

ГЕОЛОГИЯ

УДК 551.244 (571.56)

А.Г. БЕРЗИН, А.Ф. САФРОНОВ, В.С. СИТНИКОВ

НЕКОТОРЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ АКТИВИЗАЦИИ РАЗЛОМНЫХ СИСТЕМ И ЭВОЛЮЦИИ ОСАДОЧНО-ПОРОДНЫХ БАССЕЙНОВ (восточная часть Сибирской платформы)

В краевых депрессиях Востока Сибирской платформы установлены разновозрастная активизация ранее заложенных систем разломов различных направлений и генераций и связанная с ней азимутальная переориентация структурных планов комплексов отложений осадочно-породных бассейнов. Процессы имеют синхронный и направленный характер в течение геологического времени. Предполагается существенное влияние конседиментационно-активных (бассейнообразующих) разломов на процессы седиментации, стадийность развития осадочно-породных бассейнов и онтогенез УВ.

В мировой геологической практике накопились факты, подтверждающие вывод о том, что в различное время в земной коре активизировались системы разломов отличных, но вполне определенных ориентировок, которые контролировали процессы тектогенеза и магматизма. Исследования последних лет подтверждают также взаимосвязь развития разломов тектоносферы с эволюцией осадочно-породных бассейнов (ОПБ) и онтогенезом углеводородов (УВ).

Уточним определение ОПБ и их некоторые особенности формирования и развития. ОПБ — часть пространства литосферы, где накапливаются осадки, которые затем существуют в виде породных ассоциаций в крупной линзе осадочных горных пород, связанных единством места и тектонотипом соответствующего участка земной коры. Выделяют ОПБ синеклиз, краевых и предгорных прогибов, межгорных впадин и др.

По современным представлениям некоторых исследователей, в разрезе осадочного чехла краевых депрессий на востоке Сибирской платформы выделяются несколько разновозрастных пространственно совмещенных бассейновых комплексов. В частности, среднепалеозойско-мезозойские отложения являются синхронным комплексом Лено-Вилуйского бассейна, а залегающие под ними отложения — синхронным комплексом более древнего рифей-нижнепалеозойского Восточно-Сибирского бассейна [6].

Границы ОПБ и их критерии обособления изучены К.И. Микуленко и др. [6]. На основании морфологического и отчасти генетического сходств линз осадочного выполнения ОПБ и во-

дного заполнения современных морских акваторий в основу разобщения ОПБ положены признаки разделения морских бассейнов. Критерии обособления разновозрастных пространственно совмещенных ОПБ следующие: 1) региональные, стратиграфические, угловые и азимутальные несогласия; 2) наличие в осадочно-породной линзе элементов районирования внешней, переходной и внутренней зон (по аналогии — шельф, континентальный склон, ложе); в) циркумструмный (разнонаправленный) характер распределения в плане мощностей и литофаций. Следствием первого критерия может быть относительное пространственное смещению прогнутых частей разновозрастных бассейнов («ванн прогибания», по Б.А. Соколову [9]), что подтверждается на соотношениях Лено-Вилуйского и Восточно-Сибирского ОПБ.

Несмотря на определенные различия бассейнов, в их развитии имеются общие черты. Бассейны всегда проходят начальную, основную и заключительную стадии, отличающиеся направленностью общих тектонических движений, следовательно, разными условиями накопления и типами осадков [9]. Заложение бассейнов начинается с формирования грабен-горстовых структур (рифтового основания). Последующая (ранняя) стадия характеризуется мощными длительными процессами общего прогибания и трансгрессивным типом осадконакопления. Основная стадия развития ОПБ приходится на период максимального устойчивого прогибания, обусловившего наибольшие размеры бассейна и относительно глубоководный тип отложений. Заключительная стадия

связана с регрессией, последовательным обмелением и сокращением размеров бассейна и соответствующим типом осадков.

Интересно установление закономерностей в активизации разломных систем отличных пространственных ориентировок и взаимосвязи с этими системами поведения структурных планов комплексов пород, сформированных в ОПБ различного возраста. Для дальнейших выводов и обобщений принципиально важно выявление на изучаемой территории востока Сибирской платформы пространственного положения систем глубинных разломов, времени их заложения и активизации.

Результаты исследований и их обсуждение

В пределах Лено-Вилуйского ОПБ разрывы регионального типа изучались с 50-х гг. XX в. Наиболее крупная сводка по систематизации разрывов подготовлена коллективом геологов и геофизиков ЯИНГ ЯФ СОАН СССР под руководством К.Б. Мокшанцева [7] и сотрудниками СНИИГГиМС [3]. Интересные результаты получены также другими исследователями, в частности, К.В. Тимиршиным [10]. С учетом этих материалов и дополнительных данных, установленных в последние годы, нами рассмотрена

дифференциация систем региональных разрывных нарушений в осадочном чехле и фундаменте по преобладающему азимутальному простиранию и относительному возрасту образования (рис. 1).

В север—северо-западном направлении (азимуты 320—340°) выделяется мода распределения дизъюнктивов: наиболее значительная, по данным К.Б. Мокшанцева [7] и материалам обработки космических снимков (КС), весьма значительная, по данным СНИИГГиМСа, и подтвержденная линеаменами гравитационного поля, выявленными нами при пространственной фильтрации гравитационных и магнитных полей. С учетом рассматриваемых источников информации и методов выделения разрывные нарушения данного направления можно в равной мере признать разломами в фундаменте и осадочном чехле.

В северо-восточном направлении (азимуты 20—40°) установлена наиболее значительная мода распределения дизъюнктивов, по данным К.В. Тимиршина [10] и СНИИГГиМСа, и существенная, исходя из материалов КС. Она подтверждается линеаменами гравитационного поля и не соответствует данным К.Б. Мокшанцева [7]. Предполагается, что разломы подобных направлений развиты преимущественно в осадочном чехле, но не исключается наличие таких дизъюнктивов и в фундаменте.

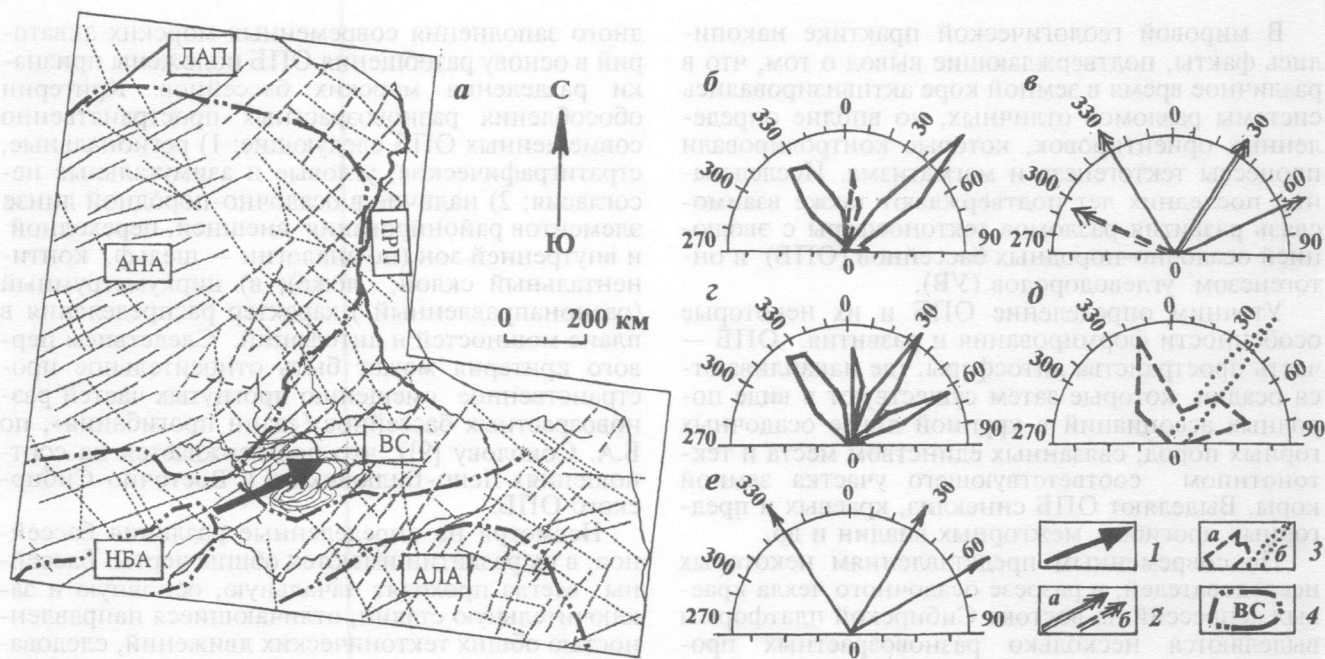


Рис. 1. Обобщение глубинных разломов на востоке Сибирской платформы: фрагмент карты разломной тектоники на восточную часть Сибирской платформы по [3] (а); розы-диаграммы разломов: на всю территорию платформы по [3] (б); то же, по [7] (условное распределение по направлениям и частоте) (в); на восточную часть Сибирской платформы (обобщение авторов) (г); на территорию Алданской антеклизы по [11] (д); направления линеаментов в гравитационном и магнитном полях на территорию Вилуйской синеклизы (е); 1 — направление простирания среднепалеозойских структур в западной части Вилуйской синеклизы; 2 — направления разломов по [7]: а — доминирующих, б — редко встречающихся; 3 — разломы по [11]: а — в фундаменте, б — в осадочном чехле; 4 — надпорядковые структуры: АНА — Анабарская антеклиза, АЛА — Алданская антеклиза, ЛАП — Лено-Анабарский прогиб, ПРП — Предверхожанский прогиб, ВС — Вилуйская синеклиза, НБА — Нелско-Ботубинская антеклиза

В восток—северо-восточном направлении в диапазоне азимутов 50—70° обособляется наиболее значительная мода распределения дизъюнктивов, по данным К.В. Тимиршина [10], значительная, по материалам К. Б. Мокшанцева [7], существенная, по построениям СНИИГГиМСа, и незначительная, по данным КС. Она удостоверяется линеаменами магнитного и не подтверждается линеаменами гравитационного полей. Разломы данных направлений вероятны преимущественно в кристаллическом фундаменте, но не исключены и в осадочном чехле.

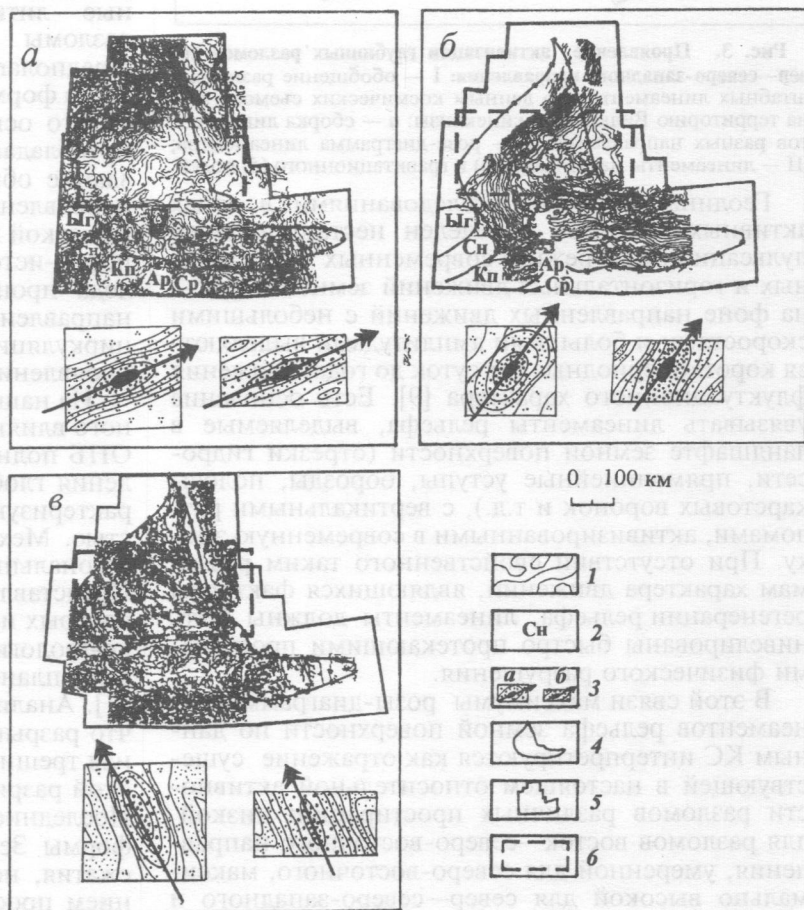
Обобщение этих материалов приводит к заключению, в целом совпадающему с выводом К.Б. Мокшанцева [7] о существовании на изучаемой территории систем разломов, выраженных на обобщенной розе-диаграмме максимумами распределений следующих направлений: север—северо-западное (азимуты 320—340°), восток—северо-восточное (50—70°), северо-западное (290—310°) и северо-восточное (20—40°). По нашим данным, наиболее редкое — северо-западное направление. Характерно, что разломы двух первых и двух последних направлений ортогональны, что может свидетельствовать о существовании на изучаемой территории двух сопряженно-ортогональных систем глубинных разломов. Следует отметить, что для установления относительного возраста разрывных нарушений данных недостаточно (есть только заключение К.Б. Мокшанцева [7] о наиболее древнем (протогейском) возрасте дизъюнктивов север—северо-западного прости-

рания, типичном для наиболее древних разломов фундамента).

Одна из интегральных характеристик, отражающих структурный план того или иного тектонического комплекса, — его региональное простираание. Последнее может быть однозначно установлено по поведению двумерных функций автокорреляции (ДФАК), вычисляемых по отметкам залегания поверхности комплекса.

На рис. 2 показаны структурные карты Вилюйской синеклизы для трех разновозрастных геологических поверхностей: кристаллического фундамента, сейсмического горизонта ТП, приуроченного к переходным слоям в кровле перми и подошве триаса, и рельефа земной поверхности, отражающего современный структурный план, а также вычисленные по ним ДФАК и выявленные направления регионального простираания структурных планов. Для контроля результатов ДФАК вычислялись в двух окнах анализа: на всю территорию Вилюйской синеклизы и на осложняющий ее Ыгыатинско-Линденский мегапрогиб. В результате анализа этих и других разновозрастных срезов: подошвы девона (сейсмический горизонт Д₂), кровле юры (сейсмический горизонт Ю₃), кровлям нижнего и верхнего мела (данные бурения) установлена тенденция направленной переориентации (поворота) регионального простираания структурных планов — от восток—северо-восточного направления к северо-восточному и далее к северо-западному. По-видимому, азимутальная переориентация связана с синхронны-

Рис. 2. Результаты корреляционного анализа структурных планов разновозрастных отложений: а — поверхности кристаллического фундамента (по карте магнитного поля); б — сейсмического горизонта ТП, приуроченного к переходным слоям в кровле перми и подошве триаса; в — рельефа земной поверхности; 1 — изолинии планов; 2 — среднепалеозойские структуры: Сн — Сунтарский, Ар — Арбайский валы; Ыг — Ыгыатинская, Км — Кемпендйская, Ср — Сарсанская впадина; 3 — ДФАК и направление ее простираания: а — в «большом окне» анализа, б — в малом; 4 — контур Вилюйской нефтегазоносной области (НГО); 5 — контур базы данных; 6 — контур Ыгыатинско-Линденского мегапрогиба по фундаменту («малое окно» анализа)



ми процессами последовательной активизации разломных систем различных направлений в тектоносфере, обусловленными причинами планетарного характера в протерозое—фанерозое, отчетливо проявленными на востоке Сибирской платформы в ее современных границах.

Активизация разломных систем и тип ее проявления на изучаемой территории выявлены по результатам обработки разномасштабных линейментов рельефа земной поверхности по космическим снимкам и подтверждены при специальной обработке данных гравитационного и магнитного полей (рис. 3).

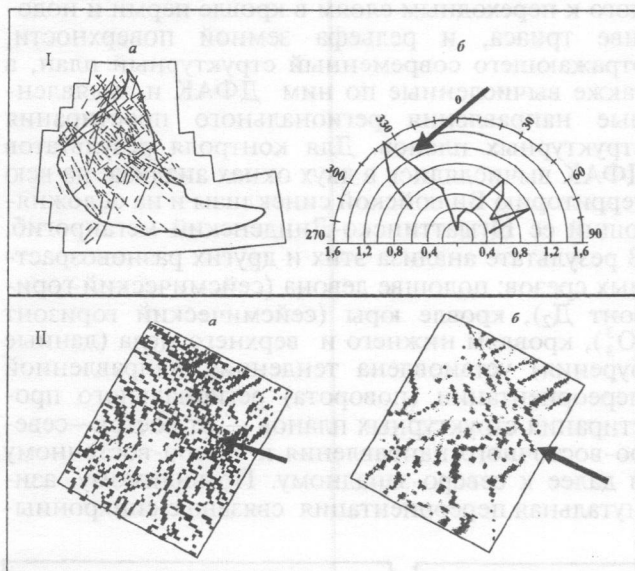


Рис. 3. Проявление активизации глубинных разломов север—северо-западного направления: I — обобщение разномасштабных линейментов по данным космических съемок (КС) на территорию Вилуйской синеклизы: а — сборка линейментов разных направлений, б — роза-диаграмма линейментов; II — линейменты магнитного (а) и гравитационного (б) полей

Геодинамическими исследованиями в зонах активных разломов определен нестационарный пульсационный режим современных вертикальных и горизонтальных движений земной коры — на фоне направленных движений с небольшими скоростями и большими амплитудами выделяются короткопериодные (от суток до года) движения флуктуационного характера [9]. Есть основание увязывать линейменты рельефа, выделяемые в ландшафте земной поверхности (отрезки гидросети, прямолинейные уступы, борозды, полосы карстовых воронок и т.д.), с вертикальными разломами, активизированными в современную эпоху. При отсутствии свойственного таким разломам характера движений, являющихся фактором регенерации рельефа, линейменты должны быть нивелированы быстро протекающими процессами физического разрушения.

В этой связи максимумы розы-диаграммы линейментов рельефа земной поверхности по данным КС интерпретируются как отражение существующей в настоящем относительной активности разломов различных простираний: низкой для разломов восток—северо-восточного направления, умеренной для северо-восточного, максимально высокой для север—северо-западного и

нулевой для северо-западного (рис. 3, I). Отметим, что распределение разломов этих направлений без учета периодической активности имеет другие соотношения максимумов.

Последовательную активизацию разломных систем подтверждает, в частности, поведение линейментов гравитационного и магнитного полей, выделенных при обработке на Атыяхской площади в Кемпендяйской впадине (рис. 3, II). Линейменты север—северо-западного простирания «секут» линейменты остальных направлений, что свидетельствует о наиболее молодом возрасте разломных структур данного направления в осадочном чехле. Последние обусловлены, на наш взгляд, активизацией наиболее древних (протогейских) разломов кристаллического фундамента того же направления.

С учетом направленного поворота структурных планов разновозрастных отложений предполагается, что восток—северо-восточные и северо-восточные разломы были достаточно активными в прошлые геологические эпохи, север—северо-западные разломы проявляют активность в новейшую эпоху, а северо-западным предстоит активизироваться в будущем.

Анализ наблюдаемой переориентации структурных планов подтверждает, что влияние активизированных разломов на формирование планов осадочно-породных бассейнов носит конседиментационный характер. Механизм влияния контролирует заложение основания бассейна и последующие процессы накопления новых осадков, но не переориентирует ранее сформированные литифицированные породы, для которых разломы являются постседиментационными. Предполагается, что контроль осуществляется через формирование бассейнового разломно-блокового основания с выраженным направлением преобладающего азимутального простирания; создание общего плана эрозии с определяющими направлениями механической, физической, химической и биологической дезинтеграции горных пород-источников сноса; моделирование общего хода процессов накопления с определяющими направлениями береговых линий, рельефа дна, циркуляции течений и других гидродинамических проявлений в бассейне седиментации.

На наш взгляд, намеченный характер возможного влияния разломной тектоники на эволюцию ОПБ полностью отвечает особенностям проявления глобального тектонического процесса, характеризующегося периодичностью и дискретностью. Механизм образования и активизации ортогональных систем нарушений дискусионен. Представляют интерес выводы и обобщения некоторых исследователей, рассматривавших физико-геологические и физико-математические модели планетарно-трещиноватой делимости [2, 5, 11]. Анализ этих данных позволяет заключить, что разрывные движения литосферы и планетарная трещиноватость создаются путем периодической разрядки накопленных напряжений Земли. Последние обусловлены изменениями объема и формы Земли, переменностью гравитационного сжатия, неравномерностью вращения и изменением пространственного положения оси враще-

ния со временем. Возобновляемость напряжений по системам нарушений позволяет прогнозировать время активизации и решать вопросы углеводородной специализации, устанавливать системы нарушений, которые принимали участие в формировании структурных форм залежей УВ, способствовали перетокам и др.

В рамках представлений об активизации разломных систем определенной пространственной ориентировки как планетарного явления может быть объяснена удивительная синхронность стадий развития континентально разобленных кайнозойских рифтовых систем (Рейнская, Байкальская, Восточно-Африканская, Рио-Гранде) [12]. Так, проторифтовые депрессии в рифтовых системах проявились в эоцене, массовый основной вулканизм — в миоцене и т.д. Подобную синхронность развития, близость осадочных ассоциаций и вулканигов обнаруживают и среднепалеозойские, Вилюйская и Днепровско-Донецкая, рифтовые системы, расположенные на разных платформах [1].

Одно из возможных приложений выявленных закономерностей — уточнение модели пространственного соотношения разновозрастных бассейнов. Принято считать, что пространственное местоположение и направление азимутального простирания бассейновых оснований («ванн прогибания») Восточно-Сибирского и Лено-Вилюйского бассейнов совпадают. В соответствии с развиваемыми принципами схема пространственного положения бассейновых оснований, построенная по двумер-

ной функции взаимной корреляции (ДФВК) между поверхностью фундамента и поверхностью кровли пермских отложений (сейсмический горизонт ТП) при условии совмещения основания более древнего ОПБ с самой глубокой структурой фундамента — Ыгыаттинско-Линденским мегапрогибом (авлакогеном), выглядит иначе (рис. 4).

Бассейновое основание наложенного Лено-Вилюйского ОПБ оказывается развернутым на северо-восток и смещенным по отношению к Восточно-Сибирскому, несколько севернее Китчанского выступа. При этом значительная часть основания оказывается под горными сооружениями Западного Верхоянья, что соответствует представлениям о миграции на стадии опускания «ванн прогибания» во внешнюю часть перикратонного прогиба. Результаты смещения депоцентров прогибания разновозрастных пространственно совмещенных ОПБ на востоке Сибирской платформы корреспондируют с модельными представлениями.

По вещественному составу и структурным особенностям отложения среднепалеозойского мегакомплекса соответствуют платформенному (плитному) и рифтогенному тектоническим комплексам. Рифтогенный комплекс, по построениям Г.С. Гусева и др. [4], кроме территории Вилюйской синеклизы развит и на восточной периферии платформы — Западно-Верхоянском миогеосинклинальном бассейне (Сетте-Дабан-Хараулах). Именно сюда сдвинута «ванна прогибания» Лено-Вилюйского бассейна, которая могла представлять собой рифтовую систему, выполненную в отличие от бассейнового основания Восточно-Сибирского ОПБ разломами не восток—северо-восточного, а северо-восточного простирания.

Выводы

1. Выявленная переориентация структурных планов разновозрастных отложений, имеющая направленный характер в течение геологического времени, вызвана, вероятно, последовательной активизацией ранее заложенных систем разломов различных направлений и генераций и обусловлена механизмом планетарного характера и тектоническими процессами, происходившими в протерозое—фанерозое на востоке Сибирской платформы.

2. При образовании разновозрастных комплексов пород процессы осадконакопления контролируются, а структурные планы формируются при существенном влиянии систем разломов того направления, которое является конседиментационно-активным в период синхронного осадконакопления и образования осадочно-породного потенциально нефтегазоносного бассейна.

3. Периоду активизации системы разломов того или иного направления соответствует время развития определенного ОПБ с его заложения до физического разрушения,

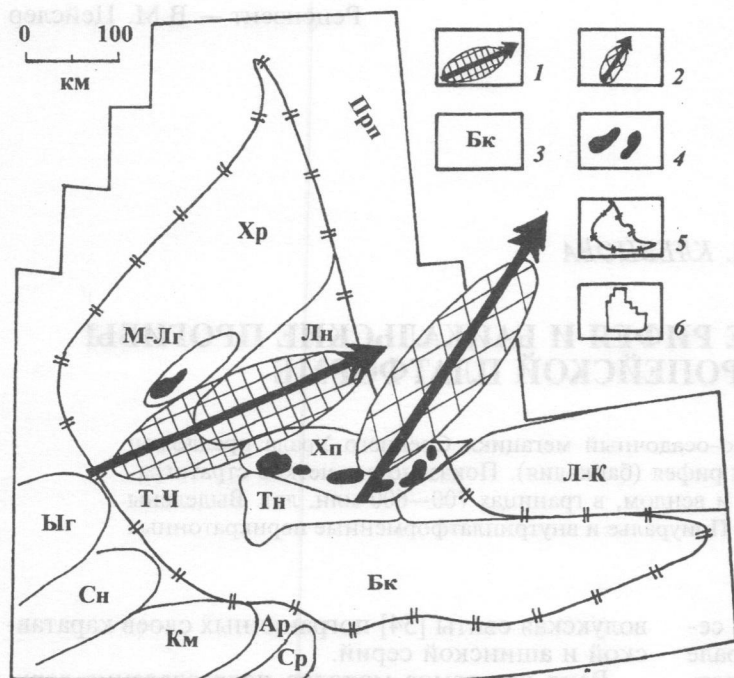


Рис. 4. Структурная схема Вилюйской синеклизы и прилегающей части Предверхоанского прогиба с размещением условных бассейновых оснований разновозрастных ОПБ: 1 — древнего рифей-нижнепалеозойского; 2 — наложенного среднепалеозойско-мезозойского; 3 — структуры осадочного чехла: Хп — Хагчагайский мегавал, Тн — Тангнарынский прогиб, Т-Ч — Тюкян-Чебыдинская моноклинал, Бк — Бескюельская моноклинал, Хр — Хоргочумская моноклинал, Л-К — Лунгхинско-Келинская впадина, Ыг — Ыгыаттинская впадина, Км — Кемпедийская впадина, Сн — Сунтарский свод, Ар — Арбайско-Синский вал, Ср — Сарсанская впадина, Прп — Предверхоанский прогиб; 4 — месторождения; 5 — контур Вилюйской НГО; 6 — контур базы данных

а в начале активизации следующей системы разломов закладывается новый ОПБ. Стадийность в развитии ОПБ, отличающаяся закономерной направленностью общих тектонических движений, может быть обусловлена сменой вдоль активизированной системы разломов тектонического режима с преобладанием того или иного поля напряжений (от растяжения земной коры в начальной фазе активизации до сжатия в конечной стадии развития ОПБ).

4. Установленные особенности проявления разломной тектоники с последовательной активизацией систем разломов разных, но вполне определенных направлений способствуют объяс-

нению закономерностей размещения выявленных и прогнозируемых зон нефтегазонакопления (ЗНГН) и месторождений. При этом воздействие разломов разнообразно. Системы разломов одинаковых возраста и направления предопределяли формирование условий, обеспечивших образование и сохранение проявлений УВ различного масштаба. Другие системы разломов, активизированные на определенных этапах геологического развития, участвовали в переформировании и частичном разрушении более ранних зон нефтегазонакопления и обеспечивали создание новообразованных ЗНГН, поддерживая тем самым круговорот УВ в земной коре.

ЛИТЕРАТУРА

1. Г а й д у к В.В. Вилюйская среднепалеозойская рифтовая система. Якутск: Изд-во ЯНЦ СО АН СССР, 1988.
2. Г а р б а р Д.И. Две концепции ротационного происхождения регматической сети // Геотектоника. 1987. № 1.
3. Г р и ш и н М.П., С у р к о в В.С. Карта тектонического районирования фундамента Сибирской платформы // Геология нефти и газа Сибирской платформы. М.: Недра, 1981.
4. Г у с е в Г.С., П е т р о в А.Ф., Ф р а д к и н Г.С. и др. Структура и эволюция земной коры Якутии. М.: Наука, 1985.
5. К а т т е р ф е л ь д Г.Н. Планетарная трещиноватость и линеаменты // Геоморфология. 1984. № 3.
6. М и к у л е н к о К.И., С и т н и к о в В.С., Т и м и р ш и н К.В., Б у л г а к о в а М.Д. Эволюция структуры и условий нефтегазообразования осадочных бассейнов Якутии. Якутск: Изд-во ЯНЦ СО РАН, 1995.
7. М о к ш а н ц е в К.Б., Г о р н ш т е й н Д.К., Г у с е в Г.С. и др. Тектоника Якутии. Новосибирск: Наука, 1975.
8. С и д о р о в В.А., Б а г д а с а р о в а М.В. и др. Современная геодинамика и нефтегазоносность. М.: Наука, 1989.
9. С о к о л о в Б.А. Эволюция и нефтегазоносность осадочных бассейнов. М.: Наука, 1980.
10. Т и м и р ш и н К.В. Разрывные нарушения северного склона Алданской антеклизы // Тектоника и нефтегазоносность Якутии. Якутск: Изд-во ЯНЦ СО АН СССР, 1989.
11. Т я п к и н К.Ф., Н и в е л ю к Т.Т. Изучение разломных структур геолого-геофизическими методами. М.: Недра, 1982.
12. M o h r P. Musings on continental Rift // Continental and oceanic rift. Washington and Boulder, 1982.

Якутский Госуниверситет
Институт проблем нефти и газа ЯНЦ СО РАН
Госкомгеология РС(Я)

Рецензент — В.М. Цейслер

УДК 551.72:551.242.7 (470.1/4)

А.А. КЛЕВЦОВА

ЧЕТВЕРТОЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЕ РИФЕЯ И БАЙКАЛЬСКИЕ ПРОГИБЫ НА ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ ПЛАТФОРМЕ

Басегско-Серебрянский вулканогенно-осадочный мегацикл Среднего Урала предложен как стратотип четвертого подразделения рифея (байкалия). Показано его четкое стратиграфическое положение между каратавием и вендом, в границах 700—600 млн. лет. Выделены два типа прогибов байкалия — краевые в Приуралье и внутриплатформенные перикратонных впадин и авлакогенов.

Рифейская группа в объеме от бурзянской серии до ашинской выделена на Южном Урале Н.С. Шатским [61] в 1945 г. Каждая серия соответствует крупному циклу осадконакопления. Бурзянский, юрматинский и каратавский циклы — терригенно-карбонатные; ашинский цикл представлен молассой байкальской складчатости. Б.М. Келлер развивал трехчленное деление рифея: бурзяний, юрматиний, каратавий. Идея о терминальном рифее — кудаше — была выдвинута им же [18, 54]. В составе кудаша Б.М. Келлером и В.И. Козловым рассматриваются укская и кри-

волукская свиты [54] пограничных слоев каратавской и ашинской серий.

Венд как самое молодое подразделение верхнего докембрия обособлен Б.С. Соколовым в 1956 г. [48] на западе Русской плиты под балтийской серией нижнего кембрия. В это время господствовала точка зрения о широком площадном распространении на востоке Русской плиты и Урале отложений нижнего кембрия, включающего не только балтийскую и валдайскую серии, но и пачелмскую и ашинскую. В 1960 г. А.А. Клевцовой и Л.Ф. Солонцовым [29] показано, что пачел-