

УДК 551.24:553.078(574)

B. Н. ЛЮБЕЦКИЙ¹, Л. Д. ЛЮБЕЦКАЯ²,
В. С. БИКЕЕВ³, Л. В. ШАБАЛИНА⁴, А. Т. УРДАБАЕВ⁵

ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ ЛИТОСФЕРЫ КАЗАХСТАНА, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ГЛУБИННЫЕ КРИТЕРИИ ЛОКАЛИЗАЦИИ ПОЯСОВ РАЗНОТИПНОГО ОРУДЕНЕНИЯ

Қазақстан тектоносферасының жинақталған үлгісінің көбінесе оның жоғарғы жағында — литосфера дағы, аймақтық сзықтар арқылы жеке нұскалардан шығатын, сейсмикалық және магнитті telluric зондтанумен, кималық сейсмографиямен жабдықталған басты сипаттарты қаралады. Олардың түрлі типті металтектік топтасуын айқындастын терен құрылымының және ішкі және тектааралық қатпарлы белдемдердің геодинамикасының сипаттамасы келтірілген.

Охарактеризованы главные черты обобщенной модели тектоносферы Казахстана, преимущественно ее верхней части — литосфера, вытекающие из частных моделей по региональным линиям, обеспеченный сейсмическим и магнитотеллурическим зондированиями, профильной сейсмотомографией. Приведена характеристика глубинного строения и геодинамики внутри- и межплатных складчатых поясов, определяющих их разнотипную металлогеническую специализацию.

Principal characteristic features of the correlated model of Kazakhstan “its tectonosphere mainly in its upper part - lithosphere - were characterized based on particular models by regional lines provided with seismic, magneto telluric probing and profile seismography. Characteristics of the deep-seated structure and geodynamics inside- and interplate folded belts, responsible for their different type metallogenic serialization, is given.

В 2003–2005 гг. фундаментальные исследования лаборатории региональной геофизики были направлены на создание обобщенной модели тектоносферы Казахстана и выявление ее главных глубинных неоднородностей, имеющих отношение к металлогении. Конкретная задача сводилась к изучению глубинного строения и геодинамики литосферы Казахстана с целью выделения глубинных рудоконтролирующих структур.

Постановка подобных исследований диктовалась целесообразностью поиска новых подходов к оценке территории Казахстана на различные виды полезных ископаемых, необходимостью вовлечения в сферу прогноза новых площадей и в конечном итоге актуальностью дальнейшего укрепления минерально-сырьевой базы республики. Поэтому в первую очередь были проанализированы главные направления современной фундаментальной геологической науки, их роль в процессе познания закономерностей формирования полезных ископаемых и вытекающие отсюда направления прикладных исследований. Полученный материал был положен в основу

вводной статьи к докладам казахстанских геологов к XXXII сессии МГК в г. Милане, Италия [10].

Научные достижения последних десятилетий позволяют учесть неоднородности строения всей Земли, включая нижнюю мантию и поверхность ядра, выделить восходящие потоки горячего мантийного вещества и нисходящие холодной литосферы, оценить их влияние на геодинамические процессы и формирование рудно-магматических систем. В свете этих достижений определилось новое направление минерагенических исследований в Казахстане, в котором немаловажную роль играет изучение глубинного строения тектоносферы.

Составление обобщенной модели тектоносферы Казахстана и выявление ее главных неоднородностей — задача по своей сути сложная, поскольку глубинные исследования в последние 15 лет в Казахстане полностью свернуты. В то же время во всем мире они являются приоритетными, так как, с одной стороны, дают фактический материал для разработки концепций развития Земли, а с другой — имеют прямое отно-

^{1–5}Казахстан. 050100, г. Алматы, ул. Кабанбай батыра, 69а, Институт геологических наук им. К. И. Сатпаева.

шение к познанию закономерностей формирования и размещения полезных ископаемых. Появилось много новых методов, позволяющих судить о составе, возрасте и глубине формирования вещественных комплексов мантии и происходящих в ней магматических и метаморфических процессах (определения РЭЭ; Sm-Nd, Rb-Sr, $^{3}He/^{4}He$, $^{40}Ar/^{36}Ar$ изотопия и др.), которые в Казахстане пока развиваются слабо с помощью иностранных инвесторов.

Для разработки модели тектоносферы Казахстана использованы трансформации регионального гравитационного поля, несущие информацию о неоднородностях верхней мантии; данные мировой сейсмотомографии, а также модели тектоносферы по региональным пересечениям, составленным на основе использования плотностных, структурно-скоростных [4, 15, 17], геоэлектрических моделей и профильной сейсмотомографии [3, 21, 22]. Геоэлектрические модели содержат информацию о строении земной коры и верхней мантии до глубины 100–200 км, профильной сейсмотомографии до 500 км.

В итоге комплексного анализа выделены зональные аномалии Δg I и II порядков. Установлено, что зональные аномалии I порядка отражают распределение высокоскоростных относительно охлажденных и низкоскоростных относительно разогретых масс в интервале глубин от 100 до 250 км; II порядка – блоковое строение литосферы на глубинах от 0 до 150 км. Установлено, что на уровне глубин 100–250 км большая часть Казахстана охвачена Евроазиатской высокоскоростной аномалией, характеризующей в целом относительно охлажденную мантию Евразийского континента. И только южной части Казахстана соответствует низкоскоростная аномалия, фиксирующая близширотный поток разогретой мантии со стороны западного сектора Тихого океана, которым обусловлены горообразующие процессы всей Центральной и Юго-Восточной Азии (рис. 1,2).

На сейсмотомографическом срезе 550 км картина противоположная: Евразийский континент и большая часть Казахстана характеризуются разогретой мантией, а южная и юго-восточная части Казахстана – охлажденной. Это свидетельствует о сложной ячеисто-конвективной структуре современной мантии на указанных глубинах и ограниченной мощности (интервал глубин 100–300 км) потока горячей мантии со стороны Тихого океана.

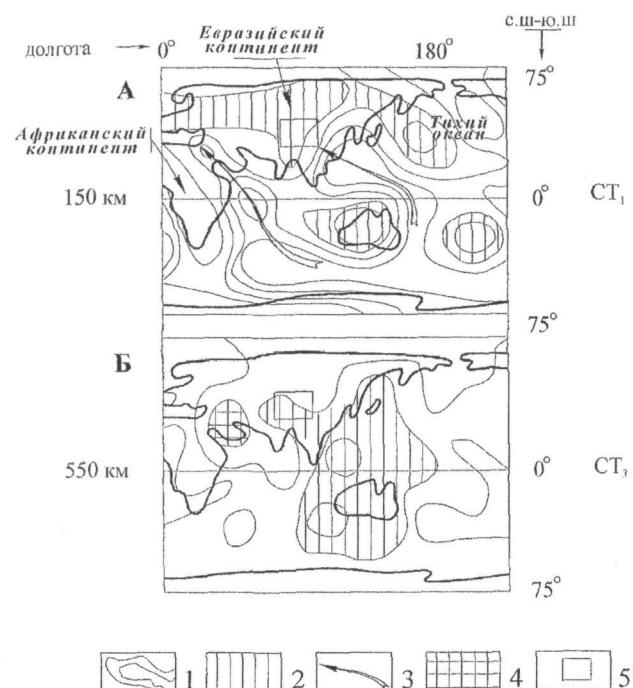


Рис. 1. Сейсмотомографические срезы тектоносферы Земли (по В.Е. Ханину, 2000, с дополнениями авторов).

А – на глубине 150 км, Б – на глубине 550 км.

1 – изолинии скоростных (тепловых) аномалий; 2 – поля высокоскоростных (относительно холодных) пород мантии; 3 – потоки низкоскоростных (относительно горячих) пород мантии; 4 – «пятна» низкоскоростных (относительно горячих) пород мантии; 5 – территория Казахстана

Строение горизонтов верхней мантии от поверхности М до 150 км более сложное, блоковое. Блоки имеют четкие ограничения. Некоторые из них соответствуют литосферным микроплитам. Уверенно выделяются блоки, содержащие мантийные пломы, а также погруженные реликтовые останцы сиалической коры (рис. 3).

Геологическая интерпретация физических моделей литосферы в Казахстане и ближнем зарубежье практически не проводилась, да и само составление этих моделей было новаторским для Казахстана [1,2]. Поскольку Казахстан является сложным геологическим регионом, обобщенная типовая модель его тектоносферы пока весьма схематична; она постепенно насыщается за счет региональных моделей тектоносферы по отдельным профилям.

Анализ структурно-скоростных и геоэлектрических разрезов позволяет наглядно представить внутреннее строение структур ЗК, сформированных в различных геодинамических обстановках, а также характер соотношения (мощность) верхней, средней и нижней коры, условно отожде-

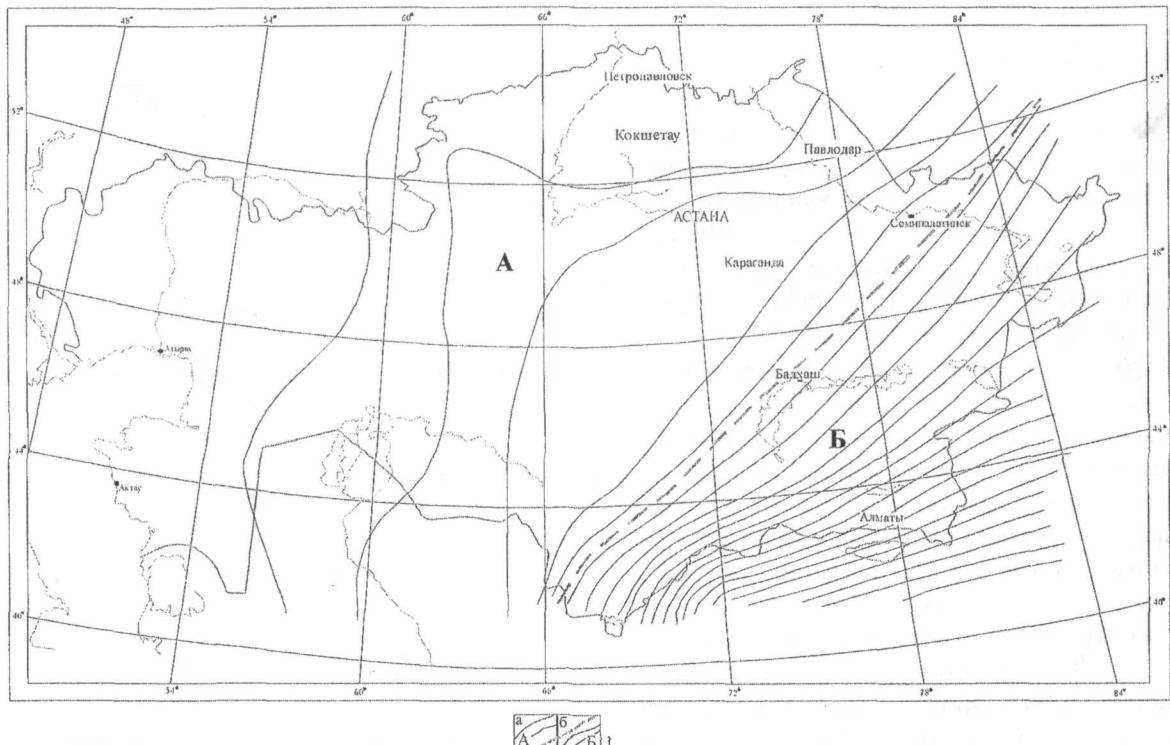


Рис. 2. Схема зонального гравитационного поля (аномалий I порядка) территории Казахстана. 1 – изолинии аномального гравитационного поля над блоком относительно холодных пород мантии (А), над блоком относительно разогретых пород мантии (Б)

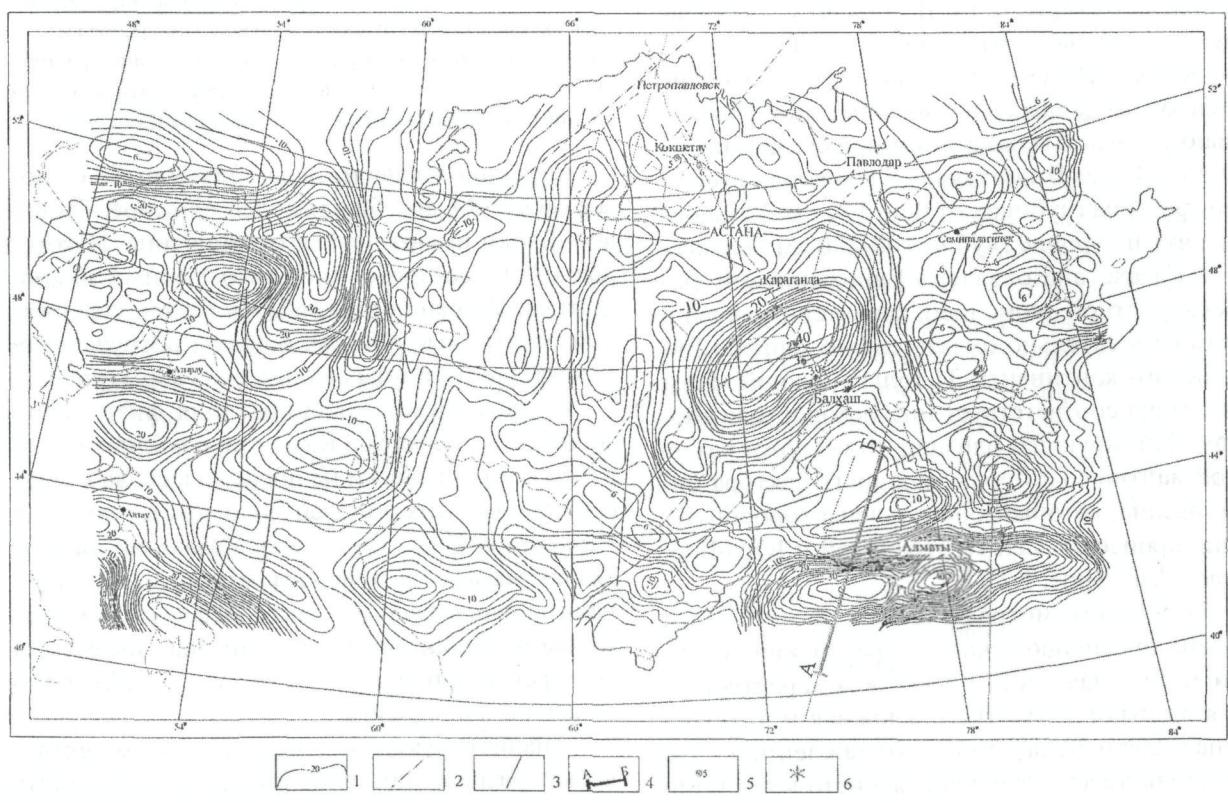


Рис. 3. Схема зональных гравитационных аномалий II порядка территории Казахстана, отражающих блоковое строение литосферы. 1 – изолинии аномалий Δg ; 2, 3 – профили ГСЗ, МОВЗ-ГСЗ, сейсмомагнитографии, МТЗ; 2 – представленные в отчете, 3 – находящиеся в работе; 4 – глубинный геолого-геофизический разрез по линии АБ, помещенный на рис. 4; 5 – точки изучения самарий-неодимовых систем в интрузивных породах (П. В. Ермолов, 2002); 6 – точки изучения состава ксенолитов из раннекайнозойских вулканитов (П. В. Ермолов, 2002)

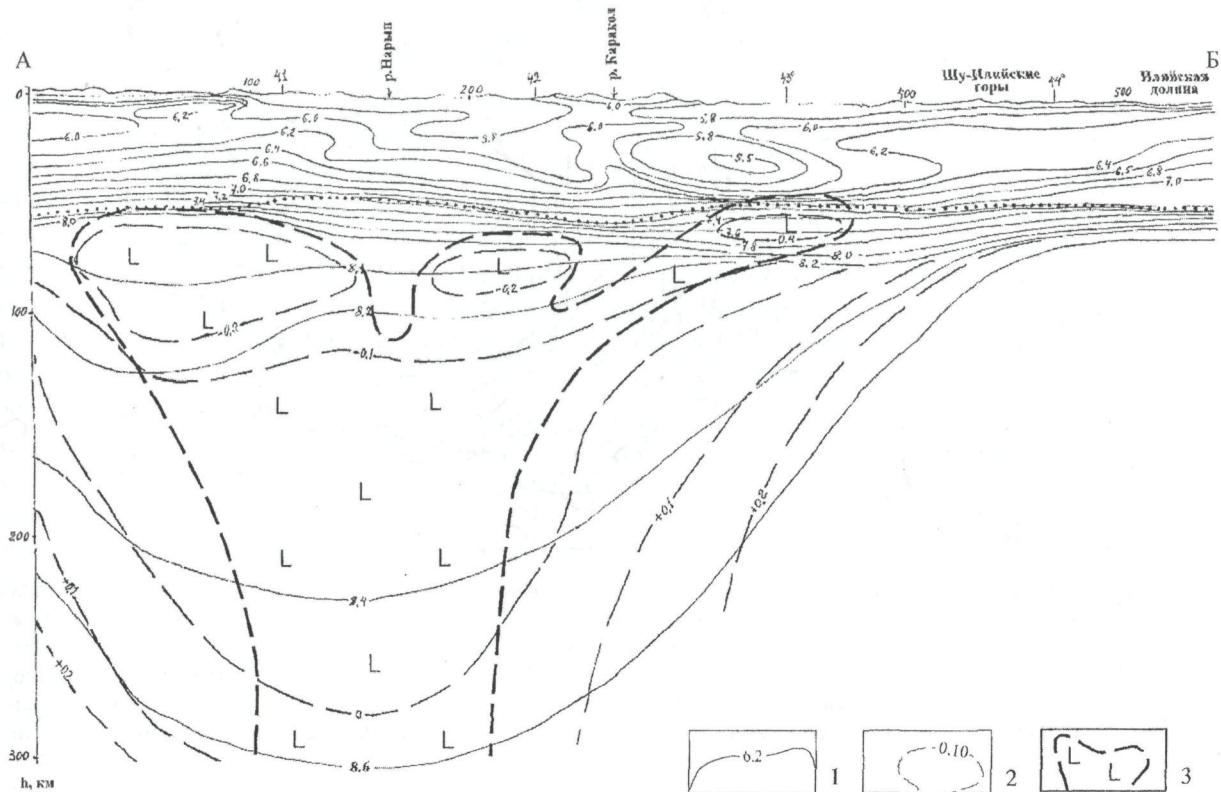


Рис. 4. Структурно-скоростная модель тектоносферы по профилю «Нангапарбат–Баканас» (по В.И. Шацилову).
1 – изолинии скорости, км/с; 2 – аномалии скорости, км/с; 3 – мантийный плюм

ствляемых с осадочно-вулканогенным, гранитно-метаморфическим и гранулит-базитовым слоями. Изолиниями скорости зафиксированы глубинные надвиги, погруженные в нижнюю кору сиалические блоки, блоки интенсивной базификации и резкого приращения нижней коры, верхушки мантийных астенолитов. Последние являются источниками мантийно-корового тепломассопереноса, с которым связаны процессы рудогенеза. Проводниками флюидопотоков в земной коре являются мобильные глубинные зоны, нередко разграничающие блоки ЗК разного типа. На основе структурно-скоростных и геоэлектрических разрезов проведены типизация ЗК (континентальная, реликтовая палеоокеаническая, переходная) и районирование территории Казахстана по типам коры.

В процессе выполнения проекта пересмотрен материал по ряду профилей глубинного сейсмического (ГСЗ) и магнитотеллурического (МТЗ) зондирований. Коровые структурно-скоростные разрезы дополнялись разрезами верхней мантии до глубины 300–500 км.

Составление моделей тектоносферы Казахстана проводилось по наиболее протяженным

профилям (>1000 км), пересекающим большое число структур: «Челкар–Волгоград» – через Прикаспийскую впадину; «Батолиту» – от Прикаспийской впадины до Kokшетауского террейна; «Меридиану» – от Сырдарьинской впадины через Карагату, Сарысу-Тенизский водораздел, Kokшетауский террейн; «Туркестанскому» – от Карагату до Алтая; «Алейскому» – от Чингиза до Горного Алтая и др.

Примером геотраверса ГСЗ, дополненного материалами профильной сейсмотомографии до глубины 300 км (по В.И. Шацилову), является глубинный разрез по линии «Нангапарбат–Баканас». Траверсом пересекаются Северный и Средний Тянь-Шань, охваченные гравитационным минимумом. Аномалия отвечает современной структуре рифтогенного типа, которая характеризуется мощным вулканогенно-осадочным слоем и почти полным отсутствием гранитно-метаморфического слоя. Блок мантии в области минимума отвечает верхушке мантийного плюма на глубинах от 50 до 300 км (рис. 4).

П. В. Ермоловым (2001) в раннекайнозойских вулканитах Тянь-Шаня выявлены мантийные включения зеленой и черной серий, а также

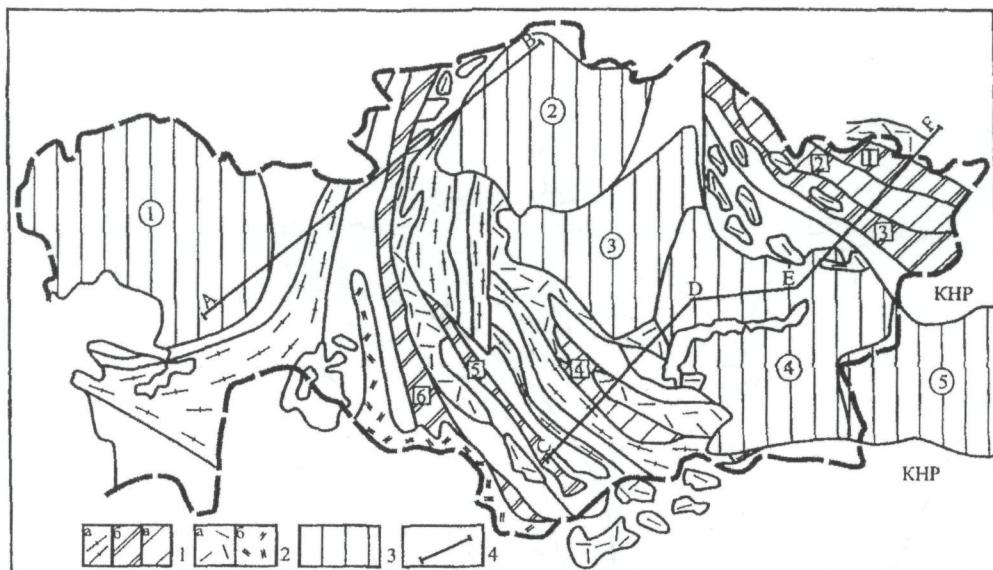


Рис. 5. Схема межплитных и внутриплитных покровно-складчатых поясов Казахстана. 1 – межплитные пояса: с широким распространением пород докембрия – а, сформированные на месте ОКП – б; 2 – наземные вулканические пояса, перекрывающие межплитные структуры; 3 – внутриплитные надплюмовые пояса (без расчленения); 4 – линии геотраверсов. Пояса межплитные (цифры в квадратах): 1 – Рудноалтайский, 2 – Западно-Калбинский, 3 – Кояндинско-Аркалыкский, 4 – Шу-Илийский, 5 – Большекаратауский, 6 – Валерьевонский; внутриплитные (цифры в кружках): 1 – Прикаспийский, 2 – Тениз-Кокшетауский, 3 – Центрально-Казахстанский, 4 – Прибалашский, 5 – Жонгарский

нижнекоровые ксенолиты. Первые были вынесены расплавом с глубин ниже 90 км, вторые – с глубин от 90 до 40 км, третьи – с 40 км и выше. Наиболее глубинные ксенолиты принадлежат примитивной первичной мантии с возрастом 3 Ma. Появление на глубине 90 км древней мантии объясняется ее подъемом к поверхности в форме плюма. Среднеглубинные ксенолиты сложены лерцолитами, верлитами, вебстеритами и пироксенитами.

В отчетном периоде лаборатория продолжала разработку геодинамической модели развития структур Казахстана в фанерозое, рассматривая ее как взаимодействие процессов плитной и плюмовой тектоник [2,13,14]. Подобные представления опираются на комплексные геофизические данные и имеют важные минерагенические следствия, поскольку позиция многих рудных и нефтегазоносных районов определяется либо внутриплитными взаимодействиями литосферы континентального типа и горячих плюмов, либо межплитными взаимодействиями вдоль линейных границ континентальных и океанических литосферных плит (рис. 5).

Межплитные пояса сформированы за счет раздвижения литосферных плит при спрединге

океанической коры и их сближения при закрытии океанических пространств. Структуры таких поясов и отвечающие им аномалии физических полей параллельны границам плит. Межплитные пояса разделены на два подтипа, сформированные: 1) на докембрийских сиалических корах и 2) на раннепалеозойских океанических корах. Первый подтип представлен окраинно-континентальными поясами (ОКП) в понимании Е. А. Долгинова (1981). В современных условиях пояса первого типа выделяются в области шельфов пассивных окраин континентов при переходе последних в океаны. Для них характерен активный геодинамический режим: основу их составляют пояса продольных разломов, шовных сдвиговых и сдвигово-надвиговых зон. Они сложены комплексами, переходными от гнейсовых и гранитогнейсовых образований континентов к базитовым и гипербазит-базитовым – океанов.

В качестве межплитных поясов, сформированных по типу ОКП, рассмотрен Рудно-Алтайский пояс. Установлено его сходство с Западно-Мугоджарским, Кояндинско-Аркалыкским и Большекаратауским поясами. Все они располагаются на окраинах континентальных литосферных плит, в пришельфовых частях и на континен-

тальных склонах, обращенных к палеоокеанам. Пояса фиксируются сохранившимися в современном поле характерными региональными положительными гравитационными аномалиями. На первом этапе они развивались по рифтогенному типу. Рифтогенез пассивных окраин протекал под воздействием линейных мантийных астенолитов, реликты которых выявлены магнитотеллурическим зондированием. С их внедрением связаны разрастания гранулит-базитового слоя, базификация и сокращение гранитно-метаморфического слоя при общем увеличении мощности земной коры. В условиях растяжения и внедрения астенолитов, проседания коры возникли линейные рифты. Процессы рифтогенеза сопровождались образованием на глубинах 15–20 км очагов базитовых щелочноземельных магм, поступавших из мантии и обогащенных металлами халькофильной группы.

Рудноалтайский пояс до фамена развивался в режиме пассивной окраины Алтайско-Монгольской литосферной плиты, при деструкции которой сформировались два линейных рифта (Юго-Западный и Северо-Восточный), где накапливалось рассеянное стратиформное оруденение железа, марганца, свинца и цинка. В фамене формируется Иртышская зона субдукции, и Рудный Алтай начинает развиваться в обстановке активной окраины. Широко проявляется островодужный вулканализм, пик которого приходится на вторую половину фамена – раннее турне. В коллизионную стадию (средний-поздний карбон) внедряются огромные массы сложнодифференцированных габбро-диорит-гранодиорит-гранитовых интрузий. В пермо-триасовое время каледонские комплексы Горного Алтая перекрыли северную часть Северо-Восточного рифта, а западный борт этого рифта надвинулся на Осевую подзону Рудного Алтая. Юго-Западный рифт пережался и закрылся в своей южной части. Составлена глубинная модель формирования Рудноалтайского золото-медно-полиметаллического рудного пояса [5, 6, 8], из которой видно, что формирование уникальных металлогенических провинций в ОКП происходит лишь в случае развития их вначале в геодинамической обстановке пассивных континентальных окраин, а затем – активных.

Межплитные постколлизионные пояса второго подтипа зажаты между континентальными

литосферными плитами; океаническая часть в них сохранилась в форме сутур океанической коры и структур на новообразованной континентальной коре. Пояса такого типа симметричны относительно своих осевых частей и несут следы сжатий блоками континентальной литосферы.

Примером межплитных коллизионных поясов, сформированных на раннепалеозойской океанической коре, является Западно-Калбинский золоторудный пояс. Сравнение его с Северо-Жонгарским поясом показывает, что в современном виде это однородные терригенные прогибы. Однако структуры их основания представлены сложным коллажем разнородных комплексов океанического дна, островных дуг, преддуговых и междугловых прогибов, микроконтинентов. Зональность золотого оруденения и его продуктивность тесно связаны с природой и составом структур основания, фиксируемых геофизическими методами.

Систематизировались данные о наличии крупных изометрических мантийных плюмов, над которыми формировались надплюмовые мегаструктуры овальной и округлой форм. Размеры океанических пространств могли быть значительными только в центральных частях этих мегаструктур. По их периферии формировались дугообразные рифтовые зоны, редко достигавшие океанического раскрытия. В Казахстане и на прилегающей территории Северо-Западного Китая выявлено пять надплюмовых мегаструктур: Тениз-Кокшетауская, Центрально-Казахстанская, Прибалхашская, Жонгарская и Прикаспийская. Первая из них охватывает структуры основания Тенизской впадины, Кокшетауский террейн, Степнякскую палеоостровную дугу. Плюм выявлен здесь методами ГСЗ и МОВЗ-ГСЗ [15–16]. Во второй мегаструктуре плюм выявлен на основе интерпретации комплексных данных ГСЗ, МОВЗ-ГСЗ и МТЗ [17], в третьей – методом МТЗ [3], в четвертой – профильной сейсмотомографией (Шацилов, 2004, 2005).

В отчетном периоде изучались глубинные условия алмазообразования в пределах Тениз-Кокшетауского внутриплитного пояса. Выделен Златогорско-Желтауский (Кумдыкольский) алмазоносный пояс, сложенный тектонически сложно совмещенными различными по возрасту и составу метаморфитами, природа которых трактуется по-разному. Н. Л. Добрецов и др. (1998) понимают пояс как контрастный мегамеланж, состо-

ящий из чешуй и блоков пород ультравысоких, высоких, средних и низких давлений в сочетании с протолитами гранат-плагиоклазовых и других гнейсов, составляющих фундамент Кокшетауского микроконтинента и испытавших непрерывный метаморфизм в кембрии и ордовике. По геофизическим данным пояс тяготеет к области сочленения Кокшетауского микроконтинента и Тенизского океанического бассейна. В ранний этап (V-Є₁) в центральную часть Тениз-Кокшетауского свода внедрился мантийный астенолит и заложился путем спрединга Тенизский внутренний океанический бассейн, а в пределах микроконтинента возникли рифтовые зоны. К этому времени обособились структурные элементы микроконтинента, в том числе и алмазоносный пояс. Начиная со среднего риффа, пояс ограничивает с юга Красномайский, а с севера Кокшетауский глубинные разломы, вдоль которых формировались приразломные рифты, выполненные отложениями риффа-раннего палеозоя. По данным ГСЗ пояс представляет собой типичный приразломный куполовидный горст, сформировавшийся в условиях бокового сжатия, размягчения пород за счет углеродисто-щелочно-кремниевой флюидизации и их пластической деформации по типу сланцевого диапира. В это же время заложились северо-восточные разломы рас-tяжения, зафиксированные прогибами поверхности М, вдоль которых происходили дегазация мантии, ее метасоматоз и приращение мощности нижней коры.

Алмазная минерализация связана с процессом углеродистого метасоматоза вдоль зон глубинных разломов северо-восточного направления и особенно узлов пересечения последних с ограничивающими пояс близширотными и северо-западными разломами. В пределах пояса установлена алмазная минерализация двух генетических типов: мелких технических алмазов метаморфогенного генезиса, приуроченных к высокобарическим метаморфитам (месторождения Кумдыколь, Шалкар), и ювелирных алмазов в диатремах брекчий лампроитовых туфов (проявления Чебачье, Аккаин). Минерализация обоих типов связана с раннепалеозойским рифтогенезом, но проявившимся в первом случае в условиях деструкции жесткого сиалического ядра террейна, в другом – на его периферии и во внутренних мобильных зонах.

Алмазообразование происходило в земной коре в процессе метасоматической переработки гнейсово-карбонатных пород с линзами эклогитов под воздействием тепла, глубинных флюидов и взрывных процессов в коре. Алмазы кристаллизовались из газовой фазы в условиях неустойчивого равновесия, часто смешавшегося в сторону образования графита. По результатам исследования составлена глубинная модель алмазообразования [7,11].

Центрально-Казахстанская внутриплитная структура вмещает стратиформное Fe, Mn, Pb, Zn оруденение (атасуйский тип), сконцентрированное в Жаильминском, Успенском, Акбастауском и Акжал-Аксоранском фаменских рифтах Центрально-Казахстанской палеорифтовой системы. Последняя возникла в северо-западной части Актау-Жонгарского континента на мощной сиалической коре в процессе ее деструкции. Система формировалась в два этапа: раннепалеозойский и фамен-турнейский, из которых продуктивным является второй. Фаменский рифтогенез проявлен в форме протяженных грабен-синклиналей с особым кремнисто-карбонатным типом разреза застойных иловых впадин и излияниями щелочных базальтов. Раннепалеозойским палеорифтам отвечают узкие прогибы в поверхности М, где граница “кора–мантия” опускается до глубины 53 км. Под фаменскими палеорифтами граница “кора–мантия” не выражена, наблюдается резкая потеря скоростей, поэтому здесь предполагается наличие слоя коро-мантийной смеси. Фаменским палеорифтам свойственны куполообразные поднятия, раздувы мощности метабазальтового слоя, сокращение мощности метагранитного слоя, а отдельным палеорифтам – полное отсутствие гранитоидного магматизма.

Оруденение формировалось в рифтогенных структурах, в наиболее глубоких застойных впадинах, и подвергалось регенерации и обогащению в островодужный и коллизионный этапы. Деструкция континентальной коры в Центральном Казахстане протекала под воздействием диапиров мантийного плюма. В целом плюм был объемным, значительных размеров, поэтому формировалась внутриконтинентальная рифтовая система овальной формы. В гравитационном поле она фиксируется региональным Центрально-Казахстанским гравитационным минимумом. Составлена модель глубинного строения и геоди-

намики развития Центрально-Казахстанской палеорифтовой системы; при анализе закономерностей локализации месторождений использована модель формирования оруденения в Красноморском рифте [18-20].

Фрагментом Прибалхашской надплюмовой мегаструктуры является Балхаш-Илийский позднепалеозойский вулкано-плутонический пояс. Он сформирован на сиалической коре Казахстанского континента по периферии Жонгаро-Балхашского палеоокеанического бассейна. Его глубинное строение характеризуется резким поднятием кровли астеносферного слоя, наличием пересекающихся прогибов в поверхности М, фиксирующих зоны краевых швов и региональных глубинных разломов, по которым происходила дегазация верхней мантии и поступали в земную кору мантийные флюиды; резким локальным утолщением базальтового слоя и разнородным строением гранитно-метаморфического. Вулканические впадины с наиболее мощными вулкано-плутоническими комплексами тяготеют к стабильным блокам ЗК, в гранитно-метаморфическом слое которых сохраняются реликты гранито-гнейсовых куполов, и характеризуются медно-порфировым типом оруденения. Для блоков ЗК, подверженных деструкции и не содержащих гранито-гнейсовых куполов, характерно редуцированное развитие наземных вулканических комплексов, близость их по составу островодужным комплексам и золоторудная металлогеническая специализация.

Медно-порфировые месторождения тяготеют к границе фронтальной и тыловой частей Балхаш-Илийского пояса, локализуясь на переходе склонов островодужных поднятий в междугравийные прогибы, контролировавшие крупные plutоны гранитов. Позиция многих медно-порфировых месторождений определяется контактами plutонов островодужных гранодиоритов и коллизионных гранитов. По отношению к структурам собственно вулканического пояса месторождения приурочены к его пережимам и местам выклинивания, концентрируясь в поперечных палеоподнятиях. В этих частях пояса вулканические комплексы имеют резко сокращенную мощность, но здесь широко проявлен интрузивный магматизм. Глубокие части вулканических впадин, как правило, безрудны. Характерна связь медно-порфирового оруденения с порфировыми интрузиями. В дан-

ном случае рудогенез активной континентальной окраины тесно связан с эволюцией базальт-андезитовых серий мантийного происхождения при активной ассимиляции ими корового вещества с участием восстановленного мантийного флюида и его поэтапным расщеплением в верхних горизонтах земной коры.

Сопоставление меднорудной провинции Балхаш-Илийского пояса с провинцией медиистых песчаников Жезказган-Сарысуйской впадины позволяет рассматривать их как элементы единой геодинамической системы, формировавшейся в позднем палеозое на завершающем этапе развития активной окраины Казахстанского континента.

По отношению к вулканическому поясу концентрически расположенные средне-позднепалеозойские прогибы Жезказган-Сарысуйской впадины являются структурами задугового и тылового бассейнов. Формирование таких структур обычно сопровождается высокой эндогенной энергией недр, интенсивными потоками тепла и восстановленных флюидов из мантии, плавлением мантийного субстрата. С этими факторами связано формирование месторождений медиистых песчаников и урана. Различия указанных меднорудных провинций обусловлены разными условиями флюидизации земной коры, протекавшей в первой провинции в условиях сжатия, во второй – растяжения [9, 12].

В Прикаспийской впадине вдоль профиля ГСЗ «Челкар–Волгоград» зафиксировано пять сателлитов глубинного мантийного плюма, расположенных в земной коре на глубинах 15–20 км (Шацилов, 1981). На этой основе впадина рассматривается как внутриконтинентальная надплюмовая мегаструктура, возникшая в краевой части Восточно-Европейской платформы.

Таким образом, внутриплитные пояса возникают вокруг деструктивных мантийных центров. В наиболее часто встречающемся случае это сателлиты (диапиры) глубинных мантийных плюмов. Последние, достигая основания литосферных плит, «прожигают» их и формируют овальные, ячеисто-кольцевые структурные зоны как на деструктивном этапе развития пояса, так и на его активном этапе (островодужные и коллизионные стадии). На деструктивном этапе образуются зоны рассеянного спрединга, обширного внутриконтинентального рифтогенеза. При ох-

лаждении верхушек астенолитов и сокращении их в размерах происходит сжатие, надвигание периферийных частей мегаячей на их центральные части, формирование в тыловой части надвигов наземных вулканических поясов. Основанием периферийных частей мегаячей, на которых возникли вулканические пояса, являются структуры каледонской и герцинской консолидации с сохранившимися ядрами переработанных докембрийских комплексов и частично структуры, сформированные путем аккреции коры в предшествующие тектонические циклы. В пределах вулканических поясов четко фиксируется "поддвигание" субокеанической коры под континентальную. На завершающих этапах развития на месте мегаячей нередко возникают квазиплатформенные впадины.

Направления исследований лаборатории региональной геофизики представляются следующими:

1. Дальнейшая разработка модели глубинного строения и геодинамического развития тектносфера Казахстана и ее применение при прогнозировании разнотипного промышленного оруденения.

2. Активное вовлечение геофизических материалов прошлых лет в геодинамический и металлогенический анализ. С началом перестройки большинство геофизических организаций перестало существовать, геофизические материалы в большей части утеряны, а разрозненные сохранившиеся практически не используются при прогнозных оценках объектов. Процесс геологической интерпретации геофизических данных весьма сложный, требует специальной подготовки и совместных усилий заинтересованных специалистов геофизиков и геологов. Однако он необходим, поскольку по большинству регионов имеются неувязки геологических представлений об их строении и геофизических данных по тем же вопросам.

3. Для развития этой задачи программой исследований в 2006–2008 гг. предусматривается создание обобщенных моделей литосферы важнейших структурных элементов Казахстана:

– Кокшетауского террейна докембрийской сиалической коры,ключающего многие виды полезных ископаемых (золото, уран, олово, вольфрам и др.). По этому региону имеются обширные геофизические данные, характеризующие

строительство верхней мантии до глубины 170–200 км, а также структуры земной коры на уровне поверхности Мохоровичича, гранулит-базитового и гранитно-метаморфического слоев. Выделены аномальные зоны в земной коре и верхней мантии, протяженностью сотни километров, к которым пространственно тяготеют золоторудные и редкометалльные пояса Северного Казахстана, но которые до настоящего времени не отражены на геологических и прогнозных картах.

– Пассивных и активных окраин палеоконтинентов. Со становлением первых из них связано формирование линейных рифтогенных структур, скоплений углеводородов и тесно связанных с ними областей развития органических форм, расеянного свинцово-цинкового оруденения. Развитие активных окраин сопровождается формированием наземных вулкано-плутонических поясов с молибден-медно-порфировым, редкометалльным вольфрам-молибденовым и золотым оруднением, задуговых прогибов с орто-пневмато-гидротермальными месторождениями медистых песчаников и пневмато-гидротермальными месторождениями урана. При конвергенции пассивных окраин континентов в активные формируются рудные провинции богатых колчеданных медно-полиметаллических руд. Для каждого типа рудных провинций характерны особые глубинные структуры, которые являются рудоконтролирующими и должны учитываться при составлении моделей литосферы континентальных окраин.

– Основания осадочных бассейнов восточной части Казахстана, а также Прикаспийской и Туранской впадин. Для этого необходимо привлекать сейсмические материалы организаций, ведущих работы в нефтегазоносных регионах Казахстана последние 10–15 лет.

4. Типизация особенностей физических полей и глубинного строения разнотипных минерагенических поясов Казахстана в сравнении с соответствующими поясами мира, содержащими крупные и суперкрупные месторождения. При этом должны преследоваться две главные цели: 1) прогноз на основе физических полей новых минерагенических поясов на закрытых площадях; 2) выделение перспективных площадей для постановки поисковых работ на основе сходства физических полей мировых промышленных эталонов и недостаточно изученных геологическими методами закрытых регионов Казахстана.

В заключение необходимо отметить, что в ранних исследованиях нами предполагалось формирование в пределах Казахстанско-Жонгарской литосферной континентальной плиты внутриплитных покровно-складчатых поясов над крупным мантийным пломом при неравномерном поступательном движении плиты в течение фанерозоя с юго-востока на северо-запад (в современных координатах) [14]. При временном прекращении поступательных движений в пределах плиты формировались «прожиговые» структуры, а вокруг них – внутриплитные покровно-складчатые пояса. При этом оставались проблемными вопросы о существовании самой Казахстанско-Жонгарской плиты, причинах ее длительного перемещения в одном направлении, а также о причинах длительного функционирования мантийного плома, ближе всего сопоставимого по положению с современным пломом в основании горных систем Центральной Азии.

Исследования последних лет приблизили нас к пониманию указанных проблем. Согласно геодинамическим построениям А. Ш. Шенгера, В. А. Натальина и В. С. Буртмана (1993), Кипчакская островная дуга в Ханты-Мансийском палеоокеане, разделявшем Русский и Ангарский кратоны, была обращена к ним своей тыловой частью, что определило «одновекторное» становление структур Казахстана в пространстве этого палеоокеана. Сиалический материал, составлявший основу Казахстанско-Жонгарской континентальной плиты, перемещался в форме микроплит вдоль Кипчакской дуги в западном направлении под напором Ангарского кратона, двигавшегося в том же направлении с одновременным правосторонним вращением. Под влиянием деформаций островной дуги и возникновением ороклинов, связанных с сокращением длины дуги и вдавливанием избыточных отрезков дуги в ее же тыловую область, наблюдаются сгруживание континентальных микроплит, формирование общей континентальной плиты и ее перемещение в глубь Ханты-Мансийского палеоокеана в качестве основы формирующихся мегаструктур Казахстана.

Становление современного плома, вероятнее всего, связано с подтоком горячей мантийной струи со стороны разогретой мантии Тихого океана на глубинах 100–250 км (см. рис. 1, А). Доказательства возможной стабильности плома в течение всего фанерозоя содержатся в матери-

алах о характере эволюции запад-юго-западного сектора Тихого океана в этот же период. Наложение мантийного плома на структуры тыловой части Кипчакской островной дуги, возможно, было дополнительным фактором, формирующим ороклины дуги и прожиговые структуры в последовательно перемещавшейся над пломом Казахстанско-Жонгарской плите.

В 2003–2005 гг. сотрудниками лаборатории опубликовано 17 статей и тезисов докладов в казахстанской и зарубежной печати; защищена одна кандидатская диссертация. В порядке внедрения теоретических разработок выполняется госзаказ Комитета геологии и охраны недр по теме: «Изучение глубинных факторов локализации золоторудных районов и полей на основе глубинного строения и палеогеодинамики Казахстана» (2004–2006 гг.).

ЛИТЕРАТУРА

1. Беслаев Х.А., Любецкий В.Н., Любецкая Л.Д., Хамитова Б.Д. Карта глубинного тектонического строения Казахстана // Геофизика. Евро-Азиатское геофизическое общество. 2002. № 4. С. 54–61.
2. Глубинное строение и минеральные ресурсы Казахстана. Т.1. Глубинное строение и геодинамика. Алматы, 2002. 224 с.
3. Любецкий В.Н., Любецкая Л.Д. Глубинные неоднородности литосфера Казахстана по линии Северо-Балхашского разреза // Геология Казахстана. 1994. № 4. С. 55–65.
4. Любецкий В.Н., Любецкая Л.Д., Каримов К.М., Урдабаев А.Т. Глубинное строение и сопряжение структур Русской платформы, Уральского и Казахстанского покровно-складчатых поясов по геотраверсу «Батолит» // Геология Казахстана. 1996. № 5. С. 28–40.
5. Любецкий В.Н., Любецкая Л.Д. Геодинамика структур Юго-Западного Алтая в позднем палеозое и происхождение рудоконтролирующих разломов // Мат-лы II междунаучно-техн. конф. «Современные проблемы геологии, магниторазведки и комплексное освоение месторождений полезных ископаемых Большого Алтая». Усть-Каменогорск, 2003. С. 43–45.
6. Любецкий В.Н., Любецкая Л.Д. Колчеданные золотомедно-свинцово-цинковые месторождения рудноалтайского типа // Атлас моделей месторождений полезных ископаемых. Алматы, 2004. С. 8–13.
7. Любецкий В.Н., Любецкая Л.Д. Кумдыкольское метаморфическое месторождение алмазов // Атлас моделей месторождений полезных ископаемых. Алматы, 2004. С. 76–81.
8. Любецкий В.Н. Геодинамические обстановки формирования полиметаллического оруденения Рудного Алтая // Эволюция тектонических процессов в истории Земли: Мат-лы совещ. Новосибирск, 2004. Т.1. С. 32–33.
9. Любецкий В.Н., Любецкая Л.Д. Геодинамика, глубинные рудоконтролирующие структуры меднорудных провинций активных континентальных окраин юго-востока

Казахстана // Геология Казахстана: Докл. казахст. геологов на XXXII сессии Межд. геол. конгресса в г. Милане, Италия. Алматы: Каз ГЕО, 2004. С. 73-81.

10. Любецкий В.Н., Даукеев С.Ж., Ужсенов Б.С. Эволюция Земли и процессы формирования месторождений полезных ископаемых // Геология Казахстана. Докл. казахст. геологов на XXXII сессии межд. геол. конгресса в г. Милане, Италия. Алматы: Каз ГЕО, 2004. С. 7-18.

11. Любецкий В.Н., Любецкая Л.Д. Геодинамические обстановки формирования проявлений алмазов в Северном Казахстане // Геология и охрана недр. 2005. № 5. С. 2-11.

12. Любецкий В.Н., Любецкая Л.Д. Геодинамические условия образования крупных месторождений меди юго-востока Казахстана // Проблемы геологии и разведки месторождений полезных ископаемых: Мат-лы Межд. научн. конф. Томск: ТГПУ, 2005. 6 с.

13. Мазуров А.К., Любецкий В.Н. Глубинное строение и геодинамика Казахстана // Тектоника и геодинамика континентальной литосферы: Мат-лы XXXVI тектонич. совещ. М.: ГЕОС, 2003. Т. II. С. 14-15.

14. Ужсенов Б.С., Любецкий В.Н., Любецкая Л.Д. Новые представления о геодинамике развития Казахстана // Геодинамика и минерагения Казахстана. Алматы: РИО ВАК РК, 2000. Ч. 1. С. 26-39.

15. Урдабаев А.Т., Любецкий В.Н. Строение литосферы и геодинамика формирования Тенизской впадины в Казахстане по данным сейсмических и гравиметрических исследований // Сейсмические исследования земной коры: Мат-лы межд. научн. конф. Новосибирск: РАН, 2004. С. 275-279.

16. Урдабаев А.Т., Любецкий В.Н. Строение литосферы Тенизской впадины // Геология и охрана недр. 2005. № 2 (15). С. 6-10.

17. Шабалина Л.В. Модель глубинного строения Центрально-Казахстанской палеорифтовой системы // Изв. НАН РК. Серия геол. 2003. № 4. С. 16-23.

18. Шабалина Л.В. Рифтогенный этап развития Центрального Казахстана и его роль в формировании оруденения // Эволюция тектонических процессов в истории Земли: Мат-лы XXXVII тектонич. совещ. Новосибирск, 2004. С. 280-281.

19. Шабалина Л.В. Геодинамика формирования уникального месторождения Жайрем (Центральный Казахстан) // Проблемы геологии и разведки месторождений полезных ископаемых. Мат-лы Всерос. науч. конф. Томск: ТГПУ, 2005. С. 450-454.

20. Шабалина Л.В. Глубинное строение и закономерности размещения полезных ископаемых Центрально-Казахстанской палеорифтовой системы: Автореф. дис. ... канд. геол.-минер. наук. Алматы, 2005. 24 с.

21. Шацилов В.И., Сайипбекова А.М. Сейсмотомографическая модель литосферы Тянь-Шаня и геоэлектрические проблемы в связи с высокой сейсмичностью региона // Вестн. Ошск. госуд. унив. Серия 5. Вып. 2: Естественные науки. Кыргызстан. Ош: Билим, 2003. С. 153-164.

22. Шацилов В.И., Нусипов Е.Н. и др. Глубинное строение орогенов Гиндукуша, Памира, Тянь-Шаня и Казахского щита // Сейсмические исследования земной коры: Мат-лы Межд. научн. конф. Новосибирск: РАН, 2004. С. 223-231.