

В. С. ЗАЙКА-НОВАЦКИЙ, А. Н. КАЗАКОВ, *доктора геол.-минерал. наук,*
С. В. РЖАНИЦЫНА, *студ.*, Г. В. ЗАЙКА-НОВАЦКИЙ, *ст. инж.*,
И. В. СОЛОВЬЕВ, *асп.*

СТРУКТУРНАЯ ЭВОЛЮЦИЯ УКРАИНСКОГО ШИТА И ГОРНОГО КРЫМА

В отечественной литературе пока отсутствует конкретное определение структурной эволюции, под которой мы подразумеваем одну из форм движения вещества земной коры, постепенного его изменения, выражающегося в смене первичной лито-, петро-, метаморфогенной слабо упорядоченной структурно-текстурной основы упорядоченными структурами и текстурами в течение последовательных этапов деформации, образующих направленные (полярные) ряды — воплощение деформационного цикла. Структурная эволюция закономерно приводит к качественным изменениям исходной структурно-текстурной основы и, как следствие, к скачкообразному переходу от одного (старого) структурного ряда (цикла) к другому (новому). Структурная эволюция происходит в результате изменения в пространстве и времени полей тектонических напряжений, их ориентировки и интенсивности. Строго говоря, метаморфогенная, в особенности динамометаморфическая (зоны рассланцевания, смятия, милонитизации, катаклаза), структурно-текстурная основа может рассматриваться как первичная и слабо упорядоченная лишь условно по отношению к наложенной на нее новой деформации.

Структурная эволюция прослеживается при помощи методов структурного анализа, заключающихся в выявлении относительной последовательности формирования всех элементов структурного парагенезиса, начиная с первичных (слоистость S_0 , полосчатость S_0 , сланцеватость S_1 , линейность L_1) и заканчивая последними из наложенных структурных элементов, представленных обычно хрупкими деформациями. Конечная цель структурного анализа — восстановление механизма структурообразования и полей тектонических напряжений, в условиях которых данный механизм имел место. Однако этим формальным результатом не исчерпываются возможности структурного анализа, одним из важнейших аспектов которого является создание при его посредстве структурно-возрастных шкал, т. е. основы представлений о структурной эволюции того или иного региона.

В качестве сопутствующих методов, использованных, в частности, при исследовании Украинского щита и Горного Крыма, следует указать на формационный анализ и гравитационное моделирование глубинного строения на основе метода минимизации. Гравитационное моделирование заключается в автоматизированном подборе оптимальных параметров (избыточная плотность и пространственное расположение) плотностной модели начального приближения, отражающей все особенности геологической струк-

туры в виде изменений плотностей пород [2]. Для обоснованной интерпретации сложного наблюдаемого гравитационного поля моделируется структура земной коры на всю ее мощность, включая рельеф раздела М (Мохоровича). При геологическом анализе подобранного варианта плотностной модели, удовлетворяющего наблюдаемому полю силы тяжести, учитывается кинематика блоковой структуры, обеспечивающая пликвативно-дизъюнктивные дислокации верхней части коры.

Изучение структурной эволюции было предпринято на Украинском щите (Среднее Приднепровье и Западное Приазовье) и на ряде участков Горного Крыма (Карадаг, между Рыбачьим и Алуштой и к югу от Симферополя — в пределах Альма-Салгирского междуречья.)

В Среднем Приднепровье детальному изучению подверглись обнажения в бассейне р. Базавлук (реки Соленая, Базавлук, Базавлук, Каменка), где широко распространен комплекс рогово-обманково-биотитовых плагиогранитов (иногда с микроклином) и пород аульской серии. На севере и юго-востоке района обнажаются породы более молодой конкско-верховцевской серии, участвующей в строении соответственно Верховцевского и Чертомлыкского синклиналиев. Последний трактуется нами как представляющий глубокий срез корней раннеархейского щитового вулкана. На юго-западе (в нижнем течении Каменки) располагается изометричный в плане Токовский плутон гранитов. В строении Западного Приазовья в бассейне Молочной (Токмак, Кайникулак) обнажаются породы западноприазовской серии. Аульская и западноприазовская серии прошли однотипные циклы структурного развития, направленность которого хорошо согласуется по своему содержанию со сменой типов складок и процессов структурообразования [4]. Породы прогрессивного метаморфизма амфиболитовой (аульская серия) и регрессивной (западноприазовская серия) фаций подверглись изоклиальной складчатости F_1 , характеризующейся структурными формами первой стадии деформационного цикла [5]. К их числу относятся послойные кристаллизационная сланцеватость S_1 и мелкие сжатые, обычно изоклиальные или асимметричные складки, измеряемые десятками сантиметров и первыми метрами. Как правило, в обнажениях наблюдаются только утолщенные замки этих складок, нередко будинированные и растащенные («крючки, гарпуны» и т. п.), приуроченные к отдельным, очевидно менее вязким, пачкам. Здесь характерны вертикальные веретенообразные будины-шарниры амфиболитов, а также вертикальная минеральная линейность. Параллельно осевым плоскостям складок местами развит грубый кливаж-сланцеватость, иногда заполненный лейкосомой или альпийскими жилами. Повсеместно отмечается вертикальное или весьма крутое расположение их шарниров. Крылья обычно осложнены асимметричными складками правого и левого рисунков, причем, как было выяснено, шарниры этих складок параллельны шарнирам материнских складок.

Модификация изоклиналей F_1 и всего обусловленного ими парагенезиса произошла в последующую складчатость F_2 — новый структурный парагенезис, в основе которого лежат складки с субгоризонтальными или полого наклоненными шарнирами. Здесь характерна структурная зональность, обусловленная тем, что зоны складки F_2 разделены через примерно равные промежутки (от

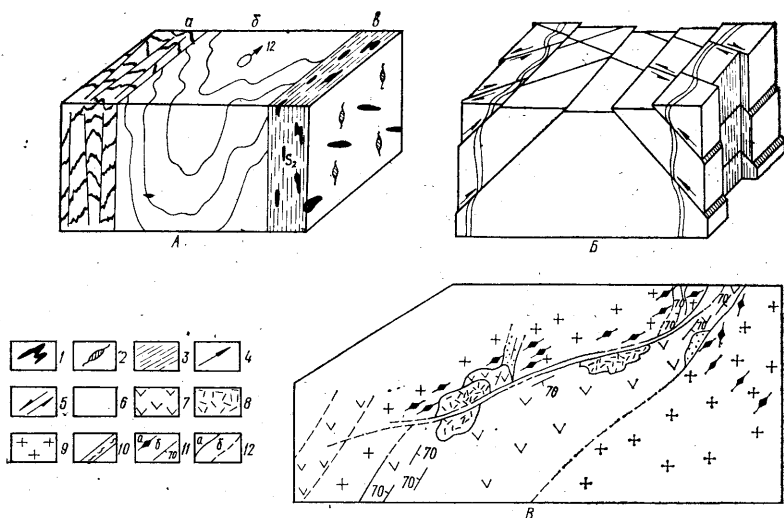


Рис. 1. Структуры Среднего Приднeпровья:

А — синтетическая схема зональных структур, сформированных в этап деформаций D_2 . Зоны: а — вязкого сдвигового ламинарного течения; б — «спокойной» складчатости (показаны угол и направление погружения шарниров); в — расплющивания (сланцеватость S_2) и будинирования; Б — синтетическая схема расположения слайдов-сбросов и слайдов-сдвигов относительно осей структур (направление от зрителя соответствует осям складок F_2). Представление о конечной структуре может дать мысленное совмещение схем А и Б. В — магматический гнибиссальный комплекс в одном из подводящих каналов Чертомлыкского вулкана. Балка Каменоватая, бас. р. Соленая. Составили А. Н. Казаков, Г. В. Заика-Новацкий, 1982 г. Условные обозначения: 1 — в-линейность; 2 — а-линейность; 3 — сланцеватость; 4 — слайды-сбросы; 5 — слайды-сдвиги; 6 — базиты β_1 ; 7 — габбро-диориты β_2 ; 8 — плагиограниты β_3 ; 9 — граниты фундамента; 10 — милониты; 11 — элементы залегания (а — гранитов фундамента; б — зеленокаменных пород); 12 — геологические границы (а — наблюдаемые; б — прослеживаемые по высыпкам)

нескольких метров до первых десятков метров) зонами расплющивания (зонами вязкого сдвигового ламинарного течения), в пределах которых плоскостные элементы S_0 , S_1 полностью заменяются вертикальными плоскостями S_2 , представляющими собой кливаж-сланцеватость, лейконому, альпийские жилы и аналогичные новообразования. К плоскостям S_2 приурочена субвертикальная линейность L_2 как минеральная и породная (будины), так и механическая (борозды, штрихи) (рис. 1, А).

Третья стадия структурообразования характеризуется вязкими и хрупкими деформациями, как бы наследующими и продолжающими в иной форме структурообразующие процессы, обусловленные полем тектонических напряжений предшествующего этапа ге-

нерации складок F_2 . К вязким разрывам относится система так называемых слайдов, симметрично деформирующих крылья складок F_2 , и система косых и поперечных сдвигов (рис. 1, Б). Хрупкие разрывы представлены здесь 2 системами сколов (продольными, падающими навстречу друг другу и диагональными вертикальными), а также субгоризонтальными трещинами отрыва, зияющими или заполненными кварцем. Как вязкие, так и хрупкие разрывы кинематически удлиняют по восстанию и сокращают в поперечном направлении (расплющивают) сложную систему складок F_1 и F_2 .

Более поздние деформации — зоны смятия и метасоматоза — непосредственно не связаны с приведенным выше направленным структурным рядом.

Наконец, самыми поздними деформациями, синхронными с плагиигранитными массивами, являются агматиты — зоны дробления, палеосома которых «сцементирована» аплитопегматоидным несоматическим материалом, а отдельные аплитовые и пегматитовые жилы часто поперечные по отношению к господствующему, итоговому простираению плоскостных и объемных структурных элементов.

Гранитоиды, вмещающие метаморфиты аульской и западноприазовской серий, представлены синскладчатыми ультраметаморфическими гранитогнейсами и мигматитами и позднескладчатыми плагиигранитами, аплитами и пегматитами. Первые образуют в плане вытянутые полосы, конформные складками F_2 (например, по р. Базавлук у пос. Шолохово). Они не имеют четких границ с суперкрупными образованиями, в них развиты плоскопараллельная ориентировка минералов и множества скиалитов, амфиболитов и кристаллических сланцев.

На завершающих этапах аульской складчатости и в постскладчатых условиях формируются массивы гранитоидов (преимущественно плагиоклазовых), дискордантных по отношению к аульским структурам. В Среднем Приднепровье устанавливается III их интрузивных фазы с четкими рвущими контактами по отношению друг к другу.

I — среднезернистые плагио- и плагиомикроклиновые граниты. Их массивы обнажаются по рекам Базавлук (районы Мироновки, М. Софиевки) и Соленая (район балок Каменоватая, Грузская), в нижнем течении р. Каменки. В Западном Приазовье эти гранитоиды образуют массивы в долине Обиточной. Наиболее часто их называют «Мироновскими».

II — мелкозернистые граниты. Они прорывают граниты I фазы в виде жил на многих участках. Наиболее крупный их массив обнажается по р. Каменка (Каменский массив).

III — аплиты и пегматиты в тесной геологической ассоциации. Нередко можно видеть развитие пегматоидов по аплитам. Это единый комплекс пород известен как «аплит-пегматоидные граниты» (термин не очень удачен). Наиболее интенсивное развитие этих пород установлено в среднем течении р. Базавлук (между селами Гуляй-Поле и Шишкино).

Гранитоиды каждой фазы характеризуются относительно однородным строением.

Породы конкско-верховцевской серии представлены в основном многофазными внедрениями базитовой магмы и ее дифференциатов, реже — субвулканическими и излившимися продуктами. Некоторые особенности строения этих образований можно проследить в балке Каменоватой, левом притоке р. Соленой (рис. 1, В). Обнажающиеся здесь вулканы возникли в 3 этапе. Наиболее древними (1-й этап) являются мелкозернистые аподиабазовые эпидотовые амфиболиты. Породы 2-го этапа — апогаббродиабазовые амфиболиты и метадиабазовые порфиры, рассекающие сланцеватость пород 1-го этапа, содержат многочисленные угловатые ксенолиты последних. 3-й этап представлен плагиогранитами-плагиолипаритами, рвущими породы 2-го этапа и содержащими их ксенолиты. Последовательность 3 этапов четкая: меланократовые базиты — габро-диориты — плагиограниты. Соотношение конкско-верховцевской серии с гранитоидами и вмещающими породами аульской серии характеризуется следующими факторами: а — зеленокаменные образования конкско-верховцевской серии внедрены в породы гранитоидного фундамента, включая гнейсово-амфиболитовую формацию (аульская серия); б — структурный план фундамента ко времени внедрения был сформирован, внедрение происходило в жесткое основание по мощным подводящим каналам трещинного типа. Радиальные трещины сходятся в участке, который, по данным бурения, занимает тела кварцевых порфиров (пос. Чкалово); в — Чертомлыкская структура по своему строению представляет собой вулкан центрального типа. Здесь выделяются трещинного типа подводящие каналы, жерло, закупоренное экстружией кварцевых порфиров, и лавовое поле, расположенное западнее указанной экстружии. Последний вывод согласуется с данными работы [3] о том, что структуры, подобные Чертомлыкской, можно рассматривать как вулcano-тектонические впадины, т. е. деструктивные вулканические постройки центрального типа.

В качестве эталонного участка для отработки методических приемов объемного картирования сложных метаморфических толщ выбрана Чертомлыкская полоса Чертомлыкско-Соленовского синклиория. Эта полоса представляет собой синклинальную складку изоклинальной формы с четко выраженным восточным крылом, в то время как западное крыло срезано надвигом [1]. Возможность гравитационного моделирования применительно к данной складке определяется тем, что она сложена мощной осадочно-вулканогенной толщей пород, резко отличных по плотности и магнитной восприимчивости от вмещающих мигматитов и плагиогранитов. Эталонный глубокий геолого-геофизический разрез Чертомлыкской структуры совпадает с опорным профилем скважин, пересекающим складку с севера на юг. Плотностные характеристики пород определялись осреднением данных по образцам, отобранным из керна скважин, с исключением пород явно отличного петрографического состава (жильные образования и ксенолиты).

С учетом положения пород на геологической карте и залегания их элементов на геологическом разрезе, а также основных особенностей гравитационного поля была составлена приближенная модель глубинного строения. Избыточная плотность пород, слагающих складку, позволила приближенно ограничить складку снизу (рис. 2). Средняя избыточная плотность составила $0,17 \text{ г/см}^3$ ($2,85 \text{ г/см}^3$ — средняя плотность осадочно-вулканогенной толщи, $2,68$ — вмещающих плагногранитов). При такой избыточной плотности складка замыкается на глубине ~ 6 км. Экстремальным значениям поля силы тяжести соответствуют участки развития полос ультраосновных пород, слагающих ядерные части синклиналий складок. В первом приближении определилась система изоклинальных складок, падающая к югу и осложненная разломами, падающими к северу, что в целом создает представление о скибовой структуре.

В Крыму структурному и формационному анализу подверглись киммериды, соответствующие возрастному диапазону от триаса (T_2) до поздней юры включительно, т.е. до начала формирования чехла молодой эпикиммерийской платформы. По результатам работы [5] и нашим данным, с конца лейаса и в аалене флишевая формация (таврическая серия) испытала тектоническое течение, зафиксированное в виде пакетов лежащих изоклиналей, смещенных друг по отношению к другу по системе субгоризонтальных субсогласных с напластованием надвигов (покровы течения) (рис. 3). Поскольку всякие крылья с нормальной стратиграфической последовательностью во многих местах размыты, то обычно на значительных площадях наблюдаются опрокинутые залегания пластов, деформированных в средней юре в виде прямых линейных складок, определивших господствующее структурное направление (рис. 3). Устанавливаются также последующие наложенные как складчатые, так и дизъюнктивные дислокации, услож-

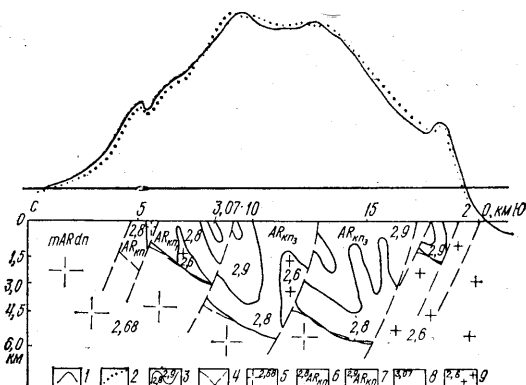


Рис. 2. Глубинный геолого-геофизический разрез Чертомлыкской структуры (построен методом минимизации по гравиметрическим наблюдениям на основе геологических материалов треста Южукргеология):

a — аномалия силы тяжести (1 — наблюдаемая с исключенным фоном; 2 — рассчитанная от выбранного варианта плотностной модели); *b* — геолого-плотностной разрез (3 — литологические границы разнородных сред — плотность, г/см^3 ; 4 — зоны тектонических нарушений, прогнессированных по ступеням резких перепадов плотностей; 5 — автохтонные граниты; 6 — разуплотненные метабазиты; 7 — метабазиты; 8 — частично серпентинизированные ультрабазиты; 9 — аллохтонные граниты)

нившие главную структурную основу, свойственную киммеридам Крыма.

Своеобразное структурное воплощение приобрели киммерийские движения в северной прибортовой зоне таврического трога, в пределах которой одновременно с флишем, формировавшимся

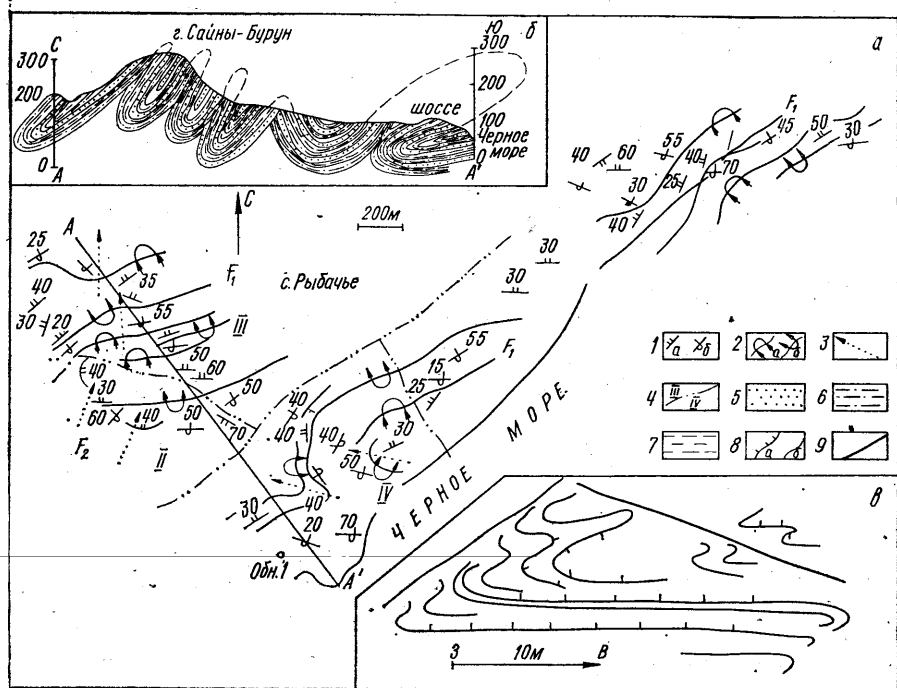


Рис. 3. Структурная схема и геологический разрез интенсивно дислоцированного триасового флиша на Южном берегу Крыма у с. Рыбачье:

а — структурная схема участка; б — схематический геологический разрез по линии А—А (масштаб горизонтальный — 1:20 000, вертикальный — 1:10 000); в — характер складок триасового флиша в окрестностях г. Алушта (зарисовка обнажения 1 по фотографии). Условные обозначения: 1 — залегание слоистости (а — нормальное; б — опрокинутое); 2 — осевые плоскости ранних складок F_2 (а — синклинали, б — антиклинали); 3 — осевые плоскости поздних складок F_3 ; 4 — границы и номера доменов; 5 — песчаники; 6 — алевролиты; 7 — аргиллиты; 8 — слои песчаника (а — с гиероглифами; б — без гиероглифов); 9 — разрывные нарушения

южнее, образовался мощный олистостром с высокопластичной глинистой матрицей, что исключило возникновение правильных складчато-дизъюнктивных форм. Подвергшийся тектоническому течению олистостром превратился в меланж, в котором наряду с олистолитами пород палеозоя оказались закатанными породы лейаса и начала средней юры прибрежных и мелководных фаций, а также вулканогенные породы байоса. В конце юры активно проявило себя тектоническое течение пород таврической серии из-под синклиналиев в антиклинории с результирующим вертикальным направлением. Именно это течение привело блоки вулканитов сред-

ней юры в вертикальное положение, столь характерное для главных центров вулканической деятельности в Горном Крыму (Карадаг, Рыбачье, Мелас, Форос, Лозовое).

На первый взгляд, структурная эволюция Украинского щита и Горного Крыма существенно различна. Однако, если учесть современные достижения в области структурного анализа дислокационно-метаморфических комплексов, приведшего к открытию тектоно-метаморфических циклов, а также определение роли вязкого сдвигового ламинарного течения в зонах разломов, то можно указать на принципиальный характер строения и геологической истории, позволяющий подметить их общие черты.

1. Обращает на себя внимание общая структурная модель, а именно: одинаковые структурные парагенезисы — тесное сочетание складок и разрывов как структурное выражение тектонических потоков, свидетельствующих об универсальности процесса тектонического транспорта.

2. Киммериды Крыма следует рассматривать как структурный парагенезис, предшествующий проявлению метаморфизма и характеризующийся последовательной сменой субгоризонтальных покровов течения субвертикальными складками и разрывами.

3. Украинский щит характеризуется собственно метаморфическим парагенезисом, структурное выражение которого сводится в конечном счете к такой же, как и в Крыму, последовательности: от изоклиналей, совмещенных со слоистостью, обычно сорванных в этих же плоскостях, к вертикальным складкам, разделенных зонами расплющивания и течения.

4. Применение структурного анализа в столь сложных и разных по своим геологическим характеристикам районах выявило такие их особенности, которые не только позволили существенно пересмотреть сложившиеся на протяжении многих лет и казалось устоявшиеся представления об их геологическом строении, но и открыть перспективы дальнейших как собственно тектонических, так и стратиграфических, палеовулканогеологических и петрологических исследований.

Разработанный нами рациональный методологический комплекс, безусловно, имеет важное значение и найдет использование при проведении новых видов региональных геоблосъемочных работ (ГГК, ГГС) и государственной полистной геологической съемки масштаба 1:50000.

1. *Бойко В. Л.* Чортотлицько-Солонівський район.— У кн.: Стратиграфія УРСР. Київ: Наук. думка, 1972. Т. 1, с. 89—113. 2. *Булах Е. Г., Рясаницын В. А., Маркова М. Н.* Применение метода минимизации для решения задач структурной геологии по данным гравиразведки. Киев: Наук. думка, 1976. 220 с. 3. *Гончар А. А.* Некоторые особенности геологии Среднего Приднепровья в связи с прогнозированием рудных месторождений.— Геол. журн., 1979, № 4, с. 49—59. 4. *Казаков А. Н.* Цикл структурного развития докембрийских геосинклинальных комплексов и особенности эндогенных процессов.— В кн.: Проблемы тектоники раннего докембрия. Л.: Наука, 1980, с. 91—102. 5. *Миллер Ю. В.* Тектоно-метаморфические циклы. Л.: Наука, 1982. 160 с.

Поступила в редколлегию 13.12.83

11-1657

ВЕСТНИК
Киевского университета

МИНИСТЕРСТВО
ВЫСШЕГО
И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ
УССР

ГЕОЛОГИЯ

ОСНОВАН В 1958 г.

4

КИЕВ
ИЗДАТЕЛЬСТВО ПРИ КИЕВСКОМ
ГОСУДАРСТВЕННОМ УНИВЕРСИТЕТЕ
ИЗДАТЕЛЬСКОГО ОБЪЕДИНЕНИЯ
«ВИЩА ШКОЛА»
1985