

УДК 551.241(574)

Л.В. ШАБАЛИНА¹

ГЛУБИННОЕ СТРОЕНИЕ ЗЕМНОЙ КОРЫ И ВЕРХНЕЙ МАНТИИ КАЗАХСТАНА

Қазақстанның жер қыртысының геологиялық-геофизикалқ зерттеулерінің басты кезеңдері келтірілген. Әртүрлі пайдалы қазбаларды кенорындарын орналастыруға бағытталған заңдылықтарды қалыптастырган литосфераның терең құрылымын зерттеудің негізгі нәтижелері мазмұндалған. Жақын жылдарға арналған геофизикалық зерттеулердің қазіргі жай-күйіне талдау жасалып, басты мәселелері негізделді.

Приведены главные этапы геолого-геофизических исследований земной коры Казахстана. Изложены основные результаты изучения глубинного строения литосфера, направленные на установление закономерностей размещения месторождений различных полезных ископаемых. Дан анализ современного состояния и обоснованы основные задачи геофизических исследований на ближайшие годы.

The main stages of geological-geophysical investigations of the Kazakhstan earth's crust are presented. Basic results of study of the lithosphere deep structure aimed at determination of regularities of location of useful minerals deposits are presented. Analysis of modern state was made and main tasks of geophysical study in the near future are justified.

На базе геологического сектора Казахского филиала АН СССР в 1940 году был организован Институт геологических наук Ордена Трудового Красного знамени им. К.И. Сатпаева. Одним из основных научных направлений института являлось изучение геолого-геофизических особенностей земной коры и литосферы рудных регионов Казахстана. В результате была создана новая научная методология регионального анализа и синтеза обширных геолого-геофизико-металлогенических материалов, обеспечивающая высокую эффективность исследований и результативность геолого-разведочных работ. Были определены задачи научно-прикладных исследований, направленных на вовлечение в сферу прогноза и поисков новых потенциально перспективных структур.

Значительные успехи были достигнуты, когда в 1949 году под руководством Дмитрия Николаевича Казанли, близкого соратника Каныша Имантаевича Сатпаева, был создан отдел геофизических исследований, в который входили лаборатории: сейсморазведки - зав.лаб. Д.Н. Казанли, электроразведки - зав.лаб. Д.А. Альмуханбетов, магниторазведки - зав.лаб. А.К. Курскеев, гравиразведки - зав.лаб. Н.И. Кушербаев.

До 1957 года лабораторию глубинного сейсмического зондирования возглавлял сам Д.Н. Ка-

занли. С этого времени началось изучение глубинного строения Казахстана. В результате комплексных геолого-геофизических исследований в 1953 году была составлена «Прогнозно-металлогеническая карта Центрального Казахстана» под руководством К.И. Сатпаева, для которой Д.Н. Казанли составил гравитационную карту данного района.

Последующие 50 лет ознаменовались резким прорывом в познании глубинных недр Земли на базе хорошо организованных исследований, включающих сверхглубокое континентальное и океаническое бурение, драгирование океанического дна и его непосредственное изучение с помощью глубоководных аппаратов, а также инструментальные исследования с поверхности. Шел большой обмен получаемой информации на международных геологических и геофизических конференциях и совещаниях.

С 1957 по 1968 год лабораторию глубинного сейсмического зондирования возглавлял Александр Александрович Попов, под его руководством были проведены первые сейсморазведочные работы ГСЗ-МОВ и КМПВ, что позволило выявить связь металлогении со структурами земной коры.

С 1968 по 1997 год руководителем лаборатории был Альфред Николаевич Антоненко. Под

¹ Казахстан, 050010, г. Алматы, ул. Кабанбай батыра, 69^а, Институт геологических наук им. К.И. Сатпаева.

его руководством проводились глубинные сейсмические исследования в Северном Казахстане, в пределах восточного фланга Успенской тектонической зоны, в области сочленения складчатых сооружений Улытау и Карагату, в Мугоджарах, в Западном Казахстане, Чу-Илийской рудной зоне, на Рудном Алтае и других районах Казахстана.

Глубинные сейсмические зондирования проводились в Казахстане, начиная с 1955 г и до конца 80-х годов, т.е. до перестройки и последующего обретения суверенитета союзными республиками бывшего СССР. На каждом этапе эти исследования преследовали разные цели, но в конечном итоге из большого числа профилей сформировалось несколько генеральных линий, полностью пересекающих структуры Казахстана (за исключением Павлодарского Прииртышья). Большинство линий ориентированы вкрест простирации складчатых систем: с юго-запада на северо-восток и с юга на север. Более короткие и разноориентированные профили дополняют генеральные линии.

Западная часть Казахстана охвачена сейсмометрическими исследованиями значительно слабее, чем восточная, особенно Торгайский прогиб. Подавляющее число профилей ГСЗ здесь было целенаправлено на изучение нефтегазоносных структур Прикаспийской впадины, поэтому закрытые территории Западного Казахстана профилями ГСЗ освещены крайне неравномерно и недостаточно.

В это же время проводились комплексные исследования по международной системе геотрaversов, в одном из них в 1978 г., по Памиро-Гималайскому проекту, лаборатория глубинного сейсмического зондирования принимала активное участие. При комплексных исследованиях геотрaversов, часть которых проложена по Казахстану, были получены новые данные о глубинном строении земной коры и верхней мантии материков. На их основе в Казахстане построены модели литосферы до глубины 100–200 км, выявившие неоднородно-блоковое строение верхней мантии. Высокоомная истощенная мантия подстилает блоки (террейны) древней континентальной коры, а неистощенная низкоомная – структуры палеоокеанической коры, основание относительно молодых рифтовых зон и т.п. На глубинах около 200 км электрическое сопротивление вещества мантии резко понижается, что предположительно увязывается с поднятием кровли астеносферного слоя. Структуры земной коры в

ряде случаев продолжаются в верхней мантии, но иногда сорваны и смешены по отношению к своим мантийным корням. Разломы в верхней мантии, как правило, выполняются, подчеркивая развитие надвиговых структур на разных глубинных уровнях литосферы.

С 1997 по 1998 год лабораторией глубинного сейсмического зондирования заведовал Мурат Шукеевич Омирсериков одновременно совмещая с должностью заместителя директора Института по научной части.

С 1998 по 2006 год лабораторию возглавлял Владимир Николаевич Любецкий. С приходом В.Н. Любецкого лаборатория получила второе дыхание и новое название –лаборатория региональной геофизики. Им впервые наглядно была показана высокая эффективность геофизических методов в решении не только научно-методических, но и структурно-прикладных задач. В.Н. Любецким был разработан комплексный подход к геологической интерпретации геофизических полей в конкретных условиях Казахстана. При этом учитывались и апробировались все новейшие тектонические концепции эволюции Земли; конкретные геологические объекты рассматривались в их геодинамическом развитии. На основе выявленных неоднородностей земной коры и мантии разрабатывались глубинные модели формирования месторождений полиметаллов, меди, редких металлов, золота; систематизировались глубинные критерии локализации оруденения разного типа, выделялись перспективные площади.

Современные представления о глубинных структурах Казахстана отражены на «Карте глубинного тектонического строения Казахстана масштаба 1:2 500 000» (В.Н. Любецкий и др., 2000), составленной в геодинамических категориях, это первая карта, отображающая геодинамику развития структур Казахстана в палеозое как результат взаимодействия процессов плитной и плюмовой тектоник (рис. 1). Составление карты было продиктовано необходимостью активного вовлечения геофизических данных в тектонический, геодинамический и металлогенический анализы. На карте отражены четыре группы структур, сформированных: 1) в процессе растяжения на дивергентных границах литосферных плит (палеорифты, окраинно-континентальные пояса, палеозоны рассеянного спрединга); 2) в процессе сжатия на конвергентных границах литосферных плит (палеозоны субдукции, палео-островодужные системы, пред-, меж- и задугоге-

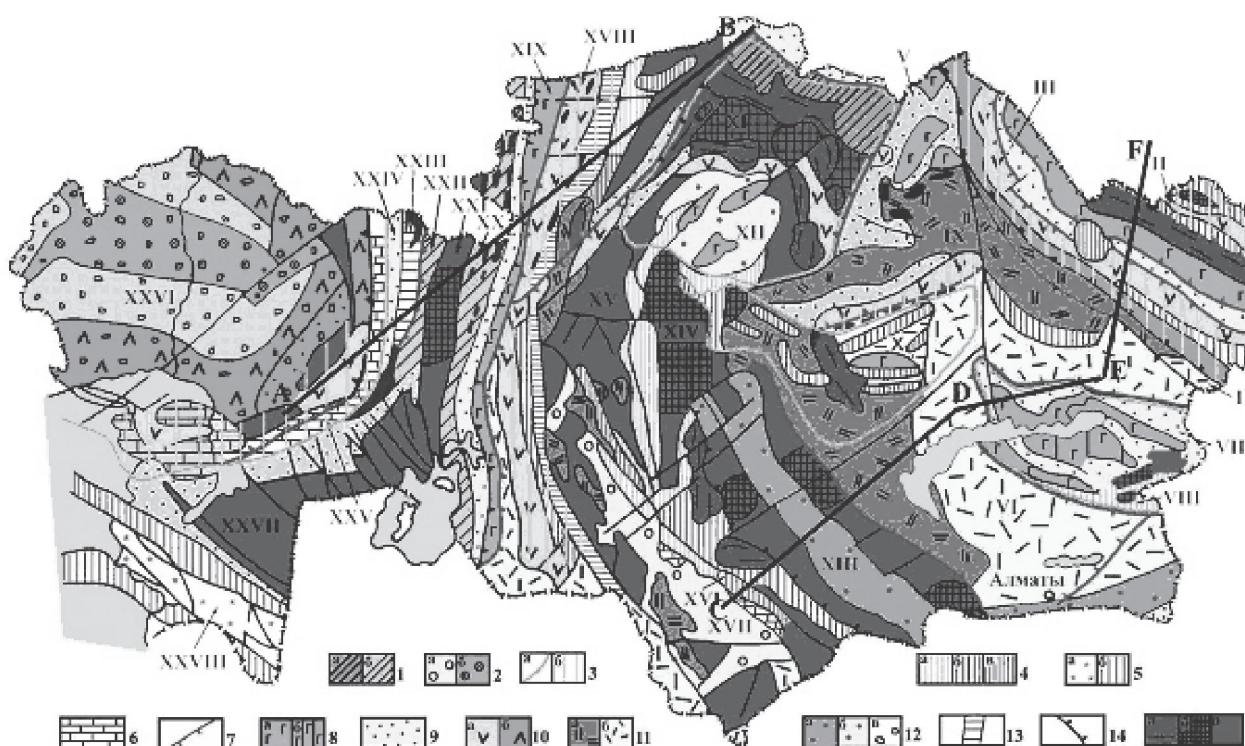


Рис. 1. Схема основных структурных элементов, отображенных на карте «Глубинного тектонического строения Казахстана» масштаба 1:2 500 000

Структуры, сформированные на дивергентных границах литосферных плит. На океанической коре: 1 - палеорифты, достигшие океанического раскрытия (калевонские - а, герцинские - б); 2 - бассейны остаточные - а, на «безгранитной» коре - б. На континентальной коре: 3 - мегазоны внутриконтинентального рифтогенеза - а, окраинно-континентальные пояса - б; 4 - палеорифты пассивных континентальных окраин и рифтовые впадины в мегазонах континентального рифтогенеза: калевонские - а, герцинские - б, триасовые - в; 5 - Донецко-Маньышлакский палеорифт с унаследованным осадконакоплением в поздней перми-палеогене: осевая подзона - а, прибрежные подзоны - б; 6 - пришельчевые карбонатные бассейны пассивных континентальных окраин.

Структуры, сформированные на конвергентных границах, в том числе и внутриплитных (надплитовых) границах литосферных плит: 7 - зоны Беньофа (треугольники ориентированы в направлении падения зон); на океанической и переходной коре: 8 - энсиматические островные дуги с включениями офиолитовых и кремнисто-базальтовых комплексов - а, реликт срединно-оceanического хребта - б; 9 - преддуговые и междудуговые прогибы (без расчленения); 10 - энсиалические островные дуги: фронтальные - а, тыловые - б; 11 - вулканические наземные комплексы: D₁₂ - а, C_{1v3}-s-P₂ - б; 12 - задуговые прогибы (бассейны) на континентальной - а, океанической - б, в том числе с широким проявлением солянокупольной тектоники - в; 13 - аллохтонные покровы; 14 - крупноамплитудные надвиги, захватывающие глубокие горизонты земной коры; 15 - реликты жестких блоков докембра в палеозойских поясах: метапелитовых гнейсовых, с включениями реликтов гранито-гнейсовых куполов - а, гранулито-гнейсовых и прочих без расчленения (высокобарических гранулитовых, амфиболитовых, зеленокаменных железисто-кварцитовых поясов, реликтов микроконтинентов), выведенных на эрозионный срез - б, в слепом залегании - в.

Зоны: I - Горно-Алтайская, II - Рудно-Алтайская, III - Иртыш-Зайсанская, IV - Чингиз-Тарбагатайская, V - Ерментау-Ниязская, VI - Балхашско-Илийская, VII - Кентерлау-Матайская, VIII - Джунгарская, IX - Центрально-Казахстанский наземный вулканический пояс, X - Центрально-Казахстанская рифтогенезная, XI - Кокшетауская, XII - Тенизская, XIII - Мойынкум-Иссыккульская, XIV - Ультауская, XV - Центрально-Торгайская, XVI - Карагатуская, XVII - Сырдарынская, XVIII - Валерьяновская, XIX - Октябрьско-Денисовская, XX - Иргизская, XXI - Восточно-Мугоджарская, XXII - Западно-Мугоджарская, XXIII - Сакмарско-Кемпирсайская, XXIV - Предуральский краевой прогиб, XXV - Южно-Эмбинская, XXVI - Прикаспийская впадина, XXVII - Устюртско-Мангистауская, XXVIII - Мангистауская.

вые прогибы, наземные вулканические пояса, коллизионные структуры); 3) под воздействием мантийных плюмов (внутриплитные); 4) реликты блоков докембрия в палеозойских складчатых поясах.

Карта сопровождается схемами-врезками, отражающими тектоническое районирование, рельеф поверхности Мохоровичича, геодинамику развития структур Казахстана в палеозое, а также двумя геолого-геофизическими разрезами, характеризующими строение литосферы Казахстана до глубины 200 км (рис. 2).

Легенда к карте основана на геодинамических принципах, поскольку тип аномальных полей зачастую определяется условиями формирования структур. Ставились задачи: 1) выразить через геологические категории особенности физических полей, обусловленные неоднородностями коры и верхней мантии; 2) показать главные геодинамические обстановки, в которых сформировались аномалиеобразующие комплексы; 3) выделить типы палеокор; 4) отобразить структуры основания наземных вулканических поясов, терригенных прогибов и современных впадин выполненных мощными осадками мезозоя и кайнозоя и др.

Карта демонстрировалась на международных конгрессах в Рио-де-Жанейро - 2000 г. и во Флоренции - 2004 г. Она может быть использована в качестве основы для прогнозно-металлогенических построений.

Анализ структурно-скоростных разрезов в привязке к конкретным структурам Казахстана, сформированным в различных геодинамических обстановках, дает возможность наглядно представить внутреннее строение ЗК этих структур, а также характер соотношения ее слоев - мощности верхней, средней и нижней коры, условно отождествляемых с осадочно-вулканогенным, гранитно-метаморфическим и гранулит-базитовым слоями. В рисунке изолиний скорости по разрезам достаточно уверенно зафиксированы такие структуры, как 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. Структурно-скоростные разрезы дали возможность провести

типовизацию блоков ЗК на основе соотношения ее слоев и выполнить районирование территории Казахстана по типам ЗК (континентальная, рельефовая палеоокеанская, переходная кора) (рис. 3).

С 2006 по 2008 год лабораторией руководила Лидия Дмитриевна Любецкая, успешно поддерживая направление и продолжая дело В.Н. Любецкого. В 2008 году была подготовлена и опубликована монография «Золоторудные пояса Казахстана», в которой изложены современные представления о глубинном строении и геодинамике развития главнейших золоторудных поясов Казахстана, выявлены глубинные условия формирования золоторудных систем в разных тектонотипах структур, черты их сходства и различия, определяющие закономерности размещения месторождений золота, что существенно помогает определять стратегию и тактику поисков. Подробно дана характеристика трех золоторудных поясов разного типа. Северо-Казахстанский пояс приурочен к ядерной части докембрийского Кокшетауского континентального массива и его разрушенной деструкцией и переработанной последующими рифтогенными и островодужными процессами периферии; Западно-Калбинский пояс возник в условиях сближающихся активных континентальных окраин Казахстанского и Алтайско-Монгольского континентов на границе последних с Зайсанским палеоокеаническим бассейном - вблизи офиолитовых швов, в надсубдукционных, надостроводужных зонах; Северо-Балхашский пояс тяготеет к активной окраине Казахстанского континента и Джунгаро-Балхашского океанического бассейна.

Изучение глубинных структур Земли имеет не только научно-теоретическое, но и практическое значение, так как позволяет понять на каких глубинах формируются рудно-магматические системы, с какими процессами связано рудообразование, какие из структур имеют рудоконтролирующее и рудолокализующее значение. В последнее время зарубежными учеными большая роль в рудообразовании отводится мантийным плюмам - восстающим потокам горячего мантийного вещества, поднимающимся с границы земного ядра и мантии, поставляющим в земную кору тепло, флюидо-магматические расплавы, насыщающие кору мантийными металлическими компонентами и одновременно способствующим извлечению лиофильных металлов из коры.

Несмотря на вероятностный характер геофизической информации, она обладает рядом серь-

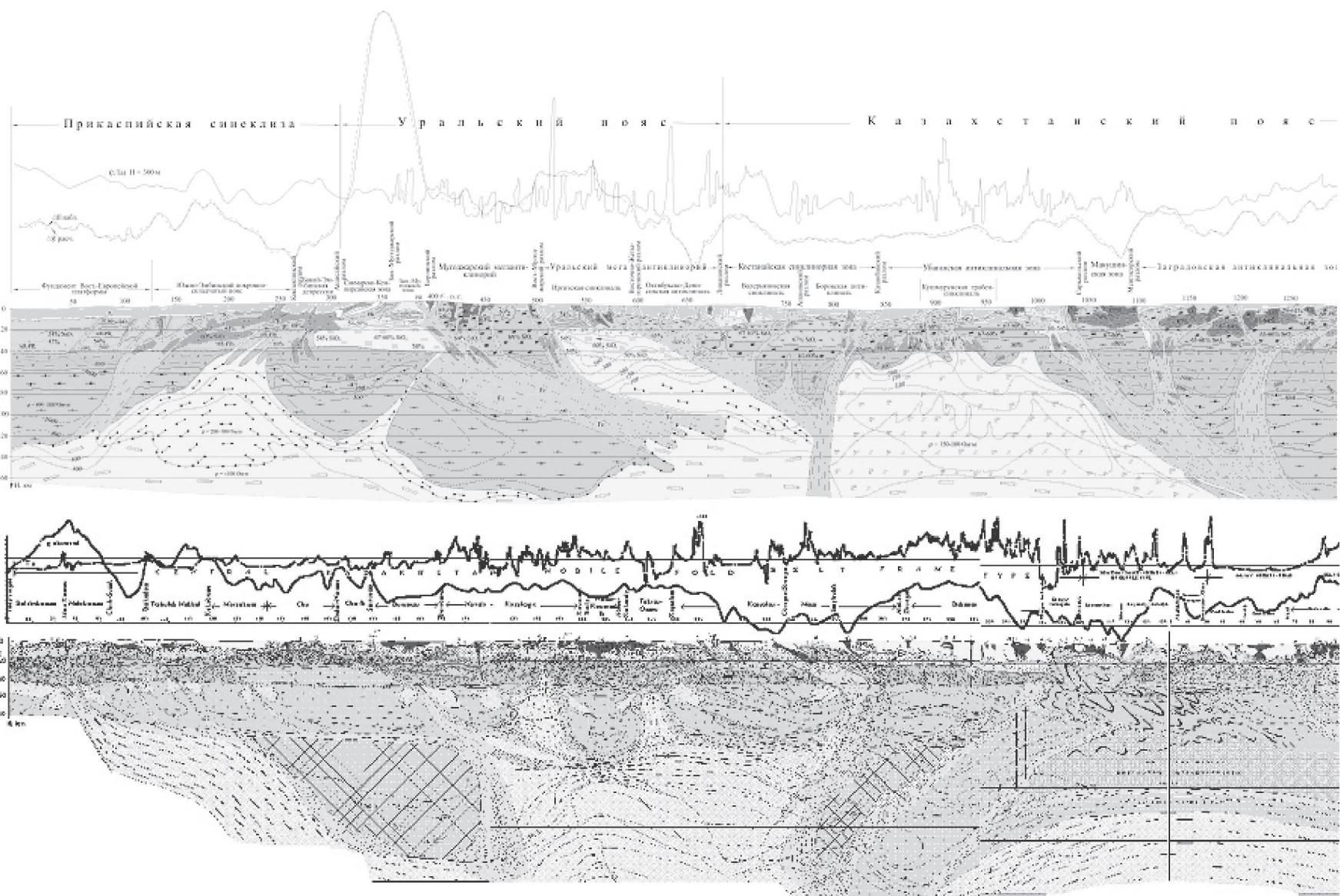


Рис. 2. Глубинные геолого-геофизические разрезы по линии АВ - 1, СDEF - 2

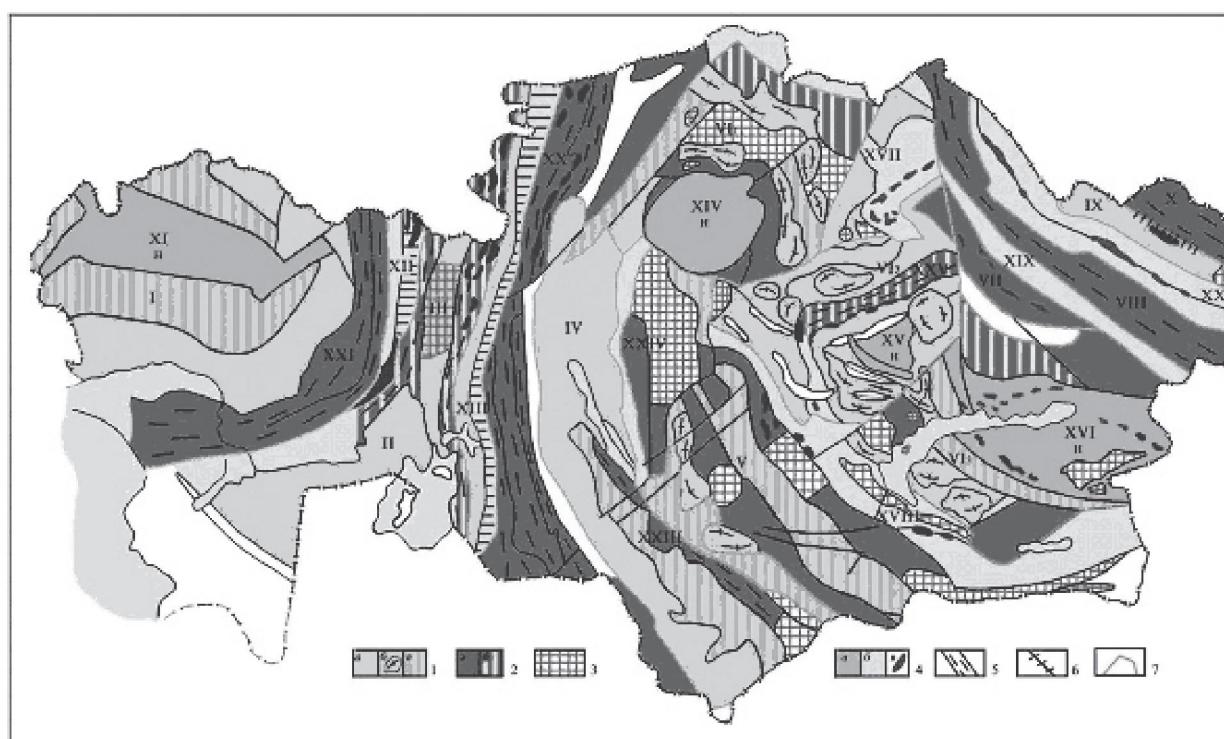


Рис. 3. Схема районирования территории Казахстана по типам палеокор

Сиалические блоки докембрия в палеозойских поясах: 1 - метапелитовые гнейсовые - а, те же с реликтами гранито-гнейсовых куполов - б, подвергшиеся глубокой деструкции в раннем-среднем палеозое - в; 2 - гранулито-гнейсовые и прочие без расчленения (высокобарические гранулитовые, амфиболитовые, зеленокаменные с железистыми кварцитами) - а, те же, подвергшиеся деструкции в раннем-среднем палеозое - б; 3 - выходы докембрия на поверхность, без расчленения. 4 - реликты ранне-среднепалеозойской океанической палеокоры, составлявшей основание палеозойских структур: надпломовых - а, межплатных - б; сутуры океанической палеокоры на поверхности, сложенные оphiолитовыми ассоциациями пород - в. 5 - окраинно-континентальные пояса; 6 - аккреционные призмы; 7 - границы литосферных плит.

Литосферные плиты (докембрийские континенты и микроконтиненты): I - Восточно-Европейская, II - Северо-Устюртская, III - Восточно-Мугоджарская, IV - Торгайская, V - Исыккульско-Моинкумская, VI - Казахстанско-Джунгарская (VI₁ - Тениз-Кокшетауский, VI₂ - Центрально-Казахстанский, VI₃ - Балхашско-Илийский блоки), VII - Акбастауская, VIII - Кояндинско-Аркалыкская, IX - Калба-Нарымская, X - Алтайско-Монгольская.

Сутуры палеоокеанических плит: XI - Хобдинско-Аралсорская, XII - Октябрьско-Денисовская, XIV - Тенизская, XV - Центрально-Казахстанская, XVI - Кентерлау-Матайская, XVII - Ерментау-Ниязская, XVIII - Шу-Илийская, XIX - Чингиз-Тарбагатайская, XX - Иртыш-Зайсанская.

Окраинно-континентальные пояса: XXI - Южно-Эмбинский, XXII - Валерьяновский, XXIII - Карагатуский, XXIV - Байконурский, XXV - Спасский, VIII - Кояндинско-Аркалыкский, X - Рудно-Алтайский.

еезных достоинств - эта информация дистанционна, объективна, разнообразна и объемна. В результате применения геофизических методов значительно сокращаются сроки и затраты на поиски и разведку месторождений полезных ископаемых. Главной задачей в области геофизики в Казахстане должно быть возобновление и развитие глубинных методов исследований (региональные профили-геотраверсы, МТЗ, сейсмотомография), а также внедрение новых современных компьютерных технологий обработки как частично сохранившихся геофизических материалов прошлых лет, так и вновь полученных.

В настоящее время, в лаборатории ведутся исследования над выявлением роли глубинных неоднородностей литосфера в формировании рудных поясов, рассматривается связь геохимического и металлогенического районирования Казахстана с глубинным строением литосфера и ролью докембрийского фундамента в рудоносности фанерозойских формаций и размещении рудных провинций; выделяются глубинные факторы, контролирующие формирование и локализацию рудных районов, а также палеогеодинамические обстановки наиболее благоприятные для формирования рудных районов.