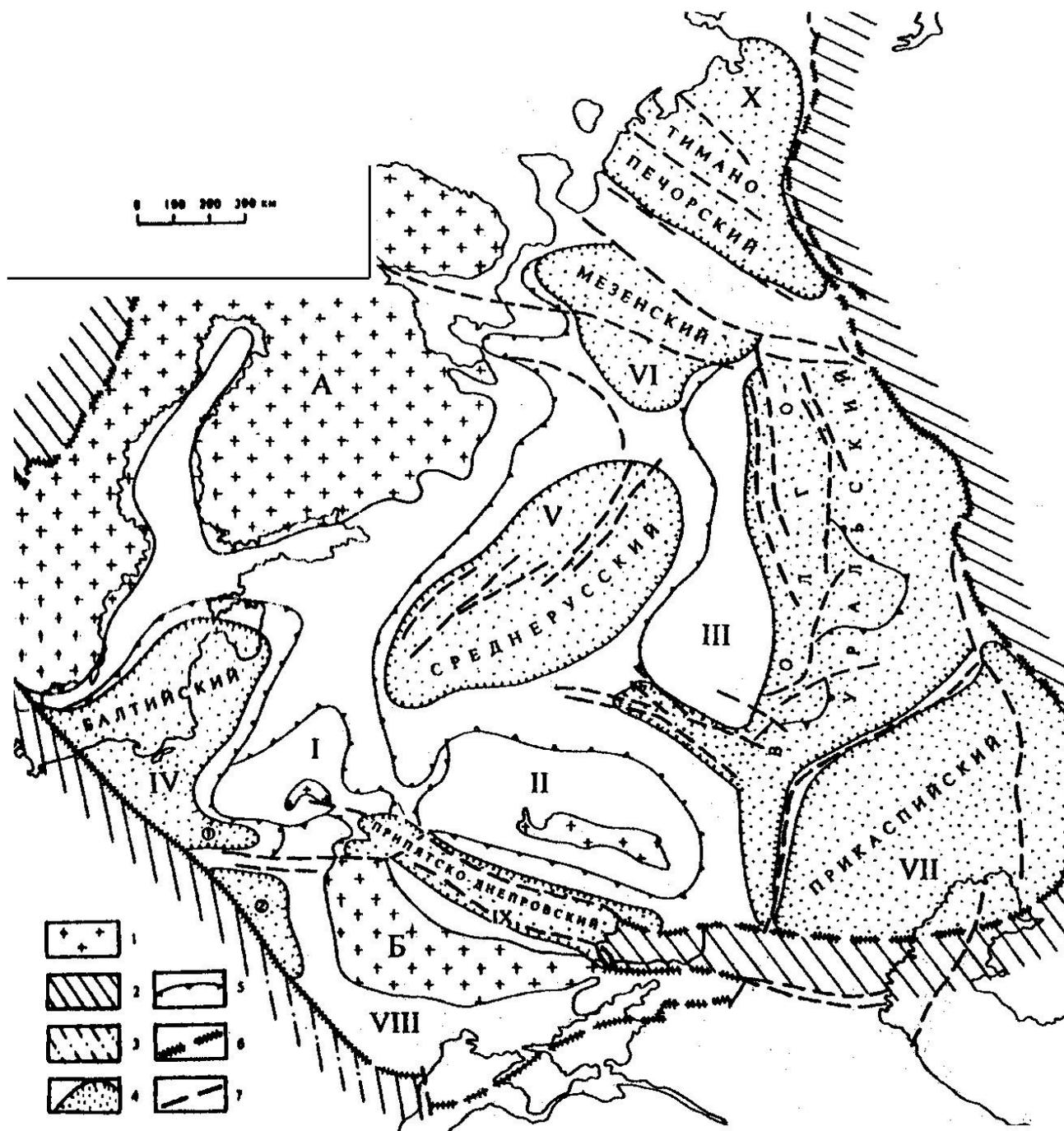


Рис. 1. Схема нефтегазогеологического и тектонического районирования Восточно-Европейской платформы (по Р.Е. Айзбергу и др., 2002)

1 – выходы фундамента на поверхность Земли (щиты: А - Балтийский, Б - Украинский); 2 - складчатые сооружения; 3 – альпийские складчатые сооружения Карпат; 4 – нефтегазоносные бассейны и их условные границы (в том числе цифрами в кружках показаны: 1 - Подляско-Брестский, 2 - Вольно-Подольский); 5 – условные контуры главных тектонических элементов платформы (антеклизы: I – Белорусская, II – Воронежская, III – Волго-Уральская; синеклизы: IV – Балтийская, V – Московская, VI – Мезенская; впадины: VII – Прикаспийская, X – Печорская, VIII – Вольно-Азовская плита, IX – Припятско-Донецкий авлакоген; 6 – границы Восточно-Европейской платформы; 7 – разломы.

В дальнейшем (О.А. Богатиков, А.П. Биркис, 1973; В.А. Пуура с соавторами, 1976) комплексно использовались результаты геолого-петрографических исследований керна скважин и интерпретации геофизических данных. Результаты вышеуказанных исследований легли в основу схемы строения кристаллического фундамента Прибалтики (рис. 2), мозаичный характер которого обусловлен, прежде всего, существованием массивов и крупных блоков различного состава и возраста, разбитых разно ориентированными разломами [Тектоника Прибалтики, 1979]. Относительно слабо в строении фундамента проявлены линейные элементы. Фундамент платформы сложен гнейсами, кристаллическими сланцами архейского возраста и прорывающими их гранитами, гранодиоритами и диоритами, возраст которых по данным К-Аг анализа определяется в пределах 1650-1200 млн. лет (протерозой) [Мещерский, Харин, Чегесов, 2003].

Позже для территории Калининградской области была составлена еще одна схема структурного районирования архейско-протерозойского фундамента (рис. 3), на которой по степени метаморфизма пород также выделяются две крупные зоны – западная с развитием преимущественно пород амфиболитовой фации и восточная с преобладанием пород гранулитовой фации регионального метаморфизма [Загородных, Довбня, Жамойда, 2001]. Для амфиболитовой фации характерны средние температуры (550-800 °С) и умеренные давления (средние в пределах 0,4÷0,8 ГПа); для гранулитовой фации - высокая температура (750-1000 °С), и умеренное давление от 0,4÷13 (ГПа) [Геологический словарь, 2002]

На вышеприведенных схемах (см. рис. 2, 3) границы зон территориального развития амфиболитовой и гранулитовой фаций не совпадают, что свидетельствует о явной недоизученности вещественного состава пород кристаллического фундамента и условности выделения указанных зон.

Кроме того, исходя из состава, представленного в основном гранитами и их разностями, и возраста (1220-1400 млн. лет) [Мещерский, Харин, Чегесов, 2003], выделяемые породы могут быть отнесены скорее не к архейским комплексам гранулитовой формации, а к преимущественно протерозойским свекофенским (?) гранитам и гранито-гнейсам с реликтами архейских или свекофенно-карельских пород.

На карте Прибалтики (см. рис. 2) эти площади выделены на крайнем северо-западе Калининградской области вдоль реки Неман по границе с Литвой; и, вероятно, эту зону следует существенно расширить в сторону Калининградской области.

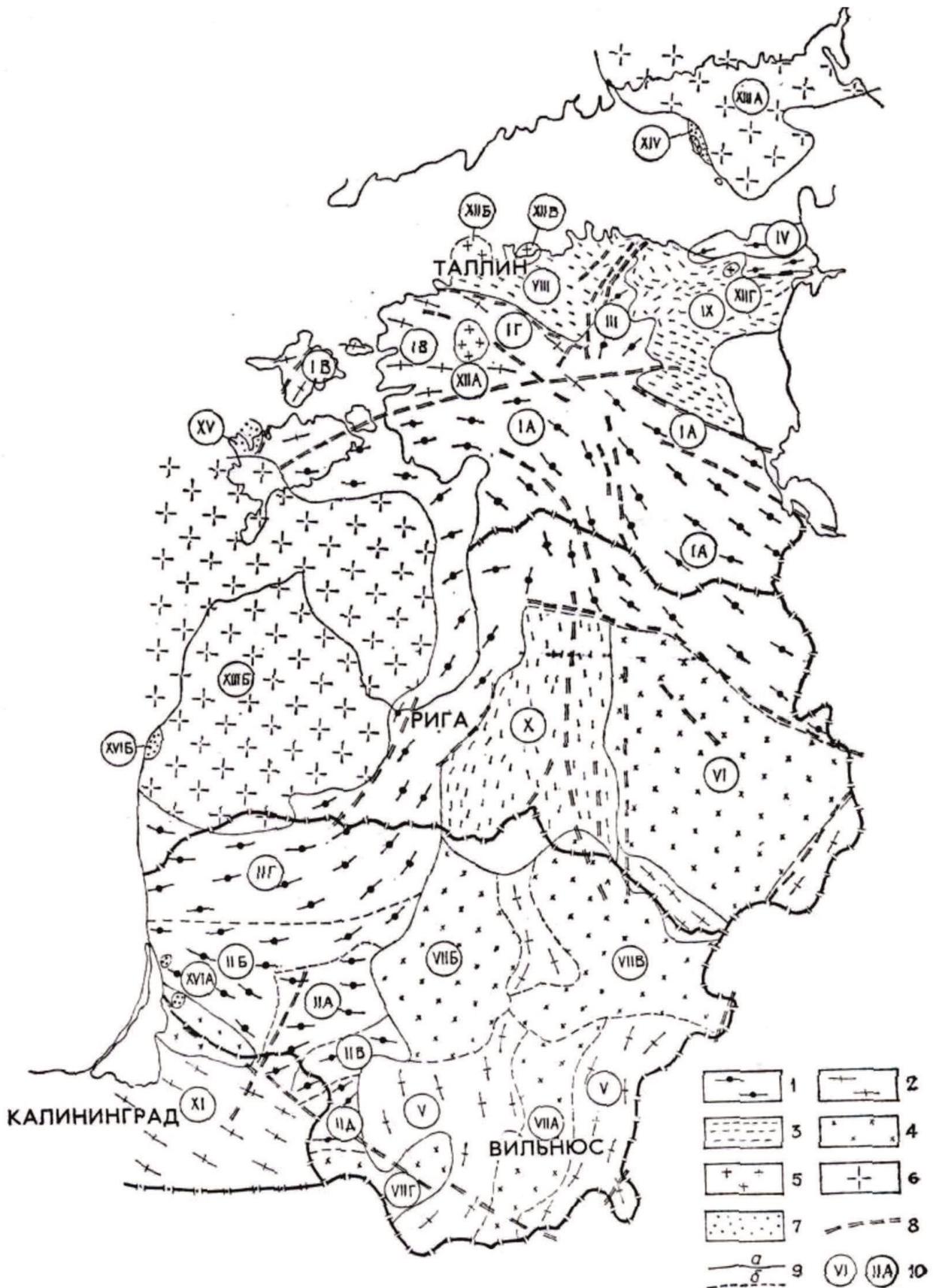


Рис. 2. Схема строения кристаллического фундамента Прибалтики
[Тектоника Прибалтики, 1979]

Усл. обозн. к рис. 2.

I - архейские комплексы пород: 1 - гранулитовой фацции. 2 - амфиболитовой фацции метаморфизма, 3 - протерозойские свекофенские и свекофенно-карельские комплексы, 4 - преимущественно протерозойские свекофенские или свекофенно-карельские граниты и гранитогнейсы с реликтами архейских или свекофенно-карельских пород, 5 - порфиридные позднесвекофенские калиевые граниты. 6 - рапакиви-граниты и анортозиты хогландия (самая верхняя часть нижнего протерозоя). 7 - вулканы (порфириты и порфиры) хогландской серии и вейвирженской толщи, в - разломы в фундаменте (геосинклинальной и раннеплатформенной эпох). 9 - геологические границы (а - между главными комплексами пород, установленные и предполагаемые, б - между участками с различным петрографическим составом); 10 - структурные районы (зоны, плутоны, массивы, блоки, участки) фундамента: I-II - архейские гнейсо-мигматитовые складчатые массивы: I - Латвийско-Эстонский: IA - блоки Южной Эстонии и Северной Латвии, IB - юго-восточный блок Патупсии-Псковской зоны. IB - блоки Западной Эстонии, I Г - северо-западный блок Патупсии-Псковской зоны, II - Западно-Литовский, участки этого массива: II 4 - Таурагский, II Б - Гаргждайский. II Г - Салантайский. III Д - Кибартский; III-V - блоки в свекофенских и свекофенно-карельских складчатых областях: III - Тапаский, IV - Йыхвиский, V - Восточно-Литовские; VI-VII - гранитогнейсовые и гранитоидные массивы: VI - Латгальский, VII - Восточно-Литовский складчатой области, ее участки: VII А - южный, VII Б - Паневежский, VII В - северо-восточный: VIII-IX - Северо-Эстонская свекофенная складчатая область: VIII - Таллинская зона; IX - Алутагуская зона; X - Инчукалнская свекофенно-карельская складчатая зона; XI - Калининградская предположительно свекофенно-карельская складчатая зона; XII - раннеплатформенные интрузивные массивы калиевых порфиридных гранитов Северной Эстонии; XII А - Марьямааский. XII Б - Найсаарский, XII В - Нээмеский, XII Г - Эредаский; XIII - раннеплатформенные плутоны рапакиви-гранитов и анортозитов: XIII Л - Выборгский. XIII Б - Рижский. XIV-XV - раннеплатформенные плутоны рапакиви-гранитов и анортозитов: XIII А - Выборгский, XIII Б - Рижский. XIV-XV - раннеплатформенные хогландские наложенные грабен-синклинали; XIV - Суурсаарская (хогландская), XV - Индварская, XVI - фрагменты наложенных раннеплатформенных структур синклинального характера Западной Литвы и Западной Латвии: XVI А - участки в Западной Литве, XVI Б - в Западной Латвии.

Помимо вышеприведенных схем (см. рис. 2, 3) в ООО «Росгеофизика» в 2011 г. была построена еще одна подробная схематическая карта вещественного состава пород фундамента Калининградской области, для составления которой использовался комплекс магнитометрических, гравиметрических и сейсморазведочных (МОГТ) данных, а основой для геологического истолкования послужили результаты бурения глубоких скважин, вскрывших породы верхней части кристаллического фундамента, результаты петрофизических исследований.

В фундаменте Калининградского региона выделены зоны (блоки) архейско-нижнепротерозойских гранитов, гранито-гнейсов, мигматитов и кристаллических сланцев, нижнепротерозойских гранитов и гранито-мигматитов, раннерифейских гранитов плагиомикроклиновых и микроклиновых, а также гранодиоритов, гранитов амфиболитовых и плагиогранитов, а также, зоны предполагаемого наложенного метасоматоза и гидротермальных изменений пород фундамента.

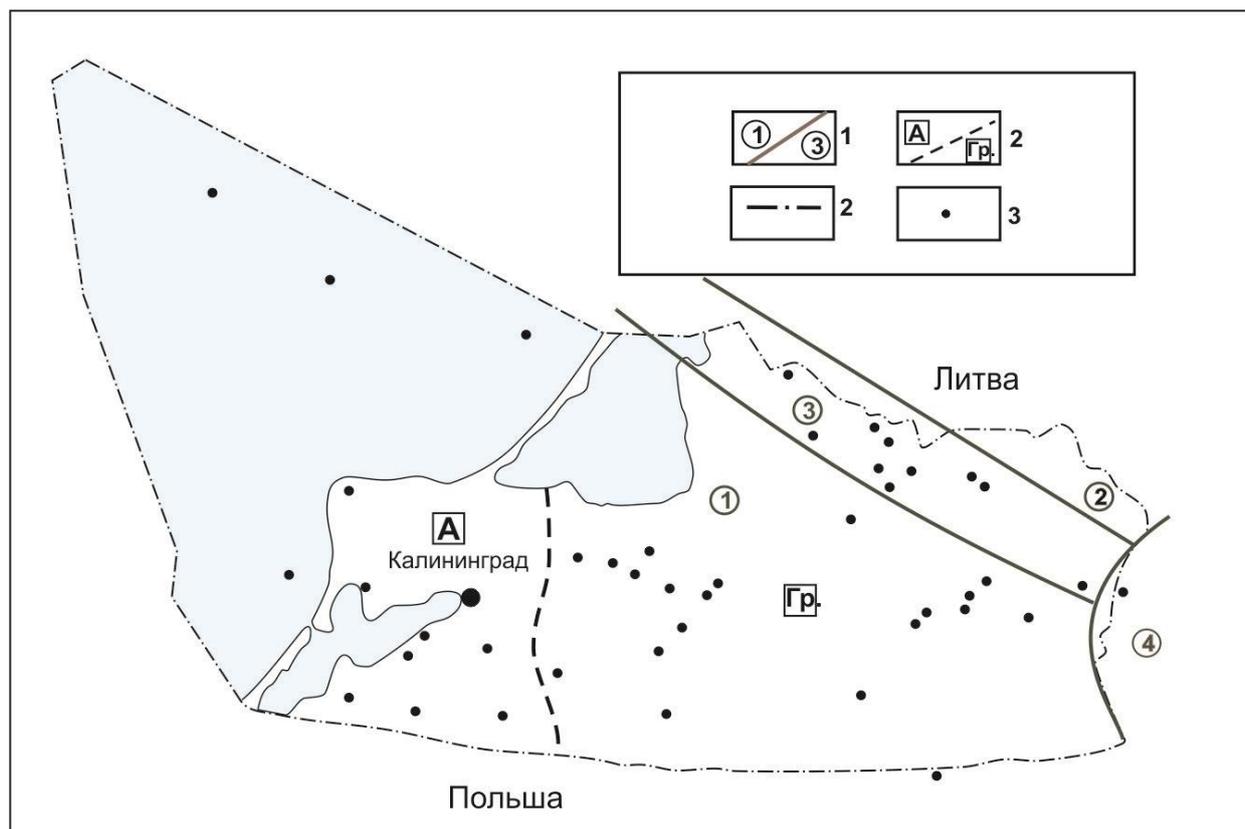


Рис. 3. Схема структурного районирования архей-протерозойского фундамента территории Калининградской области и прилегающей акватории
[Загородных, Довбня, Жамойда, 2001]

1 - границы структурных блоков и их номера на схеме: 1 - Калининградский, 2 - Неманский, 3 - Южно-Литовский, 4 - Касукасский; 2 - границы зон метаморфизма пород фундамента: Западная зона - фации амфиболитовой стадии метаморфизма; Восточная зона - гранулитовой стадии метаморфизма; 3 - скважины, вскрывшие кристаллический фундамент; 4 - граница (государственная - на суше, экономической зоны России - в акватории).

Структурно-вещественный состав пород кристаллического фундамента

На территории Калининградской области и в прилегающей акватории кристаллический фундамент вскрыт более чем 100 скважинами. В целом, наблюдается региональное погружение поверхности кристаллического фундамента и, соответственно, возрастание мощности осадочного чехла от -1429 м (скв. Восточная 1) до -3002 м (скв. Путиловская 1) с востока на запад (рис. 4). Глубина вскрытия кристаллического фундамента – до 151 м (скв. Северо-Красноборская 1) – 196 м (скв. Багратионовская 3).

На основе описания керна местными геологами, породы фундамента Калининградской области представлены преимущественно гранитами розового цвета, в основном полевошпатовыми, крупнокристаллическими плотными; в меньшей степени встречаются диориты темно-серые до черных крепкие плотные скрыто и мелкокристаллические и гранодиориты от серых, темно-серых до розовых и темно-красных крупнокристаллических плотных массивных.

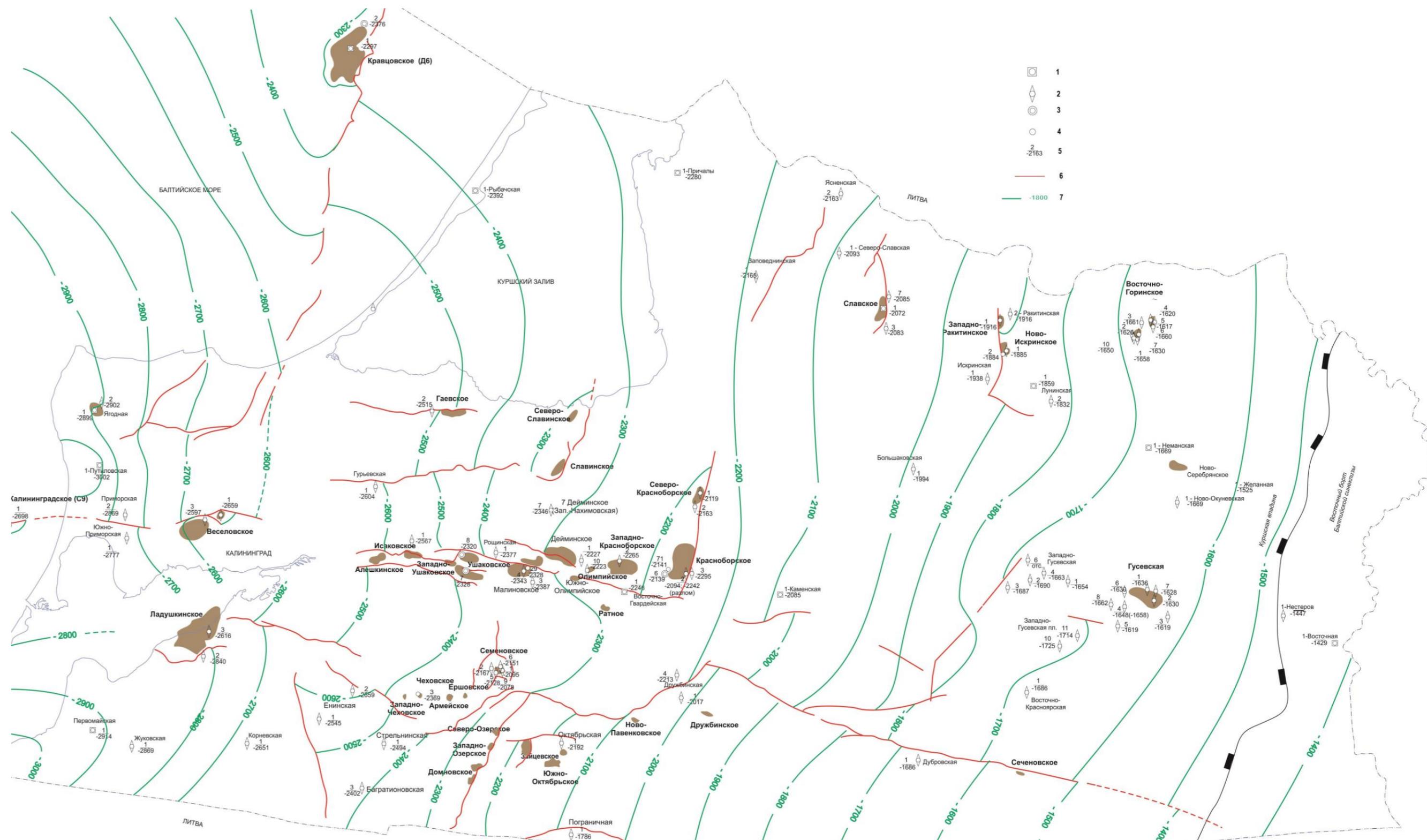


Рис. 4. Структурный план поверхности кристаллического фундамента Калининградской области по данным бурения

Скважины, вскрывшие кристаллический фундамент: 1 – параметрические, 2 – поисковые, 3 – разведочные, 4 – эксплуатационные, 5 – номер скважины / абсолютная отметка поверхности кристаллического фундамента, м, 6 – разрывные нарушения, 7 – изогипсы поверхности кристаллического фундамента.

В подчиненном количестве (в отдельных скважинах) встречаются гнейсы серые, биотит-полевошпатовые (скв. С9 1), гранито-гнейсы различных оттенков серого цвета от темно-серых до розовато-серых (скв. Восточно-Горинская 4, скв. Ладушкинская 2, скв. Кравцовская 1, скв. Семеновская 1) и гранулит плотный, крепкий мелкокристаллический темно-серый до черного (скв. Семеновская 2).

Возраст пород кристаллического фундамента Семеновского месторождения установлен калий-аргоновым методом по образцам керна, отобранного в скважинах 1 и 2. Исследования выполнены в лаборатории геохимии и геохронологии ИГЕМ РАН. Согласно полученным результатам [Мещерский, Харин, Чегесов, 2003], возраст исследованных образцов составляет 1220-1400 млн. лет, что соответствует среднему, нижнему рифею верхнего протерозоя. Это наиболее молодой по возрасту комплекс магматических пород кристаллического фундамента в Калининградской области и всей Прибалтики.

Построение схемы вещественного состава кристаллического фундамента изученной территории, выполнялось авторами на основе литологического изучения керна глубоких скважин, вскрывших породы в верхней части кристаллического фундамента.

По результатам петрографического изучения керна более 30 скважин была проведена типизация пород, слагающих фундамент изучаемого региона. Выделено 12 основных петрографических типов (ПТ) пород:

ПТ-1 – граниты, ПТ-2 – граниты микроклиновые, ПТ-3 - граниты выветрелые (измененные), ПТ-4 - граниты биотитовые, ПТ-5 - плагиограниты биотитовые, ПТ-6 - гранито-гнейсы (окварцованные), ПТ-7 - катаклазированный кордиеритовый «гранит», ПТ-8 - кварц-каолинитовая порода, ПТ-9 - кварцевые диориты, ПТ-10 – гранодиориты, ПТ-11 - гнейс силлиманит-гранатовый, ПТ-12 - двуслюдяной сланец.

Ниже приводится краткое описание выделенных типов пород.

ПТ-1 - граниты – охарактеризованы образцами керна скважин Семеновская 1 (обр. СМН-1-1, СМН-1-2), Октябрьская 1 (обр. ОК-1-1), Лунинская 2 (обр. ЛУ-2-1), Исаковская 1 (обр. ИСА-1-1).

Породообразующие компоненты: кварц (от 30 до 40%), микроклин, ортоклаз (от 8 до 25%), плагиоклаз (от 10 до 45%) биотит (от 1 до 5%), хлорит (от единичных зерен до 10-15% в скв. Семеновская 1 обр. 1, 2), карбонат (3-5% обр. СМН-1-2). Акцессорные минералы - апатит, циркон, сфен и рудный минерал - до 2%.

ПТ-2 - граниты микроклиновые - представлены породами, охарактеризованными керном скважин Большаковская 1 (обр. Б-1-1), Ягодная 1 (обр. ЯГ-1-31, ЯГ-1-30).

Типовой состав: кварц (от 25 до 35%), микроклин (от 30 до 40%), плагиоклаз (от 15 до 25%), биотит (от 1 до 5%), мусковит (от единичных зерен до 1%). Акцессорные минералы - апатит, циркон и рудный минерал - до 1%.

ПТ-3 - *граниты выветрелые (измененные)* - представлены породами, охарактеризованными керном скважин Исаковская 1 (обр. ИСА-1-2), Ладушкинская 3 (обр. Л-3-2), Семеновская 2 (СМН-2-2). Петротип характеризуется высокой степенью измененности породы - ~ 60-70% (до 80% в обр. СМН-2-2) от общего объема породы. Изменениям подверглись все породообразующие минералы за исключением кварца.

Типовой состав: кварц (от 20 до 40%), микроклин (от 20 до 25%), плагиоклаз (от 25 до 30%), биотит (от 3 до 7%), почти нацело замещенный хлоритом. Акцессорные - апатит, циркон и рудный минерал - до 1%.

ПТ-4 - *граниты биотитовые* - представлены породами, охарактеризованными керном скважин Семеновская 2 (обр. СМН-2-3, СМН-2-4), Ладушкинская 2 (обр. Л-2-6), Славская 1 (обр. СЛВ-1-27, СЛВ-1-28).

Типовой состав состоит из кварца (от 25 до 35%), полевого шпата (от 10 до 25%), плагиоклаза (от 25 до 35%), биотита (от 8 до 25%) и других цветных минералов (пироксен – 8%, амфибол – 5% только в скв. СМН-2). Акцессорные минералы (около 1-2%) представлены цирконом, апатитом, гранатом (в обр. Л-2-6).

ПТ-5 – *плаггиограниты* - представлены породами, охарактеризованными керном скв. Славская 1 (СЛВ-1-30).

Породы выделяются заметно повышенным содержанием кварца – 35-40%, кроме которого в составе породообразующих минералов выделяются калиевые полевые шпаты с преобладанием кальциево-натриевого плагиоклаза (40-50%), биотит (10-15%). Акцессорные минералы (1%) представлены цирконом, апатитом, гранатом. Рудный минерал представлен пиритом.

ПТ-6 - *гранито-гнейсы (окварцованные)* – охарактеризованы керном скв. Веселовская 3 (обр. ВСЛ-3-1).

Основная масса породы сложена кварцем (35-45%), микроклином (8-10%), плагиоклазом (20-30%), биотитом (10-15%). Среди акцессорных минералов отмечаются циркон, апатит (< 1%). Рудный минерал (< 1%) представлен пиритом.

ПТ-7 - *катаклазированный кордиеритовый «гранит»* - отмечен в породах фундамента в скв. Восточно-Гвардейская 1 (обр. ВГВ-1-1).

Порода сложена, главным образом, кварцем (35-40%), плагиоклазом (20-25%), микроклином (12-17%), кордиеритом (10-12%), биотитом (3-5%). Среди акцессорных минералов отмечаются циркон (< 1%). Рудный минерал (2-3%) представлен пиритом.

ПТ-8 - *кварц-каолининовая порода* – характеризует зону выветривания (кору выветривания) пород фундамента, вскрытую скв. Семеновская 2 (обр. СМН-2-1).

Порода полностью измененная, выветрелая. Степень измененности достигает 70-80% от общего объема породы. Изменениям подверглись породообразующие минералы - полевые шпаты, за исключением кварца. Среди них выделяется, каолинизация, карбонатизация. Порода состоит из обломков кварца (20-25%), глинистый материал (каолинит) – 65-70%, карбонат около 5%.

ПТ-9 - *кварцевые диориты* - представлены породами, охарактеризованными керном скважин Дубровская 1 (обр. ДБР-1-1), Семеновская 1 (обр. СМН-1-3).

Типовой состав: кварц (от 10 до 15%), плагиоклаз (от 30 до 40%), полевой шпат (от 0 до 20%), биотит (от 8 до 20%). Другие темноклетчатые минералы представлены амфиболом (от 20 до 25%) в обр. ДБР-1-1 и пироксеном (от 10 до 15%) в обр. СМН-1-3. Акцессорные минералы - циркон, апатит и рудный минерал - около 2-3%.

ПТ-10 – *гранодиориты* – охарактеризованы образцами керна скважины Семеновская 1 (обр. СМН-1-4, СМН-1-5, СМН-1-6).

Минеральный состав: кварц (от 10 до 25%), плагиоклаз (от 15 до 35%) биотит (от 5 до 10%), полевой шпат (от 17 до 25%), хлорит (от 1 до 15%, максимальное значение в обр. СМН-1-4), амфибол (от 10 до 15%, представлен только в обр. СМН-1-5), карбонат (от 12 до 17% в обр. СМН-1-6). Акцессорные минералы - циркон, сфен, апатит и рудный минерал - около 1-2%.

ПТ-11 - *гнейсы силлиманит-гранатовые* – охарактеризован образцами пород фундамента, вскрытых скважинами Восточно-Горинская 7 (обр. ВГР-7-2, ВГР-7-3), Восточно-Горинская 8 (обр. ВГР-8-1, ВГР-8-2, ВГР-8-3), Восточно-Горинская 13 (обр. ВГР-13-1, ВГР-13-2).

Основной состав: кварц (от 30 до 60%), плагиоклаз (от 2 до 10%), биотит (от 3 до 15%), силлиманит (от 5 до 25%), кордиерит (от 3 до 10%), гранат (от 8 до 30%). Акцессорные минералы - циркон и рудный минерал - до 1%.

ПТ-12 - *двуслюдяные сланцы* - представлен породами, охарактеризованными керном скв. Восточно-Горинская 4 (обр. ВГР-4-1, ВГР-4-4).

Породы состоят из вытянутых пластинок биотита (50-55%), мусковита (35-40%) и серпентина, а также небольшого количества мелких зернышек кварца и полевого шпата, примерно 5-8%. Также в основной массе находится параллельно-волокнистый и параллельно-шестоватый серпентин, который обволакивает зерна мусковита и биотита.

Поскольку на данной стадии исследований такая детальная типизация пород выглядит несколько усложненной, то для более простого восприятия вещественного состава

фундамента все петрографические типы предлагается упростить до четырех основных групп (ПГ):

- гранит (разной степени измененности и состава);
- диорит (гранодиорит);
- гнейс;
- двуслюдяной сланец.

В табл. 1 показаны выделенные типы и подтипы пород кристаллического фундамента, а также приводятся площади, где были вскрыты данные породы.

Петрографические группы легли в основу схемы вещественного состава пород кристаллического фундамента территории Калининградской области. Там, где детальные петрографические исследования авторами не проводились, результаты аппроксимировались описанием керн местными геологами при бурении глубоких скважин и внесения определенных поправок с учетом выделенных типов и подтипов пород.

На приведенной схеме (рис. 5) кровля кристаллического фундамента изучаемого региона на глубинах ее вскрытия до 150-200 м представлена преимущественно гранитами.

Граниты фрагментарно переходят в диориты и гранодиориты, что вполне естественно для кислых магматических пород (увеличивается содержание темноцветных минералов до 20%).

За счет увеличения темноцветных минералов (амфибола, пироксена, биотита до 25-30%) и присутствия минералов-индикаторов (кордиерит до 12% в скв. Восточно-Гвардейской) породы переходят в стадию амфиболитовой фации метаморфизма. Эти породы немногочисленны и мозаично распределяются по всей исследуемой территории.

В северо-восточной части Калининградской области в пределах горинской ступени получают развитие гнейсы и двуслюдяные сланцы. Эти породы можно отнести к гранулитовой фации метаморфизма с типовым составом: кварц (от 0 до 50%), плагиоклаз (от 0 до 10%), биотит (от 3 до 55%), мусковит (от 0 до 40%) и минералами-индикаторами – силлиманит (до 25%), кордиерит (3-10%) и гранат (от 8 до 30%). Таким образом, построенная авторами схема вещественного состава кристаллического фундамента (см. рис. 5) в границах распространения гранулитовой и амфиболитовой фаций более согласуется со схемой фундамента Прибалтики 1979 г. (см. рис. 2), нежели с поздней схемой 2002 г. (В.А. Загородных с соавторами) (см. рис. 3).

Таблица 1

Петрографические типы пород в скважинах

Номер п/п ПТ	Название породы		Петрографическая группа (ПГ)	Скважина (площадь)
1	Граниты		1	Семеновская 1, Октябрьская 1, Лунинская 2, Искринская 1, Восточная 1 Восточно-Красноярская 1, Северо-Красноборская 1, 2, Малиновское 4, Жуковская 1, Желанная 1,
2	Граниты микроклиновые			Большаковская 1, Ягодная 1,
3	Граниты выветрелые (измененные)			Семеновская 2, Исаковская 1, Ладушкинская 3,
4	Граниты биотитовые			Семеновская 2, Ладушкинская 2, Славская 1,
5	Плагиогранит биотитовый			Славская 1
6	Гранито-гнейс (окварцованный)			Веселовское 3
7	Катаклазированный кордиеритовый «гранит»			Восточно-Гвардейская 1
8	Кварц-каолининовая порода			Семеновская 2
9	Кварцевый диорит		2	Семеновская 1, Дубровская 1,
10	Гранодиориты			Искринская 1, Дейминское 10
11	Гнейс силлиманит-гранатовый		3	Восточно-Горинская 8, 7, 13,
12	Двуслюдяной сланец		4	Восточно-Горинская 4

Структура пустотного пространства

Породы кристаллического фундамента в регионе никогда ранее не рассматривались с точки зрения перспектив нефтегазоносности. Поэтому, опробование и испытание их

специально не проводились. Известны лишь три случая (Гусевская, Западно-Гусевская и Семеновская площади), когда были испытаны породы фундамента, причем во всех случаях – вместе с отложениями вышезалегающих стратиграфических уровней (кембрия и ордовика). Интервалы опробования (испытания) при этом составляли от 30 м до 100 м и более. В двух случаях была получена вода, в одном объект оказался «сухой».

Как показывают исследования, фундамент платформы сложен гранитами (разной степени выветрелости и состава), диоритами (гранодиоритами), гнейсами и сланцами.

Кислые породы (такие как граниты, гранодиориты) характеризуются «максимальной пустотностью» среди интрузивных магматических пород, и пустотность «убывает» (трещины залечиваются, «закупориваются») в средних породах (диоритах). Это объясняется благоприятным минеральным составом, контролирующим особенности вторичных изменений кислых пород под воздействием гипергенных и гидротермальных процессов с образованием вторичной пустотности. Кварц и, в меньшей степени, калиевый полевой шпат отличаются устойчивостью к гидротермальным изменениям породы, в то время как плагиоклазы, наоборот, наименее устойчивы и легко замещаются кальцитом, серицитом, глинистыми минералами.

В породах кристаллического фундамента в различной степени проявлены вторичные процессы, которые влияют на формирование пустотного пространства изучаемых отложений, такие как пелитизация, карбонатизация, серицитизация, хлоритизация, каолинитизация, окварцевание. Все эти процессы отрицательно сказываются на ФЕС отложений, так как приводят к закупориванию пустотного пространства.

Например, в скв. Семеновская 2, в интервале 2211,0-2211,50 м степень изменчивости пород более 70%. Изменению подверглись все породообразующие компоненты, за исключением кварца. Пустотное пространство частично, участками полностью занято карбонатом и каолинитом (рис. 6).

Пелитизация, как процесс замещения зерен полевых шпатов полностью или частично глинистыми частицами, отмечается для всех выделенных типов пород, проявляясь с разной степенью интенсивности. Также, почти для всех описанных пород характерна серицитизация (замещение зерен полевого шпата, особенно плагиоклазов, тонкодисперсными калиевыми гидрослюдами).

Карбонатизация – процесс изменения горной породы, приводящий к образованию в них карбонатов, проявляется в меньшей степени.

Для пород фундамента Калининградской области характерны преимущественно гипидиоморфные структуры с элементами пегматитовой и графической. Текстуры массивные.

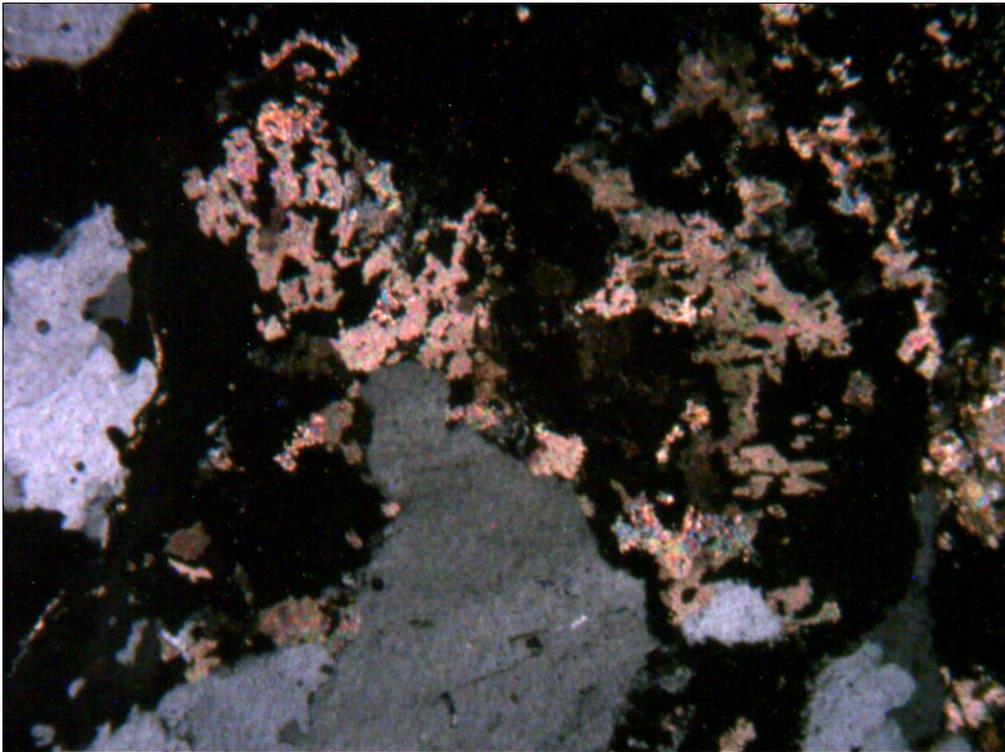


Рис. 6. Скв. Семеновская 2. Гранит выветрелый (зона выветривания). Структура породы псаммопелитовая. Текстура массивная. Увеличение 40^x

Отмечаются, также и следы воздействия положительных процессов, способствующих развитию емкости пород, такие как трещиноватость (кварц трещиноватый, рассечен преимущественно однонаправленными, редко извилистыми трещинами). Трещиноватость в кварце, скорее всего, из-за направленного давления, которому подверглись породы (рис. 7). Более интенсивная трещиноватость отмечена в породах скв. Славская 1 в интервале глубин 2069,5-2079,9 м с открытой пористостью до 8-10% (рис. 8). Породы представлены гранитом биотитовым, слабо измененным с неравномернозернистой структурой и гнейсовидной текстурой.

По замерам в шлифах раскрытия и длины трещин, производился подсчет параметров трещиноватости по формулам, разработанным во ВНИГРИ [Методическое руководство..., 2009]. Трещинная проницаемость составляет от 2,3 до 34,2 мД, раскрытие трещин колеблется от 0,005 до 0,4 мм. Открытая пористость в отдельных случаях достигает 8-10%, размер пор колеблется от 0,05 до 0,2 мм.

По 12 образцам из скважин Семеновской, Восточно-Горинской, Дейминской, Малиновской, Восточной, Большаковской, Исаковской, Северо-Красноборской и Ягодной площадей, проведены петрофизические исследования. В образцах подсчитывались данные ФЕС: параметры пористости (%), проницаемости (мД), объемный вес (г/см³) и минеральная

плотность (г/см^3). Большая часть образцов имеют значения пористости меньше 1%, лишь в скважинах Семеновская 2 и Семеновская 3 пористость 5,55 и 1,89% соответственно.

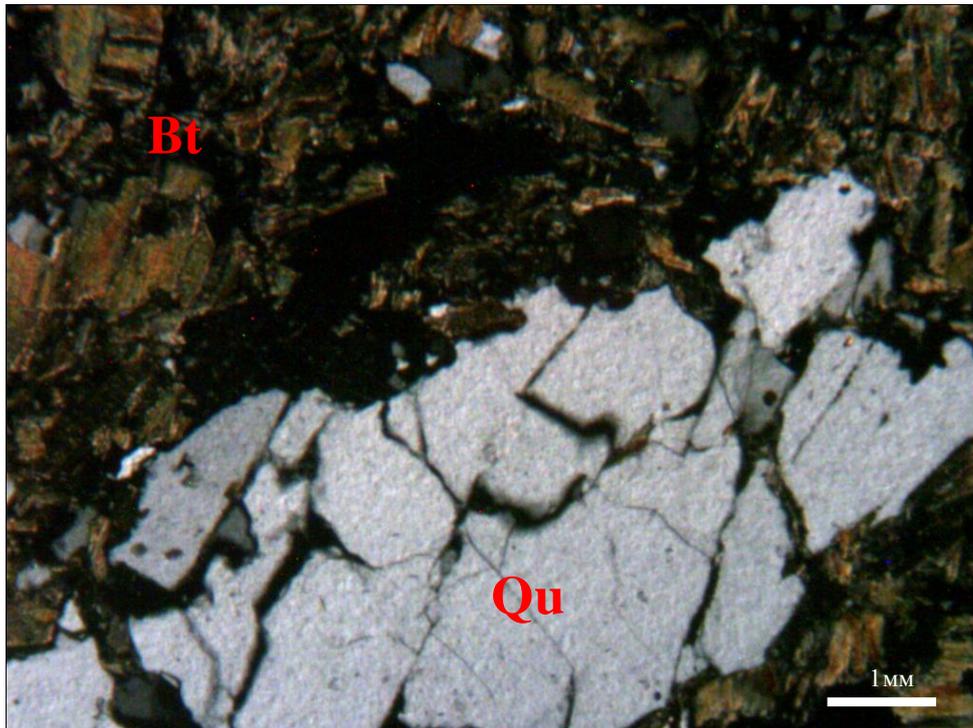


Рис. 7. Скв. Славская 1. Гранит биотитовый слабо выветрелый, трещиноватый и с открытыми порами (8-10%). Структура породы неравномернoзернистая. Текстура гнейсовидная. Увеличение 40^x

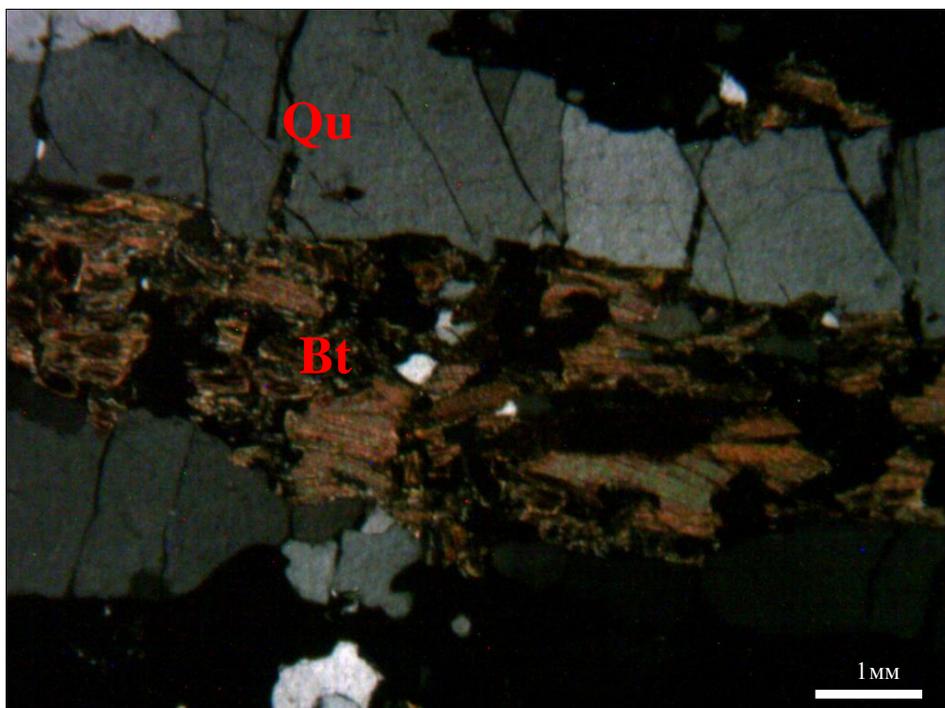


Рис. 8. Скв. Славская 1. Гранит биотитовый слабо выветрелый, трещиноватый и с открытыми порами (8-10%). Структура породы неравномернoзернистая. Текстура гнейсовидная. Увеличение 40^x

Анализируя полученные данные о коллекторских свойствах пород можно сделать вывод, что фундамент сложен гранитами (разной степени выветрелости и состава), диоритами (гранодиоритами), гнейсами и сланцами преимущественно плотными и непроницаемыми. Вместе с тем, наблюдаемая трещиноватость в породах фундамента может в какой-то мере свидетельствовать о возможности выделения корректоров трещинного типа.

По результатам интерпретации ГИС, выполненным по методике ИНГЕФ по скв. Семеновская 1, коллекторов в породах кристаллического фундамента в традиционном понимании не выделяется. Сопоставление разноглубинных кривых эффективного сопротивления, полученных расчетным путем по БКЗ, указывает на некоторую подвижность флюида, свойственную трещинным породам. Общая пористость составляет 5,4%, эффективная – 4,9%. Характер насыщения не ясен.

Кора выветривания

Кора выветривания кристаллического фундамента в Калининградской области до последнего времени специально не изучалась. Она фиксировалась местными геологами, как по данным ГИС, так и при описании керн скважин (Гусевские 6, 8; Ладушкинские 2, 3; Семеновские 2, 9/2; Ягодная 1).

В ходе работы авторами были отмечены разной степени выветрелые породы (граниты, диориты, гнейсы, гранулиты) кристаллического фундамента в скважинах Восточно-Горинская 4; Гусевские 3, 5, 7; Дейминская 1; Красноборские 2, 3; Малиновская 4; Семеновская 4. Мощность коры выветривания незначительна – 1-2 м, редко больше (до 6 м в скв. Красноборская 2). На Семеновской площади, где кора выветривания вскрыта всеми пробуренными скважинами (за исключением скважин 4 и 9), мощность ее достигает 10,1 м. Предполагается, что кора выветривания будет выделяться и в других скважинах.

Возраст коры выветривания на Семеновской площади 1400-1200 млн. лет [Мещерский, Харин, Чегесов, 2003]. Проявление коры выветривания отмечены также на гранитах, плагиогранитах и гнейсах, возраст которых определяется в пределах 1410-1530 млн. лет [Загородных, Довбня, Жамойда, 2001].

Трещинные выветрелые породы субстрата и коры выветривания, согласно [Мещерский, Харин, Чегесов, 2003], могут быть коллекторами УВ, что следует учитывать при нефтепоисковых работах в Калининградской области.

Перспективные направления и объекты для дальнейших исследований

Исходя из структурно-вещественного состава пород кристаллического фундамента Калининградской области, а также учитывая мировой опыт изучения и освоения залежей УВ в докембрийском фундаменте, участками для поиска нефтегазоносных объектов фундамента региона могут быть:

1. Выступы (останцы) кристаллического фундамента (в первую очередь, гранитоидного состава), примыкающие к кембрийскому продуктивному комплексу.
2. Структурные ловушки коры выветривания, мощность которых не может превышать 5-10 м, поскольку в изученных разрезах кора выветривания маломощна.
3. Возможные зоны разуплотнения в кристаллическом фундаменте (преимущественно трещинного типа), которые могут развиваться вдоль разломов (вертикальных или наклонных) или при дилатансионном разуплотнении.

Коллекторами могут быть породы фундамента неизменные либо слабо измененные, трещиноватые. Их можно отнести к низкопоровым, трещинным или трещино-поровым коллекторам низкого класса.

Таким образом, результаты проведенных исследований, показывают, что залежи нефти в породах кристаллического фундамента Калининградской области потенциально возможны, но их размеры, емкостные свойства и запасы будут незначительными.

Литература

Геологический словарь (в трех томах). - СПб.: Изд. ВСЕГЕИ, 2010.

Загородных В.А., Довбня А.В., Жамойда В.А. Стратиграфия Калининградского региона. МПР РФ, Департамент природных ресурсов по Северо-Западному региону. - Калининград, 2001. – 226 с.

Методическое руководство по литолого-петрографическому и петрохимическому изучению осадочных пород-коллекторов / Л.П. Гмид, Л.Г. Белоновская, Т.Д. Шибина, Н.С. Окнова, А.В. Ивановская; под ред. А.М. Жаркова. - СПб.: ВНИГРИ, 2009. – 160 с.

Мещерский А.А., Харин Г.С., Чегесов В.К. Докембрийская кора выветривания кристаллического фундамента в Калининградской области // Литология и полезные ископаемые. РАН. - 2003. - №1. - С.58-65.

Отмас А.А. (старший), Волченкова Т.Б., Богословский С.А. Глинистые толщи силура в Калининградской области как возможный объект поиска углеводородного сырья // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2013. - Т.8. - №3. – http://www.ngtp.ru/rub/4/30_2013.pdf. DOI: https://doi.org/10.17353/2070-5379/30_2013

Тектоника Прибалтики. - Вильнюс: «Мокслас», 1979 – 92 с.

Трофимов В.А., Корчагин В.И. Нефтеподводящие каналы: пространственное положение, методы обнаружения и способы их активизации // Георесурсы. – 2002. - №1.

EIA/ARI World Shale Gas and Shale Oil Resource Assessment. (дата доступа 17.05.2013). - www.eia.gov/analysis/.../pdf/chaptersviii_xiii.pdf.

Otmas A.A. (Senior), Kokhanova A.N.

All-Russia Petroleum Research Exploration Institute (VNIGRI), St. Petersburg, Russia, ins@vnigri.ru

STRUCTURE OF THE BASEMENT OF KALININGRAD REGION AND THE EVALUATION PETROLEUM POTENTIAL PROSPECTS

The composition, structure and crust of the basement of the Kaliningrad region, as well as the level of study by deep drilling are characterized. The void space of the rocks in the composition of the basement and some signs that could indicate its possible petroleum potential are investigated.

Keywords: *crystalline basement, structural and material composition, facies of metamorphism, petroleum potential, petrographic types of rock, pore space, Kaliningrad region.*

References

EIA/ARI World Shale Gas and Shale Oil Resource Assessment. (retrieved 17.05.2013). - www.eia.gov/analysis/.../pdf/chaptersviii_xiii.pdf.

Geologicheskii slovar' (v trekh tomakh) [Geology Dictionary (in three volumes)]. Saint Petersburg: VSEGEI, 2010.

Meshcherskiy A.A., Kharin G.S., Chegesov V.K. *Dokembriyskaya kora vyvetrivaniya kristallicheskogo fundamenta v Kaliningradskoy oblasti* [Precambrian crust of weathering of the crystalline basement in the Kaliningrad region]. *Litologiya i poleznye iskopaemye*. RAN, 2003, no. 1, p. 58-65.

Metodicheskoe rukovodstvo po litologo-petrograficheskomu i petrokhimicheskomu izucheniyu osadochnykh porod-kollektorov [Toolkit for lithological and petrographic and petrochemical study of sedimentary reservoir rocks]. L.P. Gmid, L.G. Belonovskaya, T.D. Shibina, N.S. Oknova, A.V. Ivanovskaya; Editor A.M. Zharkov. Saint Petersburg: VNIGRI, 2009, 160 p.

Otmas A.A. (Senior), Volchenkova T.B., Bogoslovskiy S.A. *Glinistye tolshchi silura v Kaliningradskoy oblasti kak vozmozhnyy ob'ekt poiska uglevodorodnogo syr'ya* [Silurian clayey strata in the Kaliningrad region as a possible object of search of hydrocarbons]. *Neftegazovaya geologiya. Teoriya i praktika*, 2013, vol. 8, no. 3, available at: http://www.ngtp.ru/rub/4/30_2013.pdf. DOI: https://doi.org/10.17353/2070-5379/30_2013

Tektonika Pribaltiki [Tectonics of the Baltic]. Vil'nyus: «Mokslas», 1979, 92 p.

Trofimov V.A., Korchagin V.I. *Neftepodvodyashchie kanaly: prostranstvennoe polozhenie, metody obnaruzheniya i sposoby ikh aktivizatsii* [Oil flow channels: spatial position, detection methods and ways to activate]. *Georesursy*, 2002, no. 1.

Zagorodnykh V.A., Dovbnaya A.V., Zhamoyda V.A. *Stratigrafiya Kaliningradskogo regiona* [Stratigraphy of the Kaliningrad region]. MNR, Department of Natural Resources in the Northwest region. - Kaliningrad, 2001, 226 p.

© Отмас А.А. (старший), Коханова А.Н., 2015