

УДК 552.32+553.982(261.24)

## БАЗИТОВЫЕ ИНТРУЗИИ И УГЛЕВОДОРОДНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ БАЛТИКИ

© 2014 г. Г. С. Харин, Д. В. Ерошенко

*Атлантическое отделение Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Калининград*

*e-mail: kharin@atlas.baltnet.ru*

Поступила в редакцию 20.02.2012 г.

Палеозойские отложения Калининградской области и прилегающей юго-восточной части Балтийского моря сравнительно недавно стали объектами промышленной разработки углеводородов. Мелкие размеры локальных продуктивных структур, их ограниченное число и небольшие запасы нефти в наземной части области послужили причинами как падения добычи углеводородов, так и сильного сокращения объемов поисково-разведочных работ. Вместе с тем, по данным Института океанологии РАН и других организаций, акватория Юго-Восточной Балтики является перспективной на углеводороды и обладает значительным количеством не оцененных локальных структур. Однако, положение осложняется тем, что здесь недавно были выявлены большие поля магматических интрузивных базитовых пород — диабазов, секущих перспективные нефтегазоносные палеозойские отложения. Это обстоятельство может иметь как положительное, так и отрицательное значения при оценке углеводородного потенциала, которые следует учитывать при поисково-разведочных работах и при разработке залежей нефти. В статье приводится анализ данных о распространении, площадях, возрасте, составе, объемах базитовых интрузий, условиях их залегания и возможных воздействиях на углеводородный потенциал Юго-Восточной Балтики.

DOI: 10.7868/S0030157414020117

### ВВЕДЕНИЕ

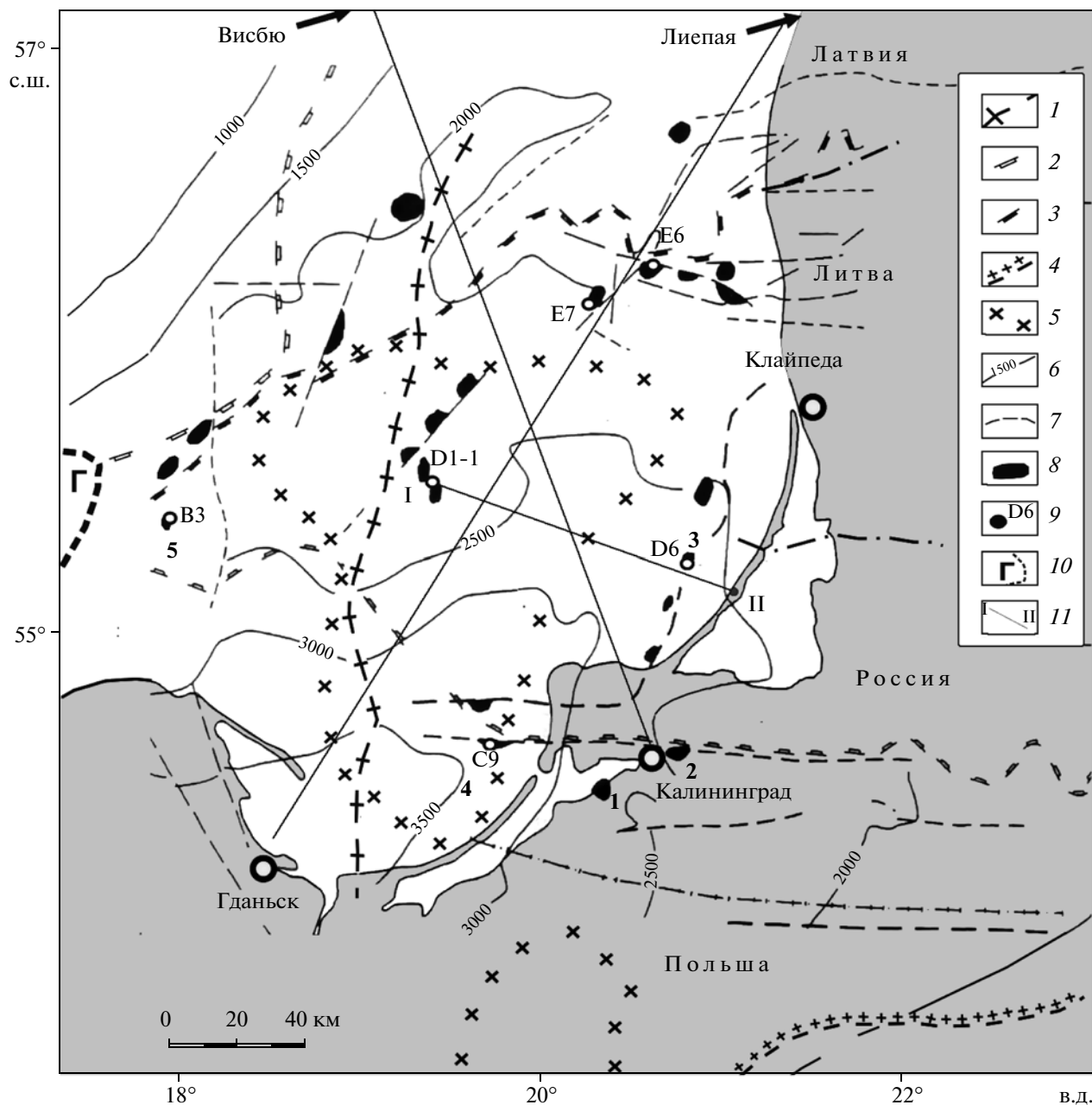
Геологическое картирование и прогнозная оценка перспектив нефтегазоносности дна Балтийского моря в целом были завершены в 60–80-х годах прошлого столетия до раздела Балтики на экономические зоны. Составленный геологами Советского Союза комплект геологических карт Балтийского моря 1 : 500 000 масштаба [5], изданный в 1990 г., является последним официальным документом, который позволяет судить о геологическом строении и перспективах нефтегазоносности большей части акватории моря. После раздела Балтики каждая прибалтийская страна проводит самостоятельную политику по углубленному изучению геологии и перспектив нефтегазоносности в пределах своих экономических зон.

Наиболее значимая часть месторождений и проявлений углеводородов Калининградской области РФ, Литвы, Латвии, Эстонии находятся в пределах Балтийской синеклизы — самой крупной геологической структуры Балтийского моря и Прибалтики. Геолого-геофизическая изученность наземной части этой структуры достаточно хорошая, чего нельзя сказать об ее акваториальной части.

Проведенные в 1972–1976 гг. на акватории Центральной Балтики работы [2] позволили выявить, что самые перспективные нефтегазоносные площади находятся в юго-восточной части моря и связаны с нижнепалеозойскими отложе-

ниями наиболее глубоко погруженных участков восточного крыла и оси Балтийской синеклизы. Позже (в 1983 г.) при бурении поисково-параметрических скважин С8-1, С7-1, D1-1, пройденных совместной организацией СЭВ “Петробалтик” с целью идентификации сейсмических аномалий, ошибочно принятых за потенциально нефтегазоносные силурийские рифы, были открыты интрузивные тела диабазов [1, 16, 17, 19]. Данные сейсмо-разведки МОГТ и гидромагнитных съемок позволили оконтурить площади развития базитовых интрузий, совокупные размеры которых оказались настолько большими, что они более чем наполовину перекрыли площади перспективных нефтегазоносных отложений, выделенных ранее (рис. 1).

Базитовые интрузии образовались из высокотемпературной магмы, которая, внедряясь в продуктивные толщи, могла, как разрушать нефтяные и газовые залежи, так и способствовать генерации углеводородов, изменять коллекторские свойства вмещающих отложений, производить метаморфизацию рассеянного органического вещества. Учитывая эти обстоятельства, в настоящей статье преследуется цель дать характеристику базитовых тел, провести анализ данных о закономерностях их распространения, становления и залегания, определить характер возможных воздействий на продуктивные нефтегазовые отложения и миграционную способность углеводородов Юго-Восточной Балтики.



**Рис. 1.** Положение полей базитовых интрузий и перспективных на углеводороды локальных структур–поднятий на тектонической схеме Восточной Балтики по [18]: 1 – ось Балтийской синеклизы; 2–5 – границы: 2 – районов полного развития каледонского структурного комплекса (кембрий – нижний девон), 3 – то же герцинского комплекса (пермь – мезозой), 4 – кембрийских осадков на склоне Белорусско–Мазурской антиклизы, 5 – распространения базитовых интрузий позднего палеозоя; 6 – изогипсы поверхности докембрийского кристаллического фундамента; 7 – дизъюнктивы в фанерозойском чехле; 8 – локальные структуры–поднятия в фундаменте и чехле; 9 – месторождение нефти: 1 – Ладушкинское, 2 – Алешкинское, 3 – Д6 (Кравцовское), 4 – С9, 5 – В3; 10 – газоносные поля и месторождения газа; 11 – линии геологических разрезов I–II и профильных разрезов Гданьск – Лиепая, D1–1 – II, Калининград – Висбю. В3, Д6, Е7 и т.д. – номера буровых скважин.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Материалами для статьи послужили данные геологического картирования, гидромагнитной и сейсмической съемки и специализированных поисково-разведочных работ на углеводороды, которые проводились на акватории Балтийского моря с

1970 г. по 1990 г. Институтом океанологии РАН и по сокращенной программе продолжают проводить и сейчас. Автор (Г.С. Харин) принимал участие в работах 27 экспедиций на судах “Академик Курчатов”, “Профессор Добрынин”, “Шельф” в качестве начальника экспедиций и начальника

геологических отрядов. Проводил обработку полученных в экспедициях материалов, участвовал в написании отчетов, монографий, статей, составлении геологических карт разного масштаба для отдельных участков и 1 : 500 000 масштаба для дна Балтийского моря в целом.

Кроме этого, на договорных началах с ОАО «ЛУКОЙЛ-Калининградморнефть» автор проводил исследования керна морских скважин С7, С8 и опорных скважин, расположенных на побережье. Из этого неполного списка следует особо выделить материалы, полученные в экспедиции НИС «Академик Курчатов» (16-й рейс, 1973 г.), когда были проведены комплексные геолого-геофизические исследования по оценке перспектив нефтегазоносности Центральной Балтики. В экспедиции кроме сотрудников Института океанологии принимали участие геолог Латвии Ф.К. Волколаков, Литвы – П.П. Лапинкас, геолог-нефтяник ООО «ЛУКОЙЛ-Калининградморнефть» А.И. Хубльдинов. Начальником экспедиции был видный геолог-нефтяник член-корреспондент РАН А.А. Геодекян. Под его редакцией в 1976 г. была опубликована монография «Геологическое строение и перспективы нефтегазоносности Центральной Балтики» [2], в которой на основании обобщения материалов экспедиции 16-го рейса НИС «Академик Курчатов» и опубликованных данных по акватории и прибрежной территории Прибалтики были даны перспективные оценки на углеводороды не только Центральной, но и Юго-Восточной Балтики. Подобных работ, насколько нам известно, больше не проводилось, а полученные результаты не потеряли своего значения и в наше время, тем более что после раздела Балтийского моря на экономические зоны (1990 г.) такие работы в принципе стали невозможными, т.к. каждое прибалтийское государство не хочет утрачивать знания об углеводородном потенциале своих экономических зон и терять суверенитет над ними.

Что касается методов исследования применительно к исследуемым объектам, то их следует подразделить на следующие группы: 1 – выявления и изучения базитовых интрузий, 2 – изучения и оценки осадочных толщ и перспектив их нефтегазоносности, 3 – оценки возможного воздействия интрузивных магматических тел на органическое вещество, нефтематеринские породы и залежи углеводородов.

Базитовые интрузии в Юго-Восточной Балтике были выявлены в процессе проведения сейсмических поисковых работ на углеводороды и при поисках структурных ловушек нефти и газа в палеозойских отложениях Балтийской синеклизы. В отложениях нижнего палеозоя были обнаружены аномальные участки, которые визуально по данным сейсмике оценили как возможные ри-

фовые массивы – очень перспективные вместилища нефти и газа. Но последующее бурение показало, что это не рифовые постройки, а секущие тела базитов, магматически интродуцированные в осадки палеозоя, остывшие и полностью раскристаллизованные в виде даек, силлов и других гипабиссальных тел. При лабораторном изучении этих тел, состав которых ввиду их сложности будем называть «базиты», нами применялись современные петрографические, химические, геохимические и К-Аг методы определения их состава и возраста. К-Аг анализ выполнен в лаборатории абсолютного возраста ИГЕМ РАН (г. Москва), геохимические и химические анализы базитов исследованы в лабораториях Института геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН (г. Иркутск) с применением разных методов исследования. Содержания главных петрогенных элементов определялись методами РФА и мокрой химии, элементов-примесей – методом JCP-MS.

Методы оценки перспектив нефтегазоносности любого региона, в том числе и акваториального, основаны на комплексном решении ряда вопросов, важнейшие из них: 1 – структурно-тектонические, 2 – палеотектонические, 3 – литолого-палеогеографические, 4 – геохимические. Для Центральной и Юго-Восточной Балтики эти методы подробно изложены в упомянутой выше монографии [2]. Однако проблемы воздействия интрузивных магматических тел на нефтематеринские породы и залежи углеводородов в этой монографии не рассматривались, т.к. в то время базитовые интрузии в регионе еще не были известны.

Сейчас эти вопросы для Балтики начинают возникать не только в чисто теоретическом, но и в практическом плане, по аналогии с другими регионами, где такое влияние изучено. Например, в ряде исследований проведенных на Сибирской платформе и в Баренцевом море [6, 8, 10] выявлены как положительные стороны магматического воздействия, существенно влияющего на оценку углеводородного потенциала нефтеносных бассейнов, так и отрицательные, вызывающие разрушение залежей углеводородов. В настоящей статье учтен опыт этих работ применительно к Юго-Восточной Балтике.

## ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ОБСТАНОВКА

Палеозойские нефтегазоносные отложения ЮВ Балтики находятся в пределах Балтийской синеклизы (рис. 1). Эта структура начала формироваться в позднекаледонский тектогенез, когда происходило замыкание палеоокеана Япетус, океаническая кора которого погружалась под Восточно-Европейскую плиту. Это стало причиной образования ряда впадин за фронтом каледонид [4, 9, 12]. В геологической истории Балтийского моря выделяется ряд этапов. Рассмотрим те из

них, которые привели к формированию Балтийской синеклизы и нефтегазоносных отложений. Они показаны на рисунках 2, 3. Архейско-раннепротерозойский океанический этап подвижной области завершился около 1.6 млрд лет назад формированием гранитно-метаморфического складчатого фундамента, на котором стали отлагаться осадки венда и фанерозоя [18]. Сплошной осадочный чехол образовался около 0.6 млрд лет назад. До этого на протяжении более 1 млрд лет господствовал континентальный режим и формировалась кора выветривания латеритного типа [13, 15]. В позднем архее (650–570 млн лет назад) северная часть Центральной Балтики погрузилась под уровень моря, и здесь накопились грубообломочные и глинистые осадки – продукты размыва коры выветривания (рис. 2а). Существенные изменения произошли в кембрии (540–515 млн л.н.), когда в погружение были вовлечены центральная и юго-восточная части Балтики (рис. 2б, 2в) и возникла связь с морским бассейном Западной Европы, а областью сноса надолго стал Балтийский щит. В Юго-Восточной Балтике сформировалась толща песчано-глинистых осадков мощностью до 300 м с повышенным содержанием  $S_{орг}$ . В ордовике (516–439 млн л.н.) неглубокое море покрывало большую часть Балтики. В раннем ордовике шло накопление песчано-глинистых осадков с повышенным содержанием биогенных компонентов, из которых образовывались диктионемовые горючие сланцы и фосфоритоносные отложения (рис. 2г). В среднем ордовике преимущественно отлагались карбонатные осадки с прослоями горючих сланцев-кукерситов (рис. 3а). В верхнем ордовике в ЮВ Балтике преобладали глинисто-известковые осадки (рис. 3б) мощностью около 100 м.

В силурийский период (440–410 млн л.н.) происходит постепенное прогибание Балтийской синеклизы. Особенно заметно оно в Южной и Центральной Балтике, где сформировалась мощная (до 2 км) толща глубоководных черных глинисто-углеродистых сланцев с граптолитами (рис. 3в). В позднем силуре в центральных и северо-восточных районах Балтийской синеклизы шло преимущественно мелководное карбонатное (доломито-известковое) осадконакопление (рис. 3г). Здесь формировались рифовые постройки.

В конце силура начинается этап медленного воздымания земной коры Балтики, который с небольшими эпохами погружения продолжался в девонский, карбоновый и пермский периоды. В результате этих движений морской бассейн обмелел, значительно сократились площади морских отложений, сформировались прибрежно-дельтовые и лагунные фации, представленные песчано-глинистыми пестроцветными осадками раннего и среднего девона, которые в позднем девоне сменились известково-доломитовыми. В карбоне и

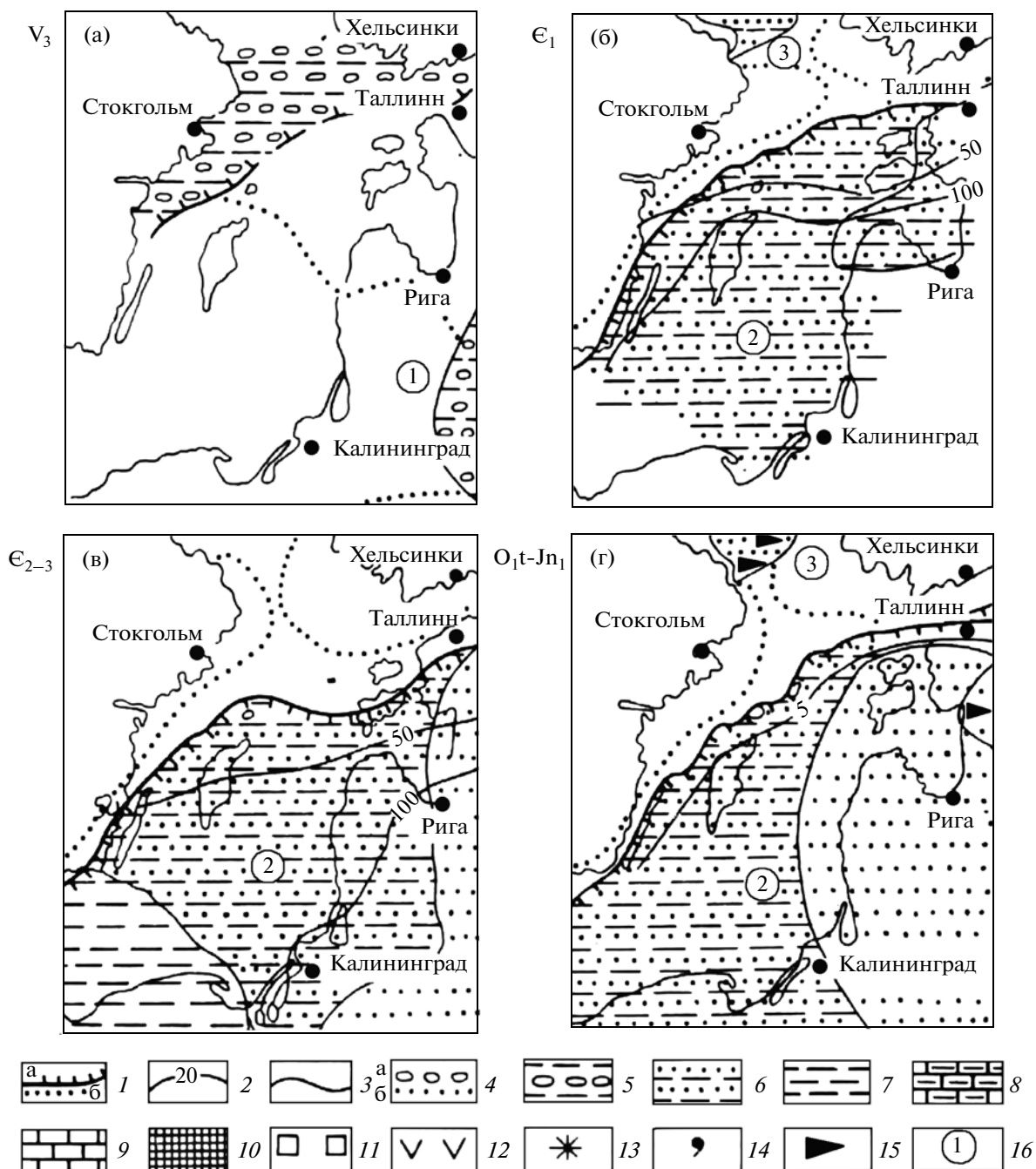
ранней перми Балтийская синеклиза из области осадконакопления превратилась в область размыва осадков. В поздней перми южная и юго-восточная части Балтийской синеклизы снова начинают погружаться. Сюда из Западной Европы шли трансгрессии Цехштейнового моря и отлагались соленосные толщи. В мезозое и кайнозое план трансгрессий изменялся – периодически в Юго-Восточную Балтику и Прибалтику по крупному проливу, соединяющему палеоокеаны Тетис и Бореальный, в Балтийскую синеклизу стали поступать с юга теплые воды из морей Мезотетиса. Накопились лагунно-континентальные терригенные и морские терригенно-глинисто-карбонатные осадки общей мощностью до 1.5 км. Из них под влиянием альпийского горообразования была сформирована Польско-Литовская впадина, наложенная на южную и юго-восточную части Балтийской синеклизы.

### ИНТРУЗИИ БАЗИТОВ

Гипабиссальные интрузии базитового состава в Юго-Восточной Балтике вскрыты тремя морскими скважинами: С8-1, С7-1, В1-1. По данным сейсморазведки и гидромагнитной съемки есть основание утверждать, что поля базитовых интрузий в виде секущих даек, послойных силлов и других тел распространены на значительные территории ЮВ Балтики площадью более 5–6 тыс. км<sup>2</sup> [1, 14, 16, 17, 22]. Они распространены также в соседних районах Северной Польши (рис. 1), где вскрыты нефтепоисковыми скважинами. Интрузии базитов в ЮВ Балтике секут кембрийские, ордовикские и силурийские отложения. В северо-восточной Польше они зафиксированы на южном борту Балтийской синеклизы. Здесь покровные тела базитов залегают на эродированной поверхности силурийских отложений и перекрываются осадками верхней перми.

Определения абсолютного возраста базитов К-Аг методом в лаборатории изотопной геохимии и геохронологии ИГЕМ РАН (г. Москва) дали возраст базитов ЮВ Балтики от 310 до 370 млн лет. Возраст северо-польских базитов варьирует в пределах 265–305 млн лет [19]. Следует отметить, что отдельные дайки базитов встречаются в соседних регионах Балтики и Прибалтики. Они распространены также в районе Северо-Западной Польши, на дне Балтики в районе о. Борнхольм, в Южной Швеции и в грабене Осло. Аналогичные интрузии отмечены [19] в Южной Литве (район Перлои). Юго-восточнее они широко развиты в Припятско-Донецкой впадине, Донбассе и Приазовском блоке [14].

Давно известно, что последние три структуры находятся в пределах тектонической линии Карпинского [4, 9]. Не исключено, что северо-западное продолжение этой рифтогенной линии не



**Рис. 2.** Структурно-формационные схемы Балтийского моря в позднем венде, кембрии и раннем ордовике по [13]. (а) – поздний вэнд; (б) – ранний кембрий; (в) – средний и поздний кембрий; (г) – ранний ордовик (тремадокское и раннеланвирское время): 1 – границы бассейна: а – современные, б – бывшие; 2 – изопакиты современных мощностей, м; 3 – границы формаций; 4–12 – формации: 4–7 – обломочно-терригенные (4 – грубообломочная, 5 – гравелито-глинистая, 6 – глинисто-песчаная, 7 – глинистая), 8–10 – карбонатные (8 – глинисто-известковая, 9 – доломитово-известковая, 10 – белого мела), 11–12 – галогенные (11 – сульфатная, 12 – соленосная); 13 – пестроцветность; 14 – глауконит; 15 – горючие сланцы; 16 – палеоструктуры (цифры в кружочках на схемах); 1 – юго-западное окончание Крестцовского прогиба (а); 2 – Балтийская моноклинал (б, в, г); 3 – Южно-Ботнический прогиб (б, г).

ограничено примыканием к линеamentу Тейсера-Торнквиста, а прослеживается параллельно ему (рис. 4). Доказательством этому служит наличие ряда грабенов и сводообразных поднятий нередко

с магматическими проявлениями в пределах Северо-Западной Беларуси, Южной Литвы, Северо-Восточной Польши, Калининградской области, на дне Балтийского моря, в Южной Швеции и в гра-

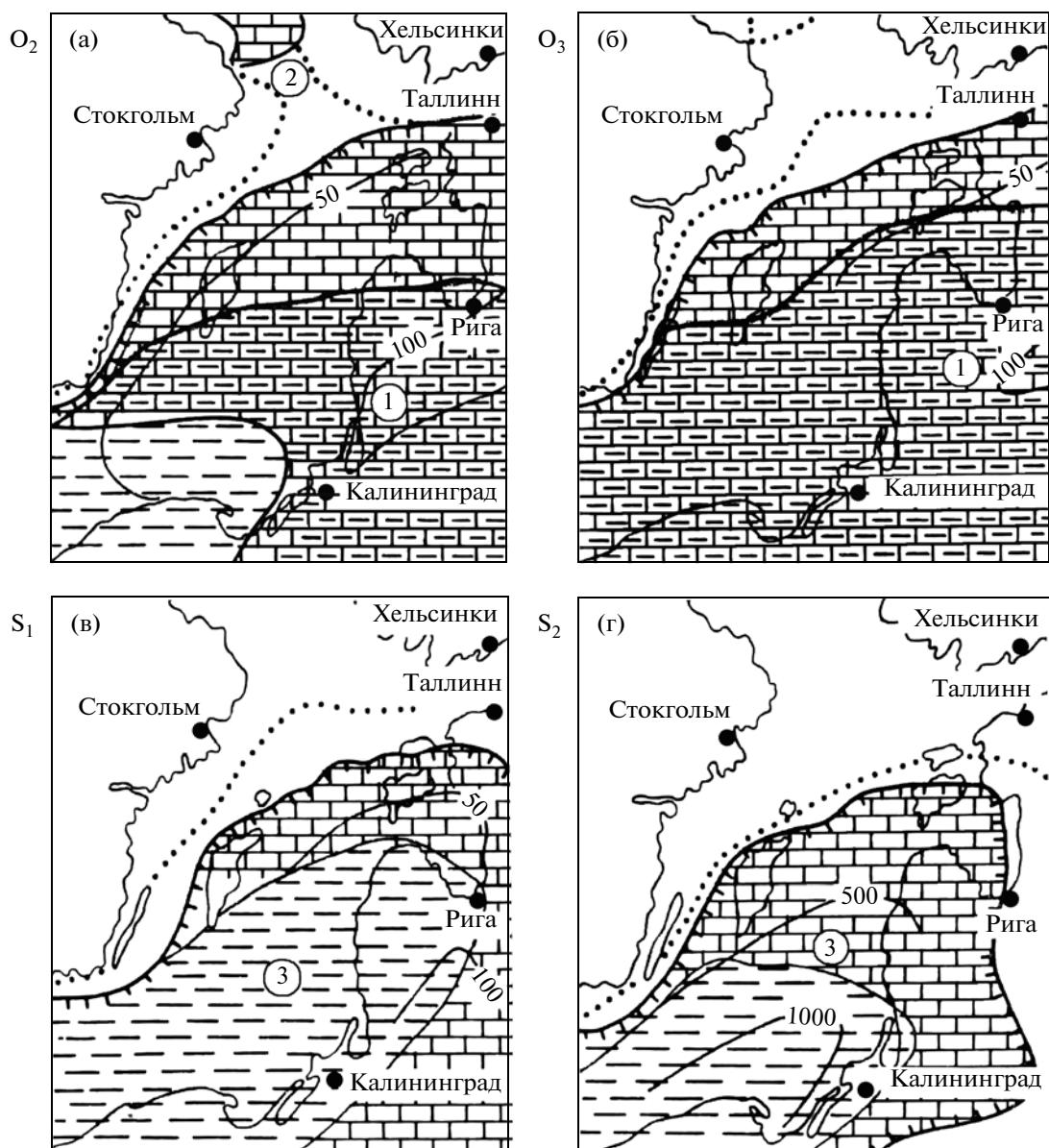


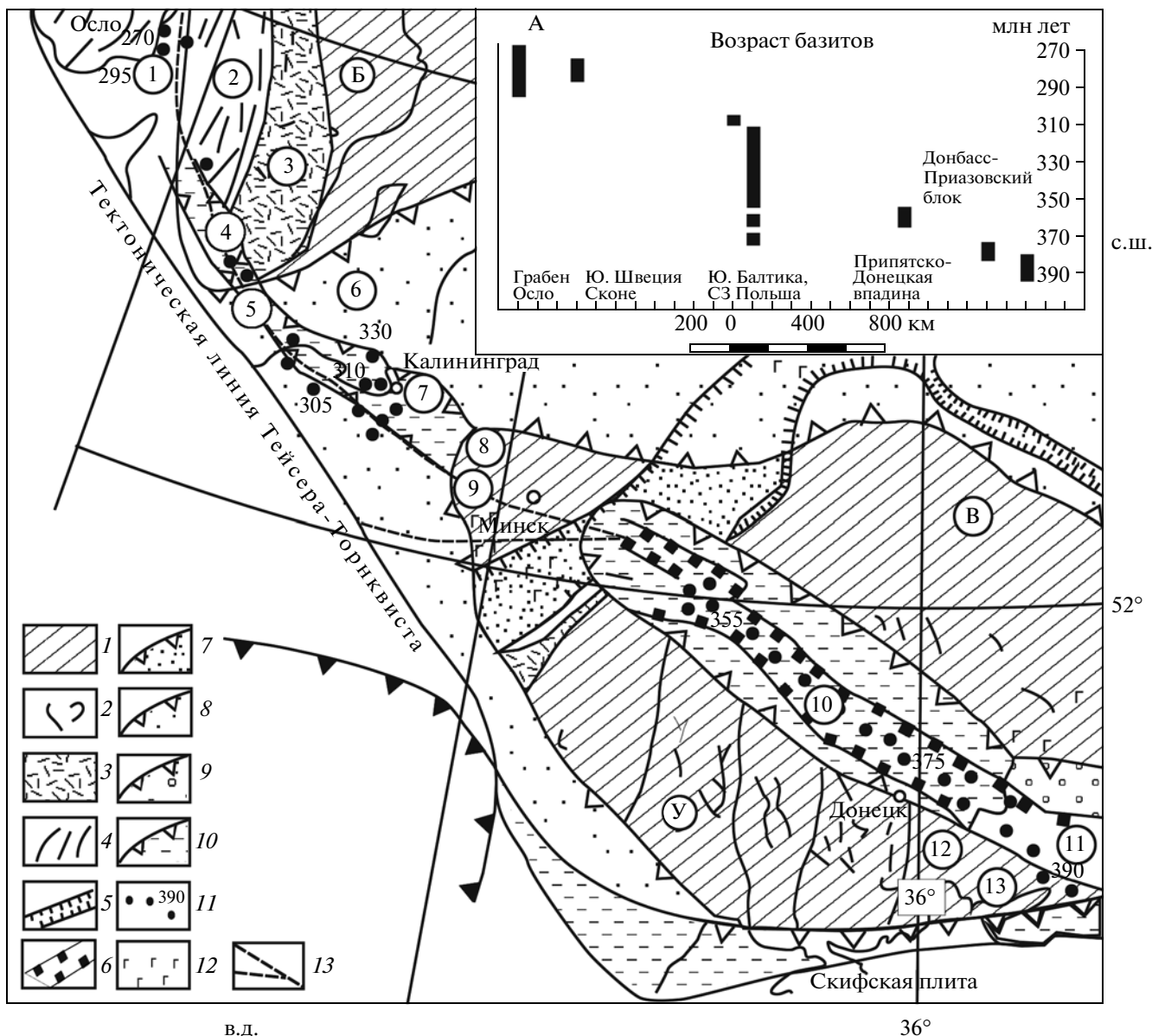
Рис. 3. Структурно-формационная схема Балтийского моря в среднем–верхнем ордовике и силуре по [13].

(а) – средний ордовик (позднеэланвирское, лландейское и карадокское время); (б) – поздний ордовик; (в) – ранний силур; (г) – поздний силур; палеоструктуры: 1 – Елгавский прогиб (а, б); 2 – Южно-Ботнический прогиб (а); 3 – Балтийская синеклиза (в, г). Условные обозначения см. рис. 2.

бене Осло. Характерно, что наблюдается закономерное изменение возраста магматических пород вдоль этой линии. Наиболее молодые из них развиты в грабене Осло. Наиболее древние – в Приазовском блоке (рис. 4а). Эта закономерность объясняется нами тем, что Восточно-Европейская плита в позднем палеозое двигалась с северо-запада на юго-восток над “горячей точкой” – плюмом, находившимся в районе грабена Осло. Плюмовый характер магматизма линии Карпинского отмечен рядом исследователей также, как и его влияние на континентальный рифтогенез [14, 17,

18, 19, 23]. На юго-восточной окраине Балтики и прилегающих районов Прибалтики влияние плюма ограничивалось несколькими стадиями начального рифтогенеза и магматизма, тогда как в других регионах (грабен Осло, Припятско-Донецкая впадина) это влияние проявилось намного полнее. Родство базитов ЮВ Балтики с базитами других регионов линии Карпинского было показано нами на примере ряда геохимических индикаторов [14].

На классификационной диаграмме щелочность–кремнеземистость базиты ЮВ Балтики расположились компактно на полях базанитов,

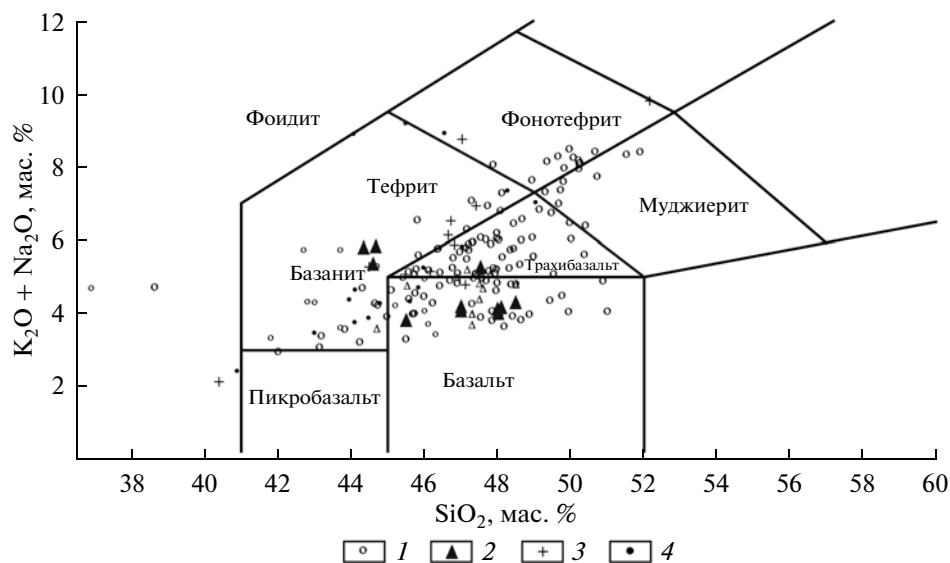


**Рис. 4.** Тектоническая схема ЮЗ части Восточно-Европейской платформы и возрастное положение проявлений верхнепалеозойского базитового магматизма по [14].

1 – щиты и раннедокембрийские массивы, перекрытые маломощным чехлом осадков, 2 – раннедокембрийские комплексы зеленокаменных поясов, 3 – вулканоплутонические пояса, 1600–1700 млн лет, 4 – Дальсландский складчатый пояс, 800–1000 млн лет (Свеконорвежская зона), 5 – рифейские авлакогены, 6 – девонские авлакогены, 7 – рифейский осадочный чехол, 8 – венд-палеозойский осадочный чехол, 9 – верхнепалеозойский осадочный чехол, 10 – мезо-кайнозойский осадочный чехол, 11 – средне- и верхнепалеозойские щелочные базальтоиды, базитовые ультраосновные–щелочные интрузии, кимберлиты, карбонатиты и их возраст, млн лет. 12 – докембрийские траппы, 13 – предполагаемые продолжения линии Карпинского. Б – Балтийский щит, У – Украинский щит, В – Воронежский массив. Цифры в кружочках: 1 – грабен Осло, 2 – Свеконорвежский блок, 3 – Готский вулканический пояс, 4 – базальтовые поля и дайки Южной Швеции, 5 – Приборнхольмский грабен, 6 – Балтийская синеклиза, 7 – Польско-Литовская впадина, Прегольский и Айсмарский грабены, 8 – Центрально-Белорусская седловина, 9 – Валожинский грабен, 10 – Припятско-Донецкая впадина, 11 – Донбасс, 12 – Орехово-Павлоградская зона, 13 – Призовский блок. Вставка А – изменение возраста базитов по линии Карпинского от Донбасса и Призовского блока до грабена Осло.

тефритов, трахибазальтов и базальтов, с существенным преобладанием последних (рис. 5). Это свидетельствует о слабой дифференцированности базитовой магмы по сравнению с другими регионами линии Карпинского.

Базиты обладают полнокристаллической структурой. Выделяются мелкокристаллические порфировые базиты и секущие их тоннокристаллические (афировые) базиты, свидетельствующие о разных фазах становления интрузивного тела. Фенокри-



**Рис. 5.** Диаграмма  $(K_2O + Na_2O) - SiO_2$  базитовых магматических пород Балтики, грабена Осло, Припятско-Донецкой впадины и зоны сочленения Донбасса с Приазовским блоком. Составлена по данным [14, 17, 18, 19, 20, 23].

1 – грабен Осло, 2 – Балтийское море, 3 – Припятско-Донецкая впадина, 4 – зона сочленения Донбасса и Азовского блока.

сты чаще представлены плагиоклазом (An 60-75) таблитчатой короткопризматической и овальной формы, иногда корродированными и замещенными по краям ортоклазом. Основная масса тонкозернистая, состоит из лейст плагиоклаза и реликтов мелких кристаллов оливина, ортопироксена, клинопироксена. В базитах присутствуют выделения коричневого плеохромирующего титан-авгита, что является свидетельством их повышенной щелочности. Аксессуары представлены апатитом, цирконом, сфеном. Обильны (до 15%) скелетные кристаллы ильменита и титаномагнетита. До 80% площади шлифов подвержены преобразованиям. Они проявились в замещении оливина и клинопироксена агрегатами серпентина, актинолита, талька, биотита и хлорита. Плагиоклаз серпентинизирован и пелитизирован. Титаномагнетит замещен гидрогетитом. Отмечаются реликты биотита, замещенного мусковитом. Минералогические и петрохимические данные свидетельствуют о щелочном составе базитов, а по данным пересчета химических анализов в них содержится нормативный нефелин. По соотношению легких и тяжелых редкоземельных элементов La/Sm, Ce/Y базитовые магмы ЮВ Балтики выплавлялись из гранатовых перидотитов на глубине 120–150 км [17]. По тектоническим признакам они связаны с начальной стадией незавершенного континентального рифтогенеза, обусловленного прохождением данного участка Восточно-Европейской платформы над глубинным плюмом (“горячей точкой”) [4, 14, 19].

Базитовая магма проникала по зонам глубинных разломов, сосредоточенным вдоль линии

Карпинского, в осадки Балтийской синклинали, выбирая преимущественно более прогнутые ее участки, т.к. там, очевидно, были более трещиноватые породы. В Гданьской впадине на южном борту Балтийской синеклизы скважинами вскрыты дайковые и пластовые интрузии, мощностью от 5–6 до 25 м, пронизывающие кембрийские, ордовикские и силурийские отложения (рис. 6, 7). Здесь отмечается самый широкий глубинный интервал распространения интрузивных тел, достигающий отметок –2650...–1800 м. К северу гипсометрический уровень становления интрузий, восходящий вдоль оси Балтийской синеклизы, постепенно повышается. В районе скв. D1-1 он достигает –1600...–1700 м. Таким образом, вертикальный диапазон распространения интрузивных тел на сравнительно небольшом расстоянии (около 150 км) увеличивается более чем на 1 км, охватывая отложения кембрия, ордовика и силура. Большинство интрузий базитов сосредоточено в черных углеродистых сланцах верхнего силура, в стратиграфических интервалах верхнелудловского подъяруса и венлонского яруса силура.

Сейсморазведкой интрузивные тела, секущие силурийские осадки, в интервале –2300...–2000 м прослежены по простиранию более чем на 20 км. (рис. 6). По данным гидромагнитной съемки интрузии достигают в поперечнике размеров до 50 км. Только в литовском секторе ЮВ Балтики сейчас выявлено [22] до 17 локальных аномальных тел (рис. 8). В девонских осадках такие магнитные аномалии не отмечены. Но, судя по возрасту базитов, они должны быть и там.

Безусловно, базитовые интрузии развиты и в нефтеносных отложениях среднего кембрия. Один из подводящих магматических каналов, секущий отложения кембрия и ордовика, зафиксирован на сейсморазведочном профиле (рис. 6).

### НЕФТЕГАЗОНОСНОСТЬ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ БАЛТИКИ

Выше отмечалось, что перспективы нефтегазоносности Юго-Восточной Балтики связаны с нижнепалеозойскими отложениями Балтийской синеклизы.

Большая часть ее сейчас скрыта под водами Балтийского моря. Максимальная амплитуда прогиба синеклизы, приходящаяся на Южную Балтику и западную часть Юго-Восточной Балтики, достигает 4-х км. Анализ мощностей и фаций отложений фанерозоя показывает, что в позднем докембрии и раннем ордовике (700–450 млн лет назад) синеклизы еще не было (рис. 2). Первые признаки прогиба земной коры появились в среднем ордовике (470–450 млн лет назад). Максимальное прогибание наблюдалось в позднем силуре (420–400 млн лет назад), когда скорости движений в Южной Балтике были настолько велики, что здесь образовалась сравнительно глубоководная морская впадина, не компенсированная осадками. Прогибание продолжалось недолго. В позднем силуре прогиб был заполнен морскими осадками, а в раннем девоне перекрыт лагунными красноцветными толщами. Таким образом, зарождение и формирование Балтийской синеклизы укладываются в промежуток времени 470–400 млн лет, т.е. занимают около 70 млн лет.

Проблема оценки ресурсов нефтегазоносности Балтийского моря стала актуальной после того, как в Северном море были разведаны гигантские запасы нефти и газа, а в наземной части Балтийской синеклизы в Калининградской области, Западной Литве, Западной Латвии выявлены месторождения и проявления углеводородов. Легкая доступность Балтийской акватории, близость к промышленным центрам, многочисленные порты, небольшие глубины, благоприятные климатические условия – все это и ряд других обстоятельств способствовали тому, что Балтика уже давно (с 60–70 гг. прошлого столетия) стала ареной геологических исследований. Здесь, наряду с оценкой перспектив нефтегазоносности, советскими морскими геологами и геофизиками проводилось геологическое картирование, завершившееся созданием первого в мировой практике полноценного комплекта карт геологического содержания масштаба 1 : 500 000 по всему Балтийскому морю. Это способствовало целенаправленному проведению специальных работ по поискам перспективных на углеводороды тектонических структур, связанных, в основном, с локальными

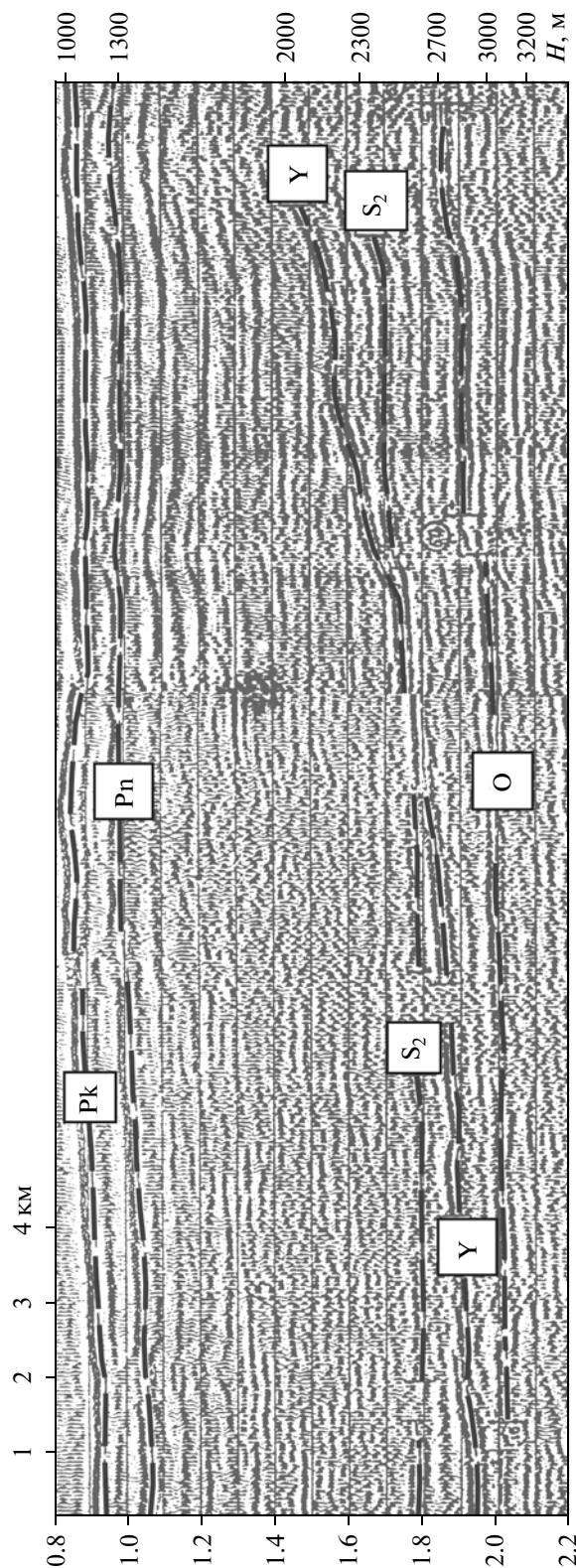


Рис. 6. Сейсмический временной разрез, характеризующий условия залегания базитовых интрузий в Гданьской впадине по [1]. Стратиграфическая приуроченность отражающих горизонтов: Pk – кровля перми; Pn – подошва перми; S2 – граница нижне- и среднелудловского подъярусов силура; O – кровля ордовика; E – кровля кембрия; Y – интрузии базитов.

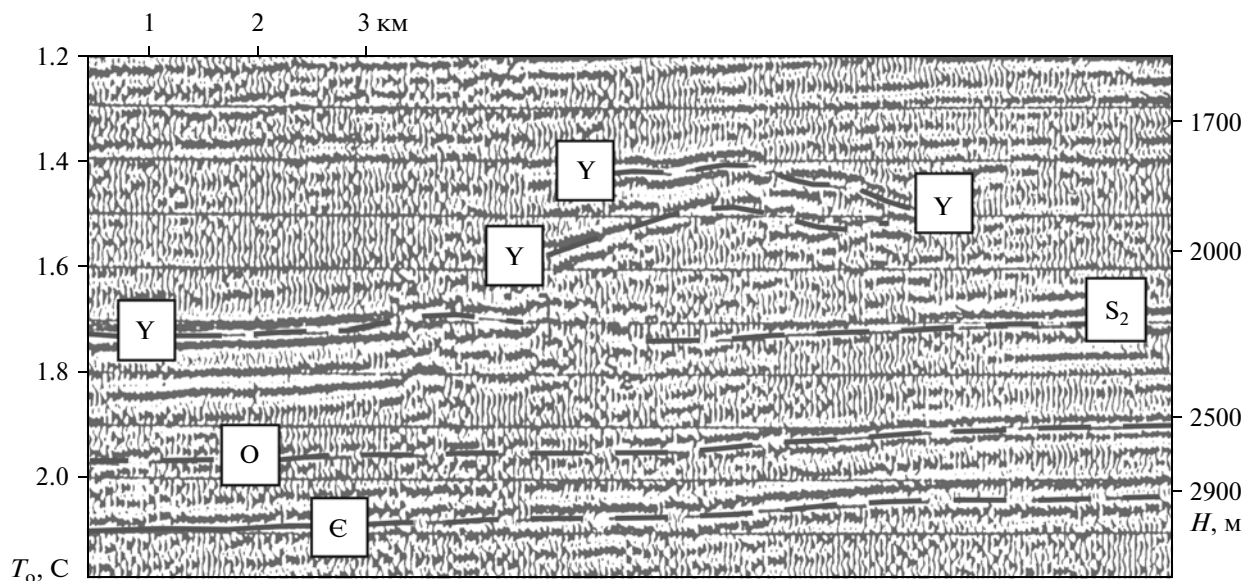


Рис. 7. Сейсмический временной разрез, характеризующий участок аномального залегания интрузий вблизи питающих каналов по [1]. Условные обозначения см. рис. 6.

поднятиями блоков докембрийского фундамента и перекрывающими их среднекембрийскими отложениями Балтийской синеклизы [2, 3, 18]. Выявленные поднятия находятся преимущественно на юго-восточном борту синеклизы (см. рис. 1). Одно из таких поднятий было детализировано и разбурено. Разведанное месторождение нефти (D6) разрабатывается с 2004 г. со стационарной платформы.

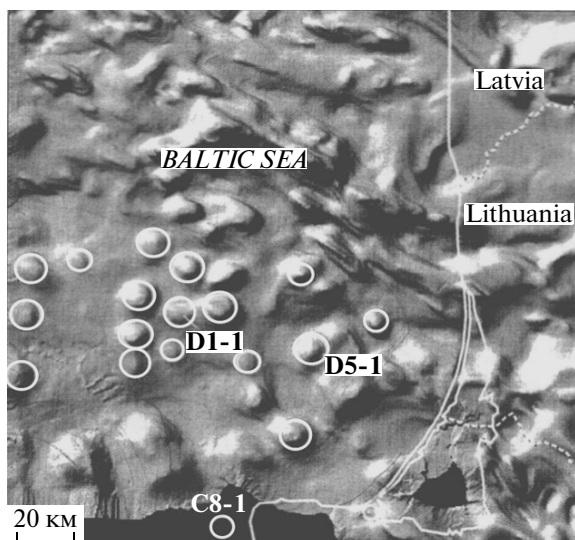


Рис. 8. Схема расположения магнитных аномалий в юго-восточной части Балтики по [22]. Предполагаемые базитовые тела помечены кружочками. D1-1 и D5-1 – буровые скважины.

Несмотря на довольно длительное время исследований (с 1960 г.) и эксплуатации (с 1968 г.) углеводородов Балтийской синеклизы до сих пор остаются неясными вопросы о нефтематеринских осадках. При обсуждении этих вопросов высказываются мнения об эндогенном происхождении балтийских углеводородов, основанные на том, что залежи их находятся в кембрийских песчаниках, залегающих непосредственно на докембрийском кристаллическом фундаменте, в магматических породах которого отмечаются прожилки нефти [7]. Но наиболее вероятными источниками нефтяных и газовых углеводородов Балтийской синеклизы являются черные аргиллиты и сланцы кембрийских, ордовикских и силурских отложений, которые сейчас погружены на глубину до 3 км (рис. 9). Содержание Сор<sub>г</sub> в них достигает 12%. Органика относится к сапропелевому типу [2]. Причем, судя по высоким скоростям седиментации, она не подверглась значительному окислению [11]. В этом отношении и осадки девона могли быть источниками нефтяных и газовых гидратов, но уровень их погружения не достиг главной зоны нефтеобразования, тогда, как кембрийские, ордовикские и частично силурийские отложения Центральной и ЮВ Балтики еще в среднем девоне были погружены на глубину 2300–1600 м и достигли газовой стадии преобразования органического вещества (рис. 10, 11).

Судя по глубинам погружения и современному тепловому потоку в скважинах D1, D6, образование нефтяных и газовых углеводородов Балтийской синеклизы началось в девоне, прекратилось в карбоне, когда произошло кратковременное

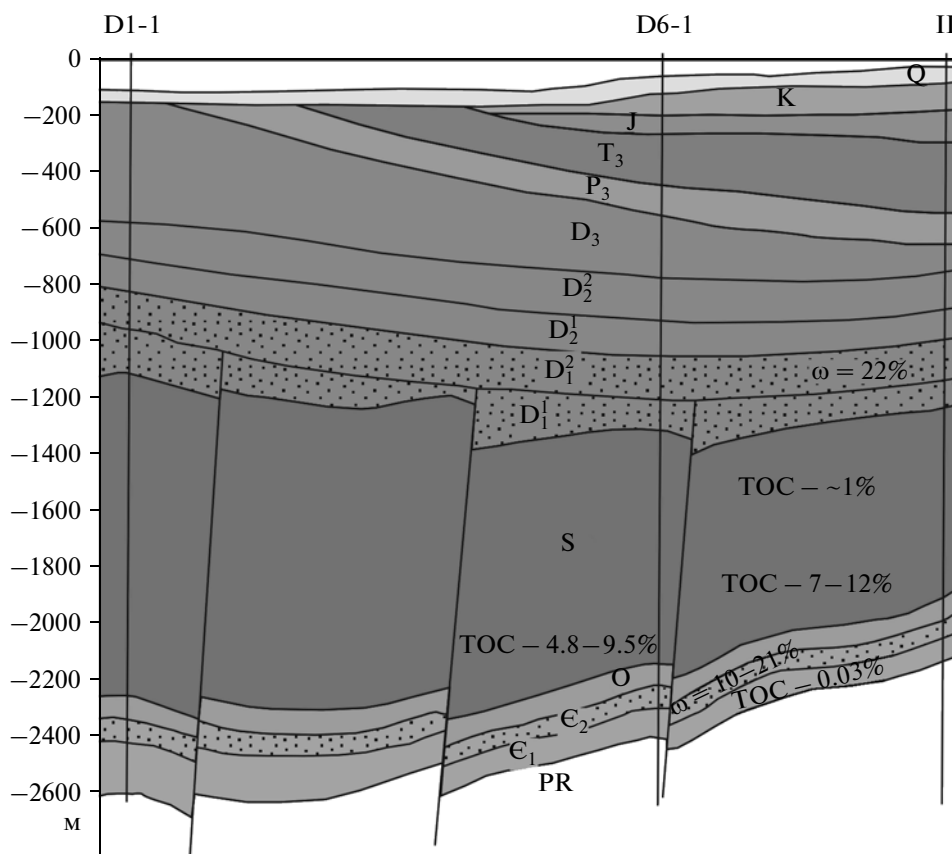
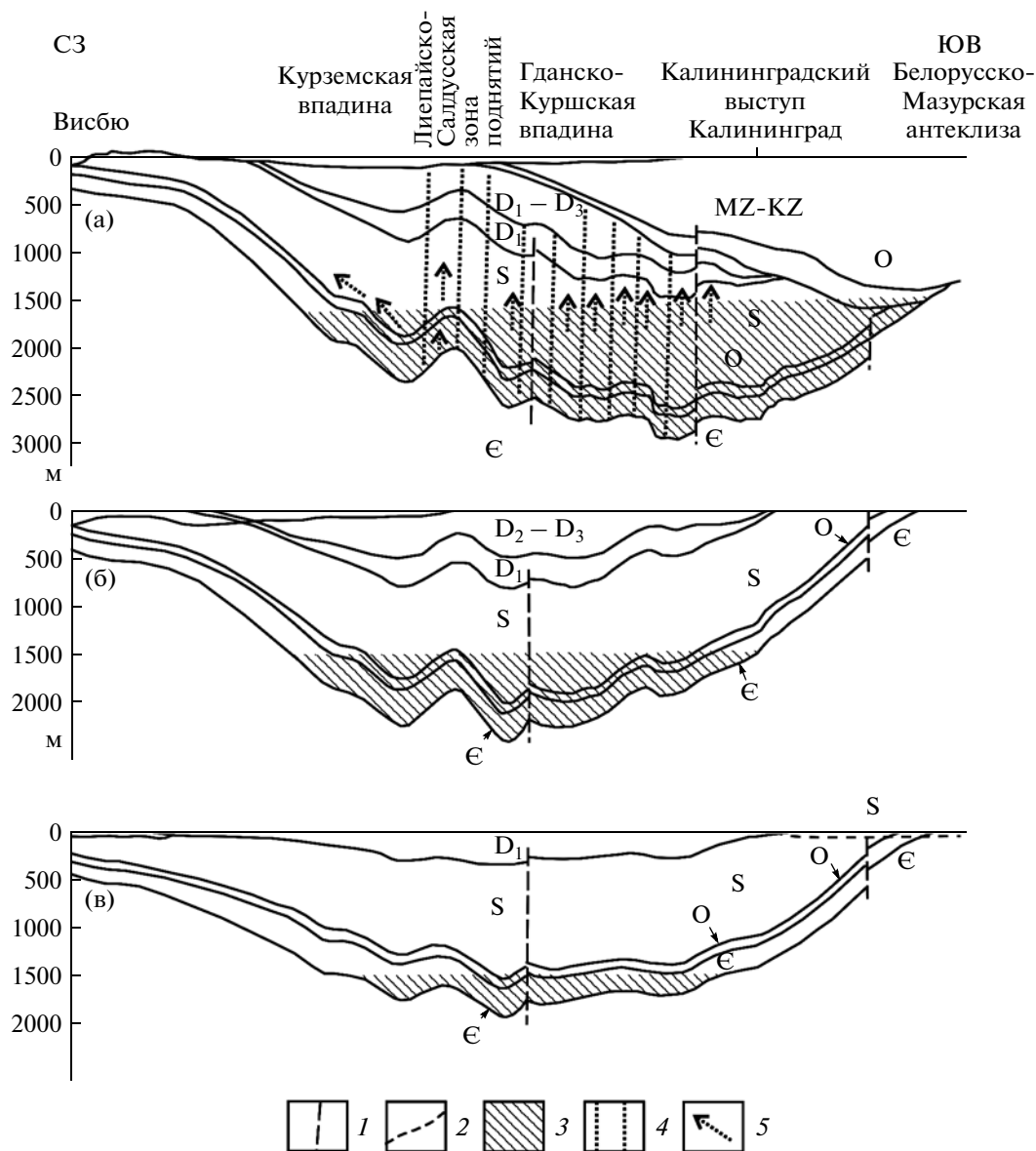


Рис. 9. Геологический разрез по линии D1-1 – II. Индексами E<sub>1</sub> – Q указан возраст осадочных пород и осадков, PR – протерозойский кристаллический фундамент, TOC – общее содержание органического вещества. Точками показаны пористые песчаники, ω – пористость. Положение разреза см. рис. 1.

поднятия Южной и Юго-Восточной Балтики, вызванное, видимо, прохождением над “горячей точкой” плюмом грабена Осло. В перми начался новый этап погружения юга Балтийской синеклизы и возобновления процессов генерации углеводородов, который продолжается до сих пор. При оценке этих процессов следует учитывать, что в позднем карбоне в наиболее опущенную часть синеклизы были интродуцированы дайки и sillы базитов с температурой до 1190°C, возраст которых (305–370 млн лет) отвечает вариссийскому тектогенезу и этапу прохождения данного участка Восточно-Европейской платформы над мантийным плюмом. Несомненно, это вызывало локальное усиление теплового потока и увеличило поступление флюидов в осадочную толщу Балтийской синеклизы, определяя тем самым более полное преобразование органики палеозойских осадков в углеводороды. Данное обстоятельство важно при поиске возможных нефтяных и газовых углеводородов, которые мигрировали также и за пределы развития нефтематеринских осадков кембрия, ордовика, силура и девона.

Аналитическое моделирование процессов воздействия пластовых интрузивных тел на органи-

ческое вещество осадочных толщ показало, что на глубине 2–3 км это приводит к увеличению интенсивности образования газообразных углеводородов. При нагревании нефтесодержащих пород происходят химические реакции типа термического крекинга [8]. Образуется легкая нефтяная фракция, которая может мигрировать за пределы залежи углеводородов. Таким образом, термическое воздействие приводит к разрушению залежей нефти. Но при этом могут возникнуть новые залежи углеводородов. Новыми перспективными местами мигрирующих газообразных и легких углеводородов при воздействии магматических тел базитов и увеличенного теплового потока от плюма могли быть в первую очередь песчаники нижнего девона, в которых пористость достигает 22% (рис. 9). Очевидно, таким образом, возникло газовое месторождение с запасами до 300 млрд. куб. метров, расположенное на участке выклинивания нижнедевонской толщи в экономическом секторе Польши (рис. 1) [21]. Хорошими ловушками газовых углеводородов могут быть девонские доломитовые и известковые толщи Центральной Балтики с находящимися здесь антиклинальными структурами и “слепыми” раз-



**Рис. 10.** Профильные разрезы по линии Висбю–Калининград по [2] с дополнениями. (а) – современный, (б) – к началу пермского периода, (в) – к началу среднедевонской эпохи.

1 – дизъюнктивные нарушения; 2 – современная поверхность отложений; 3 – зона интенсивного нефтеобразования, происшедшего в результате погружения осевой части Балтийской синеклизы; 4 – зона термического воздействия базитовых интрузий на существовавшие залежи углеводородов, рассеянное органическое вещество и вмещающие породы; 5 – направление перетоков газообразных углеводородов и легких фракций нефти при термическом воздействии базитовых интрузий. Положение разреза см. рис. 1.

ломами. Кроме теплового воздействия на органическое вещество и углеводороды магматические интрузии воздействуют на пористость вмещающих пород. Как показал опыт работы геологов-нефтяников на Сибирской платформе, воздействие интрузии траппов на пористость вмещающих пород проявляется двойственно, т.е. имеет и негативные, и позитивные последствия. Негативное влияние сказывается в 2–4 разовом ее уменьшении вследствие развития регенерационного

цемента в породах коллекторах [6]. Положительное влияние выражается в появлении вторичной трещиноватой пористости в приконтактных зонах траппов, где появляются локальные резервуары углеводородов с высоким дебитом.

Магматические интрузии влияют на структурный план и геологические структуры месторождений углеводородов. Это влияние также двойственное. При внедрении траппов на Сибирской платформе антиклинальные структуры выпола-

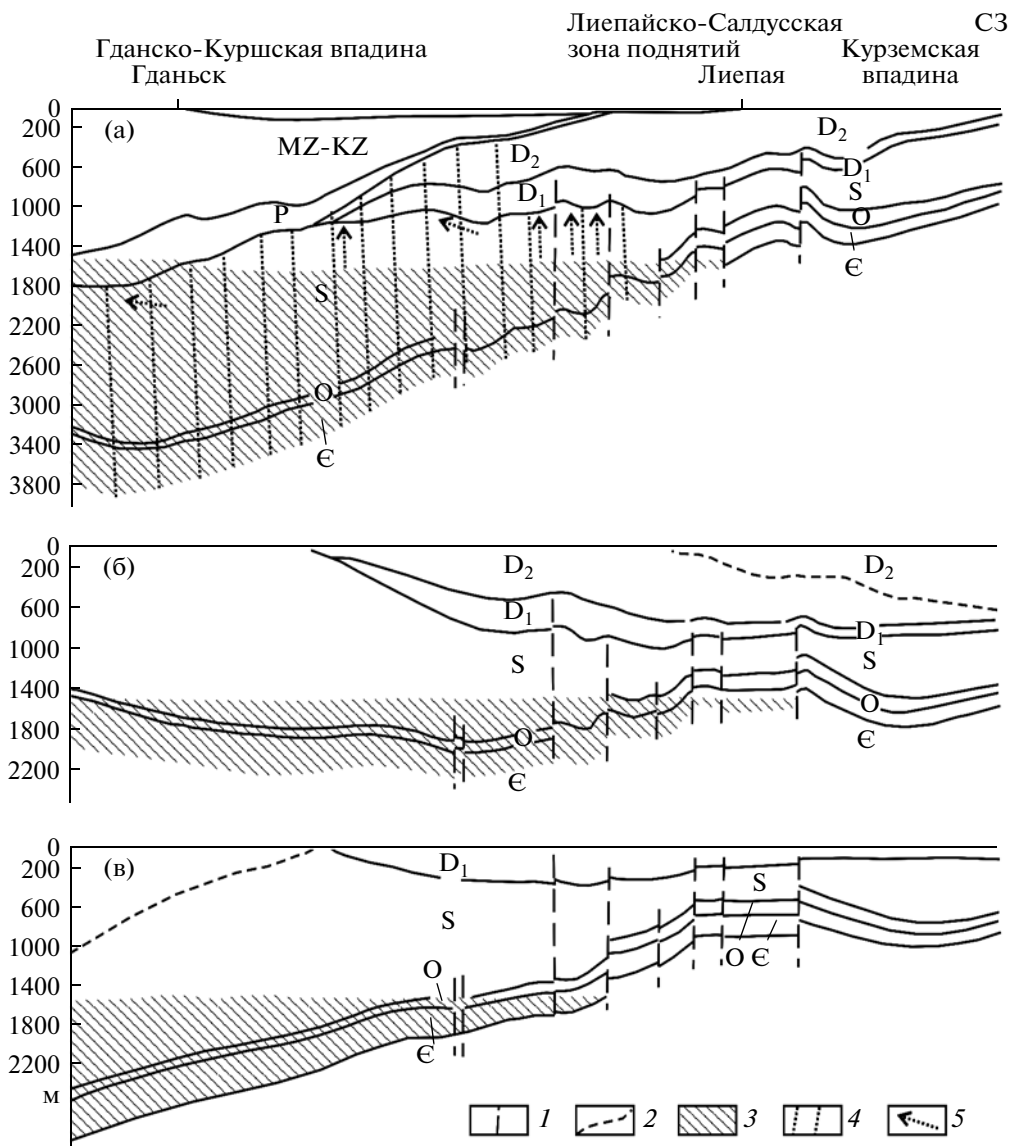


Рис. 11. Профильные разрезы по линии Гданьск–Лиепая по [2] с дополнениями. Условные обозначения см. рис. 10, положение разреза см. рис. 1.

живаются и, следовательно, залежи углеводородов растекаются и мигрируют по латерали [6]. Вместе с тем при внедрении интрузивов в осадочную толщу происходит воздымание слоев и создаются новые антиклинали и флексуры, а секущие интрузии являются каналами для перетоков нефти и газа (рис. 10, 11).

Таким образом, интрузии базитов, широко развитые в некоторых нефтегазоносных бассейнах, могут существенно влиять на многие факторы, определяющие углеводородный потенциал месторождений. Их учитывают при оценке нефтегазоносности при проведении поисковых работ, например на Сибирской платформе. В этом отношении оценка перспектив на углеводородное сырье, выполненная еще в советское время

для Центральной и Юго-Восточной Балтики, совершенно не принимала во внимание возможность термодинамического воздействия базитовых интрузий на палеозойские нефтеносные отложения, т.к. о наличие здесь базитов еще не было известно. Сейчас обрабатывается (с 2004 г.) мелководное морское месторождение Д6 и ОАО “ЛУКОЙЛ” ставит вопрос о проведении детальных поисково-разведочных работ на углеводороды в более глубоководной российской части ЮВ Балтики. А именно здесь, как было показано выше, в перспективных нефтегазоносных отложениях получили наибольшее развитие интрузии базитов. Возможность их воздействия следует учитывать при оценке углеводородного потенциала данной акватории. Оно может быть и негативным, и позитивным. Чтобы

выяснить его результаты, надо, в первую очередь, провести картирование базитовых тел с помощью высокоточной гидромагнитной съемки. Учитывая данные этого картирования, следует соответственно направлять сейсморазведочные и буровые работы. Необходимо также провести опытное бурение с целью изучения приконтактных воздействий интрузивных базитов на нефтематеринские толщи нижнего палеозоя ЮВ Балтики.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследованиями Института океанологии РАН, его Атлантического отделения и других организаций, проведенными в советское время, были оценены перспективы нефтегазоносности палеозойских отложений Центральной Балтики [2]. Выделенные перспективные площади приурочены к наиболее погруженным участкам Балтийской синеклизы и находятся преимущественно в российском секторе Юго-Восточной Балтики. Дальнейшие работы по детализации перспективных площадей привели к открытию ряда месторождений, одно из которых (D6) разрабатывается с 2004 г. со стационарной платформы. Вместе с тем при сейсморазведочных работах на перспективных площадях Юго-Восточной Балтики были выявлены интрузии базитов, секущие нефтегазоносные и нефтематеринские осадки кембрия, ордовика и силура. Их первоначально на сейсмограммах приняли за органогенные рифовые постройки, т.е. за потенциально перспективные аккумуляторы углеводородов. Но пройденные на трех таких участках буровые скважины вскрыли интрузивные тела базитов, внедренные в силурийские осадки. К-Аг возраст базитов измеряется в пределах 310–370 млн лет. Площади их распространения не менее 5500–6000 кв. км. Вскрытая мощность базитовых тел от 5 до 25 м. Рекогносцированные данные сейсморазведки и гидромагнитной съемки обнаружили в ЮВ Балтике не менее 2-х десятков аномальных участков, каждый диаметром до 50 км, где возможно залегание базитовых тел среди нефтегазоносных и нефтематеринских отложений кембрия, ордовика и силура.

Из практики работ геологов-нефтяников известно, что на Сибирской платформе интрузии траппов (базитов) оказывают существенное двойственное влияние на месторождения углеводородов, вызывая крекинг нефти, термические разрушение залежей, значительное (в 2–3 раза) уменьшение коллекторных свойств вмещающих пород. Внедрение траппов приводит к нарушению структурно-геологического плана месторождения, ликвидации ловушек углеводородов.

С другой стороны термодинамическое воздействие интрузий базитов имеет положительное значение, вызывая на глубинах 2–3 км интенсивное образование газообразных углеводородов. При

термическом крекинге нефти образуется легкая нефтяная фракция, которая может мигрировать и создавать новые залежи углеводородов: нередко в новых ловушках, удаленных от старых (разрушенных) на значительное расстояние, образуются месторождения газообразных углеводородов.

Таким путем, видимо, образовалось месторождение газа с запасами до 300 млрд. куб. метров в Польском секторе Балтики на участке вклинивания высокопористых песчаников нижнего девона. Хорошими ловушками углеводородов могут быть и приконтактные зоны базитов и вмещающих пород, где обычно развиваются вторичная трещиноватость и локальные резервуары и высоким дебитом углеводородов. Базитовые дайки приводят к появлению вертикальных каналов для перетока углеводородов. При этом дайки могут создавать и новые антиклинальные и флексурные ловушки нефти и газа.

Негативные и позитивные стороны термодинамического воздействия базитовых интрузий на углеводородный потенциал Юго-Восточной Балтики должны учитываться при проведении детальных поисковых и разведочных работ на углеводороды. До сих пор геологи-нефтяники проводили поисково-разведочные работы в таких районах Балтийской синеклизы, где базитовый магматизм не проявлялся. Скоро предстоит осваивать новые районы на глубокопогруженных участках синеклизы, где интрузии базитов широко развиты в перспективных нефтегазоносных отложениях. Здесь могут возникнуть новые проблемы, когда старые методы поисков углеводородов и оценки их потенциала не дадут желаемых результатов.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Биркис А.П., Канаев А.В. Хубльдинов А.И. Стратиграфическое положение, геология и петрография Самбийского комплекса постсилурийских пластовых интрузий диабазов Центральной части Балтийской синеклизы // Палеонтология и стратиграфия фанерозоя Латвии и Балтийского моря. Рига: Зинатне, 1992. С. 145–158.
2. Геодекян А.А. (отв. ред.) и др. Геологическое строение и перспективы нефтегазоносности Центральной Балтики. М.: Наука, 1976. 113 с.
3. Григалис А.А. (отв. ред.) и др. Геология и геоморфология Балтийского моря. Л.: Недра, Ленинградское отделение, 1992. 420 с.
4. Зоненшайн Л.П., Кузьмин М.И., Натанов Л.М. Тектоника литосферных плит территории СССР. М.: Недра, 1990. Кн. 1. 328 с.
5. Комплект карт геологического содержания дна Балтийского моря, 1 : 500 000 масштаба. Ленинград: Картфабрика ВСЕГЕИ, 1990.
6. Конторович А.Э., Мельников Н.В., Старосельцев В.С., Хоменко А.В. Влияние интрузивных траппов на нефтегазоносность палеозойских отложений Си-

- бирской платформы // Геология и геофизика. 1983. № 5. С. 14–20.
7. *Мещерский А.А., Харин Г.С., Чегесов В.К., Чернышева Е.А.* Среднепротерозойские диориты Калининградского структурного блока и их связь с готским интрузивным комплексом северо-востока Польши // Докл. РАН. 2003. Т. 384. № 6. С. 790–794.
  8. *Ревердатто В.В., Меленевский В.Н.* Магматическое тепло как фактор генерации углеводородов: случай базальтовых силлов // Геология и геофизика. 1983. № 6. С. 15–24.
  9. *Хаин В.Е.* Региональная геотектоника. Внеальпийская Европа. М.: Недра, 1977. 360 с.
  10. *Харин Г.С.* Импульсы магматизма Исландского плюма // Петрология. 2000. Т. 8. № 2. С. 115–130.
  11. *Харин Г.С.* Прогнозные очаги нефтеобразования в палеозойских отложениях Балтийской синеклизы // Геология морей и океанов. Мат. XVIII Межд. науч. конф. по морской геологии. М.: ГЕОС, 2009. Т. II. С. 105–109.
  12. *Харин Г.С.* Происхождение и эволюция, Балтийской синеклизы // Калининград: КГУ, Тезисы докладов 7-й региональной конференции “Комплексное изучение бассейна Атлантического океана”. 1993. С. 41.
  13. *Харин Г.С., Григалис А.А., Коваленко Ф.Я.* История геологического развития // Геология и геоморфология Балтийского моря. Л.: Недра, Ленинградское отделение, 1991. С. 354–365.
  14. *Харин Г.С., Ерошенко Д.В.* Базальтоиды Балтики – возможное связующее звено между магматизмом грабена Осло и Припятско-Донецкого авлакогена (геохимия, генезис, эволюция) // Щелочной магматизм Земли и его рудоносность. Мат. междунар. совещания. Киев: НАН Украины, 2007. С. 238–243.
  15. *Харин Г.С., Мещерский А.А., Чегесов В.К.* Докембрийская кора выветривания кристаллического фундамента в Калининградской области // Литол. и полезные ископаемые. 2003. № 1. С. 58–65.
  16. *Chubldikov A., Kharin G.* Sambian diabases, their correlation and importance for geology of the Baltic // Vilnius: Lithuanian Geol. Instit. Geol. Conf. “The Baltic”. Abstr. 1997. P. 21.
  17. *Kepezinskas K.* Evolution of the magmatic rocks in the SE Baltic Region. Vilnius: Academia, 2001. 154 p.
  18. *Kharin G.S., Khubldikov A.K., Efimov A.N.* Geology of crystalline basement and preQuaternary cover // Geology of the Gdansk Basin (Baltic Sea). Kaliningrad: Yanterny skaz, 2002. P. 31–41.
  19. *Motuza G., Kopezinskas P., Slaupa S.* Diabases from drilling D-1 in the Baltic Sea // Geologia. 1994. № 16. P. 16–20.
  20. *Neumann E.-R., Tilton R., Tuen E.* Sr, Nd and Pb isotope geochemistry of the Oslo rift igneous province // Geochim. Cosmochim. Acta. 1988. V. 52. № 8. P. 1997–2008.
  21. *Rempel H., Schmidt-Thome V.* Hydrocarbon Potential of the Baltic Sea Region // Zeitschrift für Angewandte Geologie. Special issue. 2004. № 2. P. 17–28.
  22. *Slaiupa S., Laskova L., Lazauskiene J. et al.* The petroleum system of the Lithuanian offshore Region // Zeitschrift für Angewandte Geologie. Special issue. 2004. № 2. P. 41–62.
  23. *Wilson M., Lyashkevich Z.M.* Magmatism and geodynamics of the rifting of the Pripyat-Dnieper-Donets rift, East European Platform // Tectonophysics. 1996. V. 268. № 1–4. P. 65–81.

## Basic Intrusives and Hydrocarbonic Potential of the South-East Baltic

G. S. Kharin, D. V. Eroshenko

Paleozoic deposits of the Kaliningrad region and an adjacent South-East part of Baltic Sea, became recently objects of industrial exploiting out of hydrocarbons. The small sizes of local productive structures, their limited number and small reserves of oil have served in a land part of the area as the reasons as falling of extraction of hydrocarbons, and strong reduction of volumes of exploration geology. At the same time, according to Institute of oceanology of the Russian Academy of Sciences and other organizations, the water area of South-East Baltic is perspective on hydrocarbons and possesses a significant amount of unvalued local structures. However, position becomes complicated that here big fields magmatic intrusive basic rocks – diabases recently have been revealed, secants perspective oil-gas-bearing Paleozoic sediments. This circumstance can have both positive, and negative values at an estimation of hydrocarbonic potential which should be considered at exploration geology and by working out of deposits of oil. In article the analysis of the data about distribution, the areas, age, structure, volumes basic intrusives, their conditions beddings and possible influences on hydrocarbonic potential of South-East Baltic is resulted.