

КОСМИЧЕСКАЯ ГЕОЛОГИЯ БЕЛАРУСИ

Я оставлял в стороне научные гипотезы, которые имеют всегда временное существование и имеют меньшую достоверность, чем научные факты и научные эмпирические обобщения. С ходом времени по мере роста науки область эмпирических фактов и эмпирических обобщений увеличивается, а область научных гипотез должна уменьшаться.

В. И. Вернадский [1975, с. 69]

РЕСПУБЛИКАНСКИЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЦЕНТР
ДИСТАНЦИОННОЙ ДИАГНОСТИКИ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ
“ЭКОМИР”
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

В. Н. Губин, А. А. Ковалев

КОСМИЧЕСКАЯ ГЕОЛОГИЯ БЕЛАРУСИ

**МИНСК
Лазурок
2008**

УДК 550.814(476)
ББК 26.3
Г93

Рецензенты:

доктор геолого-минералогических наук,
профессор *Г. И. Каратаев*
доктор технических наук, профессор *С. Г. Оника*

Предисловие

академика *Р. Г. Гарецкого*

Губин, В. Н., Ковалев, А. А.

Г93 Космическая геология Беларуси: / В. Н. Губин, А. А. Ковалев. — Минск: Лазурак, 2008. — 120 с.
ISBN 978-985-6260-34-9

В книге рассмотрены результаты космогеологических исследований территории Беларуси и смежных регионов запада Восточно-Европейской платформы. Описаны пространственные закономерности и геологическая природа кольцевых и линейных структур литосферы. Показана роль космической информации при изучении динамики плейстоценовых оледенений, неотектонических процессов и в прогнозировании месторождений полезных ископаемых.

Для широкого круга геологов, аспирантов и студентов геологических специальностей.

УДК 550.814(476)
ББК 26.3

ISBN 978-985-6260-34-9

© Губин В. Н., Ковалев А. А. 2008
© Оформление. ООО “Лазурак”, 2008

ПРЕДИСЛОВИЕ

Прежде всего мне хотелось бы подчеркнуть все возрастающую роль космических методов в изучении литосферы и исходящую отсюда своевременность выхода настоящей книги. В результате комплексной интерпретации материалов дистанционных съемок из космоса и геолого-геофизических данных устанавливаются новые закономерности геологического строения литосферного пространства, в том числе и его тектоническая делимость. Наиболее выразительны на космических снимках — системы линеаментов и кольцевые структуры. Их классификации, морфологии, генезису и конкретному описанию авторы уделяют основное внимание в соответствующих разделах книги.

Космогеологические исследования приобретают особую актуальность на территории Беларуси, расположенной в пределах запада Восточно-Европейской платформы, так как в отличие от более обнаженных складчатых горных областей здесь широко развит платформенный чехол, в том числе четвертичные образования, скрывающие детали геологического строения более глубоких частей земной коры. В связи с этим интерпретация космогеологических материалов платформенных областей требует специального методического подхода. Для Беларуси космические методы открывают новые перспективы при геологической съемке, тектоническом картографировании, геоморфологических исследованиях, изучении неотектоники и современных геологических процессов, прогнозировании месторождений полезных ископаемых, организации и ведении мониторинга геологической среды.

Я всегда интересовался и придавал большое значение дистанционным методам в геологии. Еще в начале 50-х годов прошлого века я начал свою деятельность начальником партии Казахстанской экспедиции Всесоюзного аэрогеологического треста, которая вела Государственную геологическую съемку масштаба 1:200 000 территории периферии Мугоджар. Дешифрирование аэрофотоснимков

помогло нам создать полноценную геологическую карту и открыть многие новые особенности геологического строения региона.

Позже, в 70—80-х годах, совместные исследования Института геохимии и геофизики АН Беларуси и Минского отдела Всесоюзного научно-исследовательского института космоаэрометодов позволили выявить по космическим снимкам кольцевые и линейные структуры Беларуси и Прибалтики, что нашло отражение в ряде научных публикаций. В 1988 году вышла в свет первая Космотектоническая карта Беларуси, в составлении и научной редакции которой я принимал участие вместе с одним из авторов этой монографии — профессором В. Н. Губиным.

На протяжении более четверти века становится все более очевидным, что космогеологические исследования территории Беларуси определили важный этап в региональном изучении запада Восточно-Европейской платформы. Космическая геология представляет собой динамично развивающееся научное направление. Ее достижения и выводы призваны оказать заметное влияние на такие науки о Земле как региональная геология, геотектоника, геодинамика, учение о полезных ископаемых и др. Прикладные аспекты космогеологии прежде всего заключаются в использовании ее результатов исследований в геологосъемочных работах и прогнозировании минерально-сырьевых ресурсов. Сегодня в Республике Беларусь имеются технические средства для приема необходимой космической информации с зарубежных спутников. Белорусскими учеными создается отечественная система дистанционного зондирования Земли, которая внесет реальный вклад в совершенствование региональных геологических исследований.

В настоящее время выходит много публикаций в области космической геологии древних платформ. Однако целостный монографический анализ этого направления для территории запада Восточно-Европейской платформы до сих пор не проводился. В этом отношении представляемая книга, посвященная различным аспектам космогеологического изучения литосферы Беларуси, своевременна, очень важна для геологов и геофизиков, других специалистов, занимающихся космическими исследованиями природной среды. Данное издание, несомненно, будет полезно при подготовке инженеров-геологов высшей квалификации.

Академик Р. Г. Гарецкий

С годами становилось очевидным, что непрерывно меняется не только Земля, которую мы изучаем, но и сама геология — вечно меняющаяся наука.

А. Аллисон, Д. Палмер [1984, с.7]

ВВЕДЕНИЕ В КОСМИЧЕСКУЮ ГЕОЛОГИЮ

Полувековой юбилей отмечает в этом году практическая космонавтика, начало которой положил запуск первого в мире искусственного спутника Земли (ИСЗ)¹. Освоение космического пространства последующими технически совершенными летательными аппаратами открыло широкие перспективы развития наук о Земле, в том числе геологии.

Космическая геология — научное направление в изучении строения и динамики литосферы на основе методов дистанционного зондирования Земли из космоса [Космическая..., 1975; Космогеология..., 1987; Кронберг, 1988]. Спутниковые информационные системы совместно с геолого-геофизическими данными повышают достоверность региональных геологических исследований и прогнозирования месторождений полезных ископаемых, позволяют под несколько иным углом рассмотреть строение литосферы на разных уровнях ее организации. Наряду с известными ранее структурными формами космогеологическими методами устанавливаются кольцевые и линейные структуры литосферы, системы трещин ротационно-планетарной природы и гляциотектонические явления. Важную роль играет космическая информация в неогеодинамических реконструкциях.

¹Первый советский искусственный спутник Земли; запущен 4 октября 1957 года и выведен на орбиту с параметрами: высота в перигее 228 км, в апогее — 947 км; период обращения 96,17 мин. Масса ИСЗ 83,6 кг. Совершил около 1400 оборотов вокруг Земли.

Космогеологическую модель строения литосферы создают кольцевые и линейные структуры, проявленные на земной поверхности. Эти уникальные геологические объекты обнаружены в различных регионах Земли, в том числе в пределах равнинно-платформенных областей, затронутых плейстоценовыми оледенениями. К проблеме кольцевых и линейных структур обращено внимание на территории Беларуси, расположенной на западе Восточно-Европейской платформы (ВЕП). Космогеологические исследования проводятся здесь на протяжении более четверти века [Гарецкий, Карасев, 1980; Губин, Коркин, 1983; Губин и др., 2003; Дистанционное..., 2006; Кольцевые..., 1993; Космотектоническая..., 1988; Матвеев, Нечипоренко, 2001].

Выявленные по материалам дистанционных съемок (МДС) кольцевые структуры представляют собой геологические тела различного генезиса и структурные формы (начиная с уровня локальных структур и выше), характеризующиеся наличием центра симметрии в сечении этого тела или структуры [Буш, 1986]. Линейные неоднородности литосферы отражаются на поверхности Земли и дешифрируются на МДС в виде линеаментов. Термин “линеамент” впервые предложен в начале XX века американским геологом В. Хоббсом для обозначения погребенных структур, выраженных в прямолинейных формах рельефа. Главнейшие черты линеаментной тектоники создают экспонированные на земную поверхность дизъюнктивные (разрывные) дислокации литосферы, образующие линейные морфоструктуры.

Формирование закономерно ориентированных систем линеаментов, или ротационно-планетарных структур обусловлено вращательными движениями Земли как планеты Солнечной системы и перемещениями крупных блоков литосферы. Подобная сеть планетарной трещиноватости отличается систематичностью и закономерной ориентировкой относительно оси вращения Земли. Ротационная концепция, как отмечает В. Е. Хаин [1973, с. 457], “стоит несколько в стороне от “классических” гипотез, поскольку она отводит основную роль в деформации Земли не внутренним, а внешним по отношению к ней (Земле) силам, т. е. факторам астрономическим”.

Объектом космогляциодинамических исследований областей древнематерикового оледенения служат гляциодислокации — нарушения в залегании горных пород, обусловленные ледниковой дея-

тельностью. Среди широкой группы гляциотектонических явлений, по классификации Э. А. Левкова [1980], дистанционными методами обнаруживаются дислокации, созданные активным ледником (скибовые сооружения, отторженцы), и такие процессы, как гляциоизостазия и активизация разломных зон. На космических снимках (КС) устанавливаются региональные черты в распределении краевых ледниковых комплексов и экзарационных ложбин гляцигенного генезиса.

Космогеология открывает широкие перспективы в изучении новейшей тектоники древних платформ. Главными геодинамическими факторами, определявшими характер неотектонических процессов в пределах запада ВЕП, являются воздействие Альпийско-Карпатского орогена, заложение в среднем плейстоцене Восточно-Балтийской рифтовой системы, развитие плейстоценовых ледниковых покровов [Карабанов, 2002; Левков, Карабанов, 1995; Новейшая..., 1999]. В ходе космогеологических построений выявляются активные разломы литосферы, неотектонические блоки регионального и локального порядка, испытавшие в позднеолигоцен-четвертичное время дифференцированные движения [Губин и др., 1988].

Космическое зондирование Земли и современные геоинформационные технологии являются прогрессивной основой региональных геологических исследований. Они обеспечивают моделирование структуры литосферы и геодинамических обстановок, повышают надежность прогноза на различные полезные ископаемые, способствуют выяснению эколого-геологических особенностей территории и организации литомониторинга. Большое внимание уделяется космогеологическому картографированию — созданию геологических моделей на базе космической информации и данных о строении литосферы, полученных традиционными (геолого-геофизическими, геохимическими и др.) методами. Первой подобной моделью явилась космогенетическая карта Беларуси [1988], составленная коллективом ведущих ученых Института геохимии и геофизики Национальной академии наук Беларуси, Минского отдела ВНИИКАМ и БелНИГРИ под научно-методическим руководством академика Р. Г. Гарецкого.

В результате космогеологических исследований территории Беларуси уточнены схемы нефтегеологического районирования Припятского прогиба и отдельных его зон, осуществлен прогноз локальных структур и участков повышенной трещиноватости платформен-

ного чехла, с которыми связано улучшение коллекторских свойств продуктивных горизонтов верхнедевонских отложений. Особое значение приобретает линеаментный анализ в прогнозно-металлогенических целях в пределах Центрально-Белорусского массива. Данный метод способствует выявлению трещиноватых зон в кристаллическом фундаменте, отличавшихся во многих случаях высокой проницаемостью для магматизма на дорифейском этапе и новейшей активизацией.

Важную роль в изучении космогеологических объектов играет информация о глубинном строении и геодинамике литосферы, полученная путем сейсмического зондирования и магнитотеллурических исследований [Гарецкий, 1999; Основы..., 2004]. С помощью этих данных выявлена связь систем линеаментов повышенной плотности с субширотным Полоцко-Курземским поясом разломов — новой тектонической единицы ВЕП [Гарецкий, Каратаев, 2006; Полоцко-Курземский..., 2002].

Космическая геология как наука обеспечивает многообразие методических подходов к изучению литосферы. В настоящей книге освещены некоторые итоги космогеологических исследований территории Беларуси и смежных регионов запада ВЕП. Получены новые геологические результаты благодаря применению наиболее геоинформативного комплекса фотографических и оптико-электронных методов дистанционного зондирования природной среды [Дистанционное..., 1995; 2006; Ковалев, 2001]. В геологических целях использовались КС земной поверхности, выполненные с ИСЗ фотокамерами и многозональными сканирующими устройствами в спектральных диапазонах 0,5—0,6; 0,6—0,7; 0,7—0,8 и 0,8—1,1 мкм. Масштабный ряд космоизображений составлял 1 : 2 500 000, 1 : 1 000 000 и 1 : 500 000, а их пространственное разрешение — около 250 и 80 м. На геодинамических полигонах (Березинском, Минском, Полесском), расположенных в разных тектонических зонах территории Беларуси, осуществлялось структурное дешифрирование КС, полученных с ИСЗ “Ресурс-01” сканирующей системой в диапазонах 0,5—0,6; 0,6—0,7 и 0,8—0,9 мкм. Цифровые данные визуализировались в виде космоизображений в масштабах 1 : 200 000 и 1 : 100 000 с разрешением на местности в несколько десятков метров. Для детализации ряда установленных на КС кольцевых, линейных и блоковых структур,

изучения складчато-чешуйчатых гляциодислокаций и ледниковых отторженцев применялись аэрофотоснимки (АФС) масштаба 1 : 25 000 и крупнее. При этом высокой геоинформативностью отличались АФС в спектральных диапазонах 580—700 нм (красный) и 700—860 нм (ближний инфракрасный), полученные с авиационных носителей многозональными фотокамерами.

В общей схеме космогеологических исследований выполнялась компьютерная обработка МДС и визуальное дешифрирование (структурное, геоиндикационное) фотоизображений земной поверхности по геометрическим, яркостным и ландшафтным показателям. Проводились полевые аэровизуальные и наземные геологические исследования в пределах геодинамических полигонов. С целью объективизации процесса дешифрирования и выяснения природы выделенных по МДС объектов осуществлялся анализ материалов геолого-геофизических съемок. При геологической интерпретации кольцевых и линейных структур обращалось внимание на характер аномалий магнитного и гравитационного полей: ступени в уровнях полей, оси линейных и изометричных аномалий, границы с нарушениями корреляции аномалий в физических полях. Системы линеаментов сопоставлялись также с разломами платформенного чехла и кристаллического фундамента, установленными в ходе региональных геологосъемочных работ и при тектоническом картографировании в масштабах 1 : 500 000 и 1 : 200 000. Омечено, что на КС наиболее отчетливо отражаются разломы и трещины, образованные в условиях растяжения земной коры. Повышенной трещиноватостью и проницаемостью коры, активностью проявления геодинамических процессов отличаются участки пересечения линеаментов — узловые структуры.

В результате комплексной интерпретации данных дистанционного зондирования и геолого-геофизических материалов в пределах запада ВЕП выяснены пространственные закономерности и геологическая природа кольцевых и линейных структур литосферы, изучены региональные особенности проявлений геодинамических процессов (ротационно-планетарных, гляцигенных, неотектонических), установлены космогеологические критерии размещения месторождений полезных ископаемых, составлены картографические модели территории Беларуси структурного, геодинамического и прогнозно-минерагенического содержания.

Хотя тектоника складчатых областей значительно более сложная и, может быть, более увлекательная, но мы все остались верны тектонике платформ.

Р. Г. Гарецкий [2005, с.104]

КОЛЬЦЕВЫЕ СТРУКТУРЫ ЛИТОСФЕРЫ

На территории запада ВЕП космогеологическими исследованиями установлены разнообразные кольцевые структуры, или структуры центрального типа [Соловьев, 1978], обусловленные в значительной степени тектонической расслоенностью литосферы. К настоящему времени подобные формы выделены по МДС во многих равнинно-платформенных регионах, в том числе охваченных плейстоценовыми оледенениями. Однако они лучше изучены методами дистанционного зондирования в пределах складчатых областей и щитов древних платформ, где находят непосредственное отражение в структурных особенностях и вещественном составе горных пород.

В пределах запада ВЕП кольцевые структуры в большинстве случаев являются погребенными и их проявление в современном рельефе носит опосредованный характер. По степени геоморфологического выражения этих форм обособляются три главных морфологических типа структур: сложного строения, или собственно кольцевые (Полесская, Щучинская, Велешинская и др.) с чередующимися концентрическими впадинами и поднятиями, купольные (Новогрудская, Гродненская, Бобруйская и др.) — с положительными формами рельефа в своде и депрессионные (Браславская, Дятловская и др.) — с впадинами в центральной части структур. К кольцевым структурам сложного строения относятся также объекты центрального типа малого диаметра, не получившие прямого отражения на земной поверхности, а проявленные в безградиентных компонентах ландшафта: почвах, растительном покрове и т. п.

Геолого-геофизическая интерпертация кольцевых структур на территории ВЕП [Башилов, 1984; Буш и др., 1983; Гарецкий, Карасев, 1980; Губин, 2001; Губин, Коркин, 1983; Зверев, Кац, 1986; Кольцевые..., 1993; Космотектоническая..., 1988; Лопатин, 1981; Николаев, 1988; Стрельников, 1985; Тихомиров, 1987; Трофимов, 1984; Шевырев, 1980 и др.] и в других равнинно-платформенных областях [Кольцевые..., 1987, 1989; Космогеология..., 1987] позволяет предположить, что все кольцевые образования отражают следы геодинамических процессов, происходивших в ограниченном литосферном пространстве. Диаметр подобных форм (класс размерности) часто связывается с их генетической характеристикой и глубиной заложения. Поэтому все многообразие дешифрируемых кольцевых объектов в пределах запада ВЕП целесообразно разделить по латеральным размерам на четыре класса — крупнейшие, или мегаструктуры диаметром более 200 км, крупные — 50—200 км, средние — 25—50 км и мелкие структуры — менее 25 км.

Среди разнообразных генетических типов кольцевых объектов возможно выделение по классификации В. А. Буша [1986] моногенных и полигенных структур. Первые разделяются на тектоногенные, метаморфогенные и магматогенные, связанные с эндогенными процессами в литосфере, а также на структуры, сформированные внешними геодинамическими явлениями — экзогенные и космогенные. Полигенные структурные формы объединяют кольцевые объекты сложного генезиса.

Региональные закономерности

Крупнейшие кольцевые структуры, или мегаструктуры устанавливаются на КС с высокой степенью достоверности. На территории запада ВЕП дешифрируются Полесская, Клинцовская и Витебская мегаструктуры, имеющие диаметр свыше 200 км (рис. 1). Значительными размерами отличается Полесская (Волынская) кольцевая структура [Белевцев, Быстревская, 1983; Гарецкий, Карасев, 1980; Губин, 1986; Лопатин, 1981], представляющая собой асимметричную морфоструктуру диаметром по длинной оси около 260 км. Она выражена в современном рельефе системами дугообразных

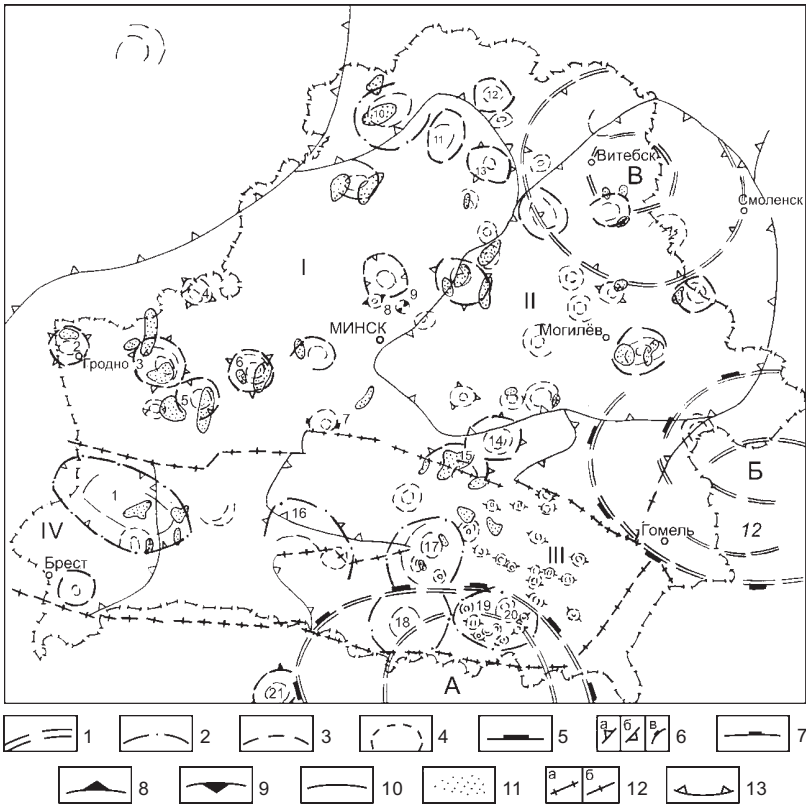


Рис. 1. Главнейшие кольцевые структуры запада Восточно-Европейской платформы по данным космических съемок:

1—4 — классы размерности кольцевых структур: 1 — крупнейшие (мегаструктуры), 2 — крупные, 3 — средние, 4 — мелкие; 5 — 10 — генетические типы кольцевых структур: 5 — полигенные, 6 — тектоногенные: а — положительные, б — отрицательные, в — отрицательные, в — соляные поднятия, 7 — метаморфогенные, 8 — магматогенные, 9 — космогенные, 10 — проблематичного генезиса; 11 — выступы кристаллического фундамента; 12 — разломы по геолого-геофизическим данным: а — суперрегиональные, б — региональные и субрегиональные; 13 — условные контуры структур чехлы: I — Белорусская антеклиза, II — Оршанская впадина, III — Припятский прогиб, IV — Подляско — Брестская впадина; кольцевые структуры: А — Полесская, Б — Клинцовская, В — Витебская, 1 — Березовская, 2 — Гродненская, 3 — Щучинская, 4 — Вороновская, 5 — Дятловская, 6 — Новогрудская, 7 — Велешинская, 8 — Каменецкая, 9 — Логойская, 10 — Браславская, 11 — Ветринская, 12 — Россонская, 13 — Ушачская, 14 — Бобруйская, 15 — Глуская, 16 — Лунинецкая, 17 — Микашевичская, 18 — Туровская, 19 — Ельская, 20 — Мытвинская, 21 — Маневичская

фрагментов долин рек Уборть, Горынь и Припять, изометричными очертаниями озерно-аллювиальных низин (прил. 1). В тектоническом отношении к центральной части мегаструктуры приурочена Овручская грабен-синклиналь. В Припятском прогибе с кольцевыми линеаментами сопряжены Сколодинский и Буйновичско-Наровлянский разломы, имеющие максимальные амплитуды смещений по поверхности франских подсолевых отложений верхнего девона соответственно 1—1,5 и 3,5—4 км. В рельефе поверхности Мохо мегаструктура выражена как поднятие на глубинах до 35—40 км.

Полесская структура может быть отнесена к полигенному типу кольцевых образований, поскольку ее формирование происходило в течение длительного периода геологической истории под воздействием взаимообусловленных процессов метаморфизма, магматизма и тектогенеза. По мнению Я. Н. Белевцева и С. С. Быстревской [1983] зарождение этого кольцевого объекта связано с нуклеарной стадией развития Земли. Геологические данные свидетельствуют о существовании мегаструктуры с раннего протерозоя, когда она контролировала замкнутые бассейны, в которых происходило накопление вулканогенно-осадочных пород. В позднем протерозое активизировался центральный участок кольцевой структуры, в пределах которого сформировались магматические образования Коростенского плутона, имеющие кольцевое строение, а на более позднем этапе — вулканогенно-осадочные породы овручской серии. Тогда же возникли калиевые (пержанские) граниты и связанные с ними характерные метасоматические образования, приуроченные к внутреннему кольцевому блоку.

Значительной переработке Полесская структура подвергалась в эпоху герцинской складчатости, особенно ее внешний кольцевой фрагмент в пределах Припятского прогиба, где образовались резкие перепады высот поверхности кристаллического фундамента, достигающие нескольких тысяч метров. К северному концентру приурочены Микашевичско-Житковичский, Петриковский и Хойникский выступы фундамента в осевой части прогиба, что свидетельствует об унаследованной во времени тенденции мегаструктуры к воздыманию.

Полесская кольцевая структура активно проявилась на платформенном этапе тектогенеза. В позднем девоне, например, север-

ный сегмент мегаструктуры контролировал формирование Припятского палеорифта. В пределах кольцевой структуры преобладали восходящие неотектонические движения суммарной амплитудой преимущественно от 100 до 150 м. В зоне центрального сегмента подобные деформации достигали 400 м и тем самым оказывали влияние на развитие Овручского кряжа (прил. 2). Современные вертикальные движения на территории Полесской структуры характеризуются в основном положительными значениями.

Клинцовская кольцевая структура имеет эллипсоидную форму в плане и размеры вдоль длинной оси порядка 250 км. На территории Беларуси расположен ее западный фрагмент, охватывающий юго-восточный склон Оршанской впадины, частично Жлобинскую седловину и Городокско-Хатецкую ступень Припятского прогиба. Суражский и Гремячский погребенные выступы Воронежской антеклизы подчеркивают положение свода мегаструктуры, к которому приурочен Клинцовский грабен. В современном рельефе кольцевой объект выражен асимметричным поднятием, в центральной части которого развиты моренные образования днепровского возраста с широким проявлением гляциодислокаций. Положение внешнего кольца мегаструктуры подчеркивается дугообразной ориентировкой долин рек Сож и Днепр.

В гравитационном поле Клинцовская структура тяготеет к Рославльскому (Хотимскому) минимуму силы тяжести. Это наиболее крупная и интенсивная аномалия, обусловленная структурными особенностями и вещественным составом пород кристаллического фундамента. Гравитационная аномалия имеет размеры 90×150 км и прослеживается на территории Беларуси от Кормы до Хотимска. Рассматриваемый фрагмент мегаструктуры сопряжен с крупной положительной аномалией магнитного поля размерами 90×225 км, направление оси которой согласуется с простирием Рославльского гравитационного минимума. К западному крылу кольцевой структуры приурочен ряд локальных магнитных максимумов, форма, интенсивность и размеры которых позволяют предположить наличие здесь интрузивных тел основного и среднего состава.

В строении платформенного чехла Клинцовская структура прослеживается в расположении погребенных ледниковых ложбин, следует вдоль границ распространения верхнемеловых отложений,

а также контролирует распределение мощностей пярнуско-наровских толщ среднего девона. Мегаструктура приурочена к тектоническому поднятию кристаллического фундамента, выраженному изменениями мощностей верхнепротерозойских образований.

Имеющиеся геолого-геофизические данные позволяют предположить сложную полигенную природу Клинцовской кольцевой структуры. На платформенном этапе немаловажную роль в ее развитии сыграл тектонический фактор. Высокой активностью отличался внутренний кольцевой блок мегаструктуры, который в значительной степени контролировал образование Клинцовского грабена. В вильчанское время раннего венда внешний кольцевой блок испытал преимущественно поднятие, продолжалось погружение внутреннего блока, тектонические движения в пределах которого имели четко выраженный локальный характер. Область поднятий охватила всю площадь кольцевой структуры в волынское время раннего венда. Причем северная граница этой территории примерно совпадала с границей структуры, а более интенсивными движениями характеризовались юго-восточная и центральная части кольцевого объекта. Сходный тектонический режим в пределах мегаструктуры сохранялся в позднем венде — раннем кембрии.

Заметное влияние Клинцовской структуры на осадконакопление проявилось в меловой период. Это нашло отражение в характере границ современного распространения альбских и верхнемеловых отложений и изменении их мощности в северо-западной части мегаструктуры, конформном положении различных слоев верхнемеловых отложений на погребенной дочетвертичной поверхности. На неотектоническом этапе мегаструктура развивалась как область положительных деформаций суммарной амплитудой от 80 до 150 м.

К группе крупнейших кольцевых образований относится Витебская структура, отличающаяся отчетливой изометричной формой в плане. Она обнаруживает связь с крупной тектонической структурой запада ВЕП — Оршанской впадиной, что позволяет отнести ее к тектоногенному типу кольцевых объектов. Причем на КС уверенно дешифрируется ее внутренний отрицательный блок, соответствующий Витебской мульде. В современном рельефе эта часть мегаструктуры подчеркивается одноименной конечноморенной возвышенностью, дугообразными фрагментами долин реки Западная

Двина и ее притоков. Здесь отмечаются повышенные мощности отложений квартера (до 110—190 м). По поверхности дочетвертичных образований внутренний кольцевой блок приподнят над внешним более чем на 40 м, а западное замыкание мегаструктуры подчеркивается ложбинами ледникового выпахивания и размыва.

Витебская кольцевая структура отражается в строении физических полей. Вдоль длинной её оси трассируются системы линейных полосовых аномалий северо-западного направления, а внешний дуговой линеамент охватывает область положительной магнитной аномалии и прослеживается по зонам интенсивных градиентов в районе гг. Толочин и Смоленск. В осредненном поле силы тяжести мегаструктуре соответствует региональный гравитационный максимум, границы которого совпадают с положением внешнего дугового линеамента. Протяженной зоной высоких горизонтальных градиентов поля подчеркивается южное замыкание кольцевой структуры.

Анализ физических полей позволяет судить о приуроченности Витебской мегаструктуры к крупному блоку литосферы. Изометричная форма рассматриваемого объекта очевидно связана с характером проявления дифференцированных тектонических движений в толще пластичных пород платформенного чехла. В позднем протерозое в центральной части структуры сформировалась Витебская мульда, в пределах внешнего кольцевого линеамента — Центрально-Оршанский горст. В позднеолигоцен-четвертичное время мегаструктура испытывала активное поднятие, суммарные амплитуды которого составили до 80 м.

Среди других крупнейших кольцевых образований на территории ВЕП можно отметить структуры, ограничивающие впадину Рижского залива, пространственно совпадающие с котловинами Ладожского и Онежского озер, что позволяет отнести их к морфоструктурным формам высокого порядка [Николаев, 1988]. В пределах Балтийского щита В. Г. Можяевой отдешифрована кольцевая структура диаметром около 400 км, охватывающая территорию средней части Карелии и Финляндии. Она характеризуется древним заложением и полигенной природой. Более поздняя (палеогеновая) активизация тектонических движений по дуговидным разломам предопределила выражение этой мегаструктуры на земной поверхности.

Изучение геодинамических закономерностей формирования крупнейших кольцевых структур западного региона ВЕП позволяет предположить их полигенную природу и длительный многоэтапный характер развития. Такие объекты представляют собой древнейшие дугообразно ориентированные разломы, которые возникли, возможно, на нуклеарной стадии развития Земли. Данный геологический этап характеризовался формированием первичной базальтовой коры в условиях отсутствия или слабого проявления полей горизонтальных напряжений. Это и привело к образованию оптимальной для подобного физического состояния литосферы округлой формы первичных структур [Кольцевые..., 1987].

На ранних этапах развития Земли кольцевые мегаструктуры были чрезвычайно устойчивыми и консервативными элементами литосферы и поэтому в архее и протерозое в значительной мере определяли морфологию развивавшихся структурных форм. Кольцевые объекты служили путями проникновения магматических растворов из мантийного слоя, приведших к интенсивной гранитизации первичной базальтовой коры. В фанерозое дифференцированные тектонические движения в пределах отдельных сегментов мегаструктур контролировали процессы седиментагенеза и формирование региональной делимости платформенного чехла. Выраженность крупнейших кольцевых образований в современном рельефе свидетельствует об их унаследованном развитии в позднеолигоцен-четвертичное время.

Крупные кольцевые структуры представляют собой объекты центрального типа диаметром от 50 до 200 км (рис. 1). Среди них уверенно дешифрируется Березовская структура, имеющая в плане форму эллипса и размеры по длинной оси около 120 км. Она занимает северную область Подляско-Брестской впадины и западные склоны Полесской седловины. На КС довольно отчетливо прослеживается внешний кольцевой блок, в который как бы вложена протяженная ложбина дочетвертичного возраста шириной 10—15 км, выполненная озерно-аллювиальными отложениями. В сводовой части дешифрируемой структуры широко развиты кончноморенные образования с многочисленными гляциодислокациями.

Ведущую роль в формировании Березовской кольцевой структуры сыграли процессы платформенного тектогенеза. Наибольшее прогибание этого участка литосферы происходило в раннем палеозое и силуре, когда он представлял собой небольшой структурный залив каледонского перикратонного прогиба северо-западного простирания. Погружение данной территории отмечается также в позднепермско-раннепалеогеновый период в связи с интенсивным развитием Датско-Польского прогиба. В позднеолигоцен-четвертичное время Березовская кольцевая структура испытывала преимущественно положительные деформации суммарной амплитудой 40—60 м.

Крупные Туровская и Ельская кольцевые структуры располагаются в периферийной северной части Полесской мегаструктуры. Их размеры в поперечнике почти одинаковы и составляют около 70 км. В геоморфологическом отношении Туровская структура охватывает плоские аллювиальные террасы рек Припять, Ствига и Уборть среднечетвертичного возраста (прил. 3). Особенностью этой территории является аномально повышенное развитие эоловых и водно-эрозионных форм рельефа. Ельский кольцевой объект выражен на КС дугообразными линеаментами, образованными фрагментами долин рек Уборть, Припять, Словечна и др. Причем для мелких водотоков характерно “растекание” от свода к периферийным частям структуры, подчеркивающееся радиальным полосчатым космофотоснимком.

Геолого-геофизические данные свидетельствуют об тектоногенной природе рассматриваемых структурных форм литосферы. Формирование Туровской кольцевой структуры тесно связано с тектоническим развитием одноименной депрессии Припятского прогиба. Отмечается высокая степень корреляции дешифрируемого объекта со структурным планом поверхности фаменских соленосных отложений верхнего девона. К своду кольцевой структуры приурочены Горкинское и Симоновичское соляные поднятия амплитудой свыше 100 м. Ельская структура представляет собой кольцевой дизъюнктив, образованный дугообразными фрагментами Наровлянского, Выступовичского, Южно-Припятского и других разломов.

Туровская и Ельская кольцевые структуры характеризуются заметным увеличением суммарных амплитуд позднеолигоцен-четвертичных движений до 120 м. В пределах кольцевых объектов по МДС выделяются неотектонические зоны северо-восточной ориентировки, совпадающие с направлением осевых линий самих структур. По мнению Н. А. Капельщикова [1989] подобная зональность обусловлена активностью Туровского, Убортского, Симоновичского и Выступовичско-Ельского (Малынско-Туровского) дизъюнктивов, контролирующих новейший структурный план южной части Припятского погиба.

Среди других крупных объектов центрального типа, дешифрируемых в западном регионе ВЕП, следует отметить Луинецкую, Микашевичскую и Браславскую структуры. В большинстве случаев их генезис носит проблематичный характер. Исключение составляет Луинецкая структура, которая приурочена к приподнятой области рельефа поверхности кристаллического фундамента: Микашевичско-Житковичскому выступу и восточной части Полесской седловины. Она может быть отнесена к тектоногенной группе кольцевых образований литосферы. В позднеолигоцен-четвертичное время эта структура испытывала поднятие суммарной амплитудой 100—120 м. В новейшем структурном плане фиксируется Микашевичский кольцевой объект, положение которого подчеркивается изобазой неотектонических деформаций с отметкой 100 м. Браславская структура тяготеет к области нисходящих движений, амплитуды которых в позднеолигоцен-четвертичное время составили 20—40 м (прил. 4). Судить об особенностях ее глубинного строения пока затруднительно вследствие слабой геолого-геофизической изученности севера Беларуси.

Средние кольцевые структуры, имеющие размеры в поперечнике от 25 до 50 км, широко развиты в пределах Белорусской антеклизы и Украинского щита (рис. 1). Здесь они оконтуривают поднятия, реже впадины консолидированного фундамента, сопряжены с кольцевыми дизъюнктивами, а также совпадают с гранито-гнейсовыми куполами. В области сочленения Украинского щита и Вольно-Подольской плиты подобные кольцевые структуры связаны с проявлениями подкорового (мантийного) магматизма.

Ярким примером изометричных объектов данного класса в районах неглубокого (первые сотни метров) залегания кристаллического фундамента служит Новогрудская кольцевая структура диаметром около 30 км. Впервые выделена по материалам высотной аэрофотосъемки в сводовой части Белорусской антеклизы. Расположенная в пределах одноименной конечноморенной возвышенности, она уверенно дешифрируется на МДС локального уровня генерализации благодаря изометричной ориентировке холмов и гряд, радиальному рисунку оврагов (прил. 5) и четко выраженному дугообразному изгибу долин рек Неман и Сервечь. Кольцевой объект совпадает с положительной морфоструктурой, выделенной по данным морфометрического анализа, но размеры последней несколько больше. Геология четвертичных отложений и строение рельефа рассматриваемой территории изучены М. Е. Зусем [1991].

В геофизических полях Новогрудская структура выражена гравимагнитными аномалиями овальной формы в плане. С юго-востока кольцевой объект ограничен серией разрывных нарушений северо-восточного направления, совпадающих с зоной градиентов поля силы тяжести. Структура тяготеет к приподнятому блоку фундамента с абсолютными отметками поверхности от -25 до $+25$ м и довольно отчетливо выделяется в различных горизонтах платформенного чехла, что позволяет отнести ее к группе тектоногенных. В рельефе вендских отложений она выражается как седловина, разделяющая Гродненско-Моринский и Бобовнянский выступы. По поверхности сеноманских пород верхнего мела структура выделяется как область развития этих отложений, окруженная участками, где они отсутствуют. В рельефе ложа четвертичной толщи кольцевой структуре соответствует возвышенность изометричной конфигурации с абсолютными отметками $70-90$ м, которая ограничена с юго-востока Сервечской ложбиной, имеющей в наиболее пониженных частях отметки ложа от 10 до 30 м. На неотектоническом этапе суммарные амплитуды деформаций в условиях Новогрудской структуры составили первые десятки метров, скорости современных вертикальных движений — около $0,5$ мм в год.

В пределах Белорусской антеклизы контуры поднятий рельефа кристаллического фундамента отражают Бобруйская, Глуская,

Щучинская, Гродненская и другие структуры центрального типа (рис. 1). Значительно реже кольцевые объекты среднего диаметра обнаруживают связь с отрицательными формами рассматриваемой структурной поверхности.

К кольцевым дизъюнктивам следует отнести Сновскую структуру, охватывающую западную часть Бобовнянского выступа Белорусской антеклизы. Диаметр структуры — около 40 км. Строение консолидированного фундамента в пределах кольцевого объекта неоднородно. В восточной части структуры выявлены архейские гранито-гнейсы мигматит-гранитного комплекса, а на западе — породы околоской серии нижнего протерозоя. Следует отметить, что восточный кольцевой линеймент контролируется тремя дизъюнктивами и проходит в местах их пересечения другими нарушениями, например Ушанского разлома с Несвижской зоной дробления. Здесь в трещинных водах кристаллического фундамента установлены высокие содержания радона, радия, урана и гелия. Это позволяет отождествить Сновскую структуру с кольцевым дизъюнктивом и отнести ее к группе тектоногенных.

В среднем классе размерности кольцевых объектов выделяются также структуры магматогенной природы, связанные с проявлением мантийного магматизма. К подобным образованиям может быть отнесена Маневичская кольцевая структура, расположенная на стыке Украинского щита и Вольно-Азовской плиты. Она выглядит на КС в виде фотоаномалии диаметром около 40 км. Л. Т. Шевырев [Геология..., 1985] объясняет происхождение Маневичской структуры активизацией тектоно-магматических процессов в зоне взаимодействия Вольно-Полесского (Вольно-Оршанского) палеопротуба и Украинского щита. В результате импульсов сжатия в среднерифейско-ранневендское время возникли системы дугообразных разломов глубокого заложения, оконтурившие сложно построенный (осложненный радиальными нарушениями) центральный блок кольцевой структуры. Одновременно на данном этапе происходил наиболее интенсивный мантийный диапиризм. Подъем глубинных магматических образований и выбросы пирокластического материала тяготеют прежде всего к кольцевому ограничению структуры. Современная активность Маневичской структуры подчеркивается

высокой вертикальной расчлененностью рельефа земной поверхности в ее пределах, а также заложением по кольцевым линейным долинам рек Стырь и Стоход.

Объекты центрального типа диаметром менее 25 км объединены в класс *мелких кольцевых структур*. Подобные формы во многих случаях отражают на земной поверхности генетически разнородные образования: контуры мелких выступов либо депрессий кристаллического фундамента, гранито-гнейсовые купола, интрузивные тела, кальдеры палеовулканов, локальные поднятия платформенного чехла, соляные диапиры, изометричные в плане экзогенные формы современного рельефа (камовые массивы, комплексы краевых моренных образований и др.), а также объекты, образованные падением метеоритов, или астроблемы.

Геологическая природа

На территории запада ВЕП кольцевые структуры наиболее полно изучены путем комплексного анализа МДС и геолого-геофизических данных в пределах Белорусской антеклизы [Губин, 1994, 2001; Губин, Коркин, 1983], в Припятском прогибе [Гридин, 1966, 1983; Капельщиков, 1989; Неотектоника..., 1980; Тяшкевич, 1985], в Днепровско-Донецкой впадине [Разницын, 1985], на Украинском щите [Белевцев, Быстревская, 1983; Порошин, 1981], в условиях Воронежской антеклизы [Шевырев, 1980].

Тектоногенная группа кольцевых структур сформирована под воздействием процессов платформенного тектогенеза. На территории Белорусской антеклизы среди подобных образований развиты в основном положительные структуры. Они обнаруживают связь с малоамплитудными поднятиями по поверхности кристаллического фундамента и нередко выражаются в рельефе ложа четвертичных отложений в виде изометричных возвышенностей амплитудой в несколько десятков метров. На новейшем тектоническом этапе мелкие кольцевые структуры испытывали в основном положительные деформации. Надежным дешифровочным признаком таких объектов служат гляциодислокации складчато-чешуйчатого типа, часто локализующиеся в сводовых частях кольцевых структур. Дефор-

мированные плейстоценовыми ледниками мергельно-меловые породы залегают под маломощным четвертичным покровом и нередко обнаруживаются на МДС по параллельно-полосчатому рисунку.

В условиях Белорусской антеклизы наглядным примером кольцевых форм рассматриваемого класса размерности являются Вороновская и Ушанская купольные структуры диаметром соответственно 24 и 13 км. Первая расположена в южной части Прибалтийской моноклинали и сопоставляется с одноименной брахиантиклиналью амплитудой свыше 100 м по поверхности кристаллического фундамента, волыньских и валдайских отложений верхнего протерозоя. К северу Бобовнянского выступа приурочена Ушанская кольцевая структура. Она объединяет область положительной овалообразной гравитационной аномалии до 4,5 мгл. Максимальные значения магнитного поля в ее пределах достигают 400 гамм (рис. 2). По поверхности фундамента структуре соответствует поднятие с абсолютными отметками рельефа от нуля до минус 40 м.

На территории Припятского прогиба выявляется большая группа мелких кольцевых форм, обусловленных развитием погребенных локальных структур как в кристаллическом фундаменте, так и в платформенном чехле. Среди элементов тектоники, воздействующих на рельеф земной поверхности, доминируют поднятия кровли соляных пород: купола и брахиантиклинали. Преобладающая часть этих поднятий тяготеет к разломным зонам или локализуется над выступающими блоками фундамента и подсолевых пород, размещаясь в пределах интервала минусовых отметок от 250 до 2 500 м. Размеры локальных соляных поднятий обычно близки к 10—25 км. Рост подобных структур оказывает влияние на размещение гидрографической сети и распространение эолового рельефа в Припятском Полесье. Активные в позднеолигоцен-четвертичное время кольцевые объекты локализуются непосредственно вблизи водоразделов рек, нередко подчеркиваясь дугообразными изгибами водотоков (рис. 3, прил. 6).

Анализ результатов дешифрирования МДС и геолого-геофизических данных в пределах Центральной тектонической зоны Припятского прогиба показывает, что плановое положение кольцевых структур диаметром порядка 4—6 км согласуется с соляными купо-

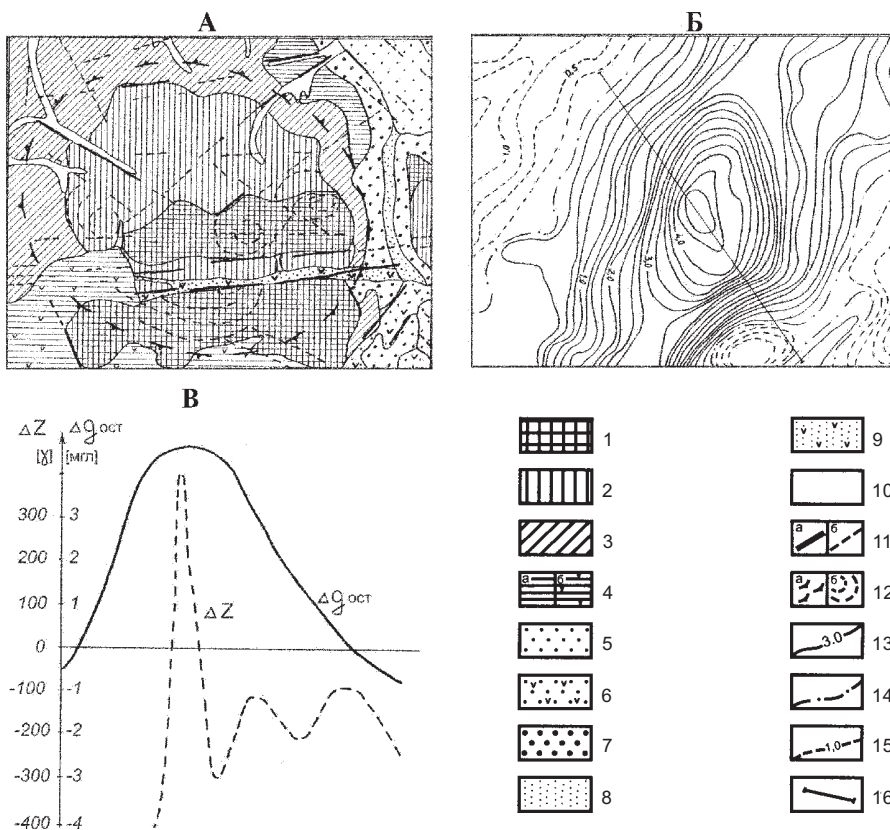


Рис. 2. Сводная часть Белорусской антеклизы. Выраженность Ушанской кольцевой структуры в современном рельефе и геофизических полях: А — фрагмент геотектонической карты, Б — схема аномалий поля силы тяжести, В — графики изменения гравитационного и магнитного полей: 1 — холмисто-увалистые кончано-моренные возвышенности, преобразованные процессами эрозии и денудации; 2 — мелкохолмистые моренные равнины; 3 — слабохолмистые моренные равнины; 4 — водно-ледниковые равнины: а) пологоволнистые, б) плоские заболоченные; 5 — волнистые поймы высокого уровня; 6 — плоские поймы низкого уровня значительно заболоченные; 7 — пологоволнистые первые надпойменные террасы; 8 — плоские днища долин мелких рек и ручьев; 9 — пониженные заболоченные участки дна долин мелких рек и ручьев; 10 — денудационные ложбины; 11 — линейные дислокации: а) выраженные в рельефе, б) намеченные по аномалиям космоизображения; 12 — кольцевые и дугообразные дислокации: выраженные в рельефе, б) намеченные по аномалиям космоизображения; 13—15 — изоаномалы поля силы тяжести: 13 — положительные, 14 — нулевые, 15 — отрицательные; 16 — линия геофизического профиля

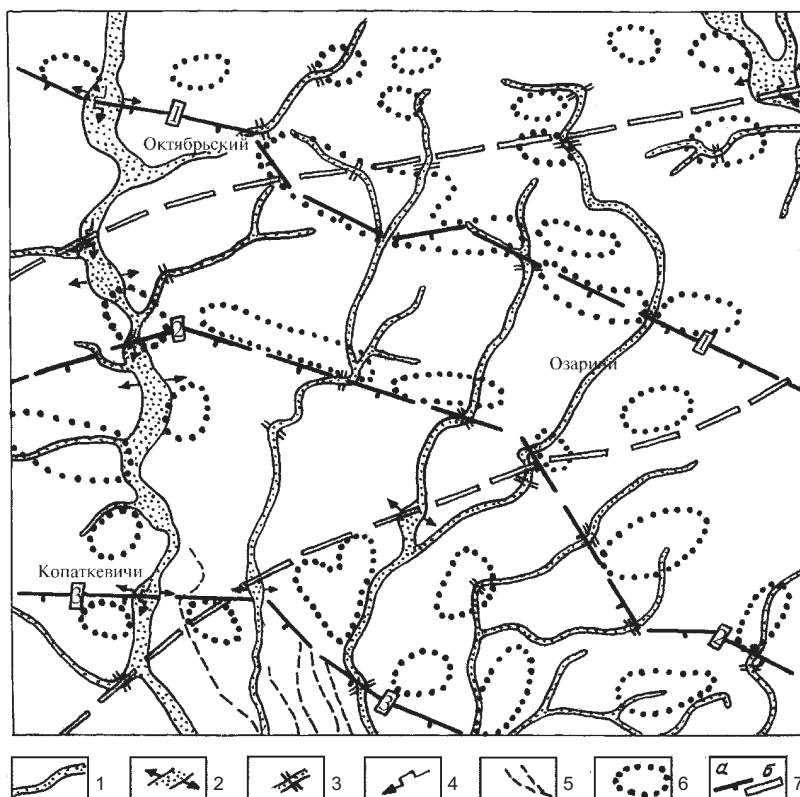


Рис. 3. Особенности строения современных речных долин Белорусского Полесья на территории активного проявления соляной тектоники:

1 — современные речные долины, 2 — участки расширения долин, 3 — резкие изменения в направлении долин, 4 — изгибы водотоков, 5 — фрагменты временных водотоков, 6 — локальные поднятия по поверхности верхнесоленосных отложений, 7 — разломы: а — платформенные (1 — Речицкий, 2 — Червонослободской, 3 — Копаткевичский), б — доплатформенные

лами, в частности, с Каменским и Мозырским криптодирами (рис. 4—6). На структурной карте по поверхности верхнесоленосных отложений они оконтуриваются изогипсой с отметкой 800 м и разделены неглубокой седловиной. Причем в современном рельефе находят отражение как наиболее приподнятые (до -600 м) участки соляных структур, так и межкупольные понижения (брахисинклинали), имеющие отметки в центральных частях до минус 2 400 м.

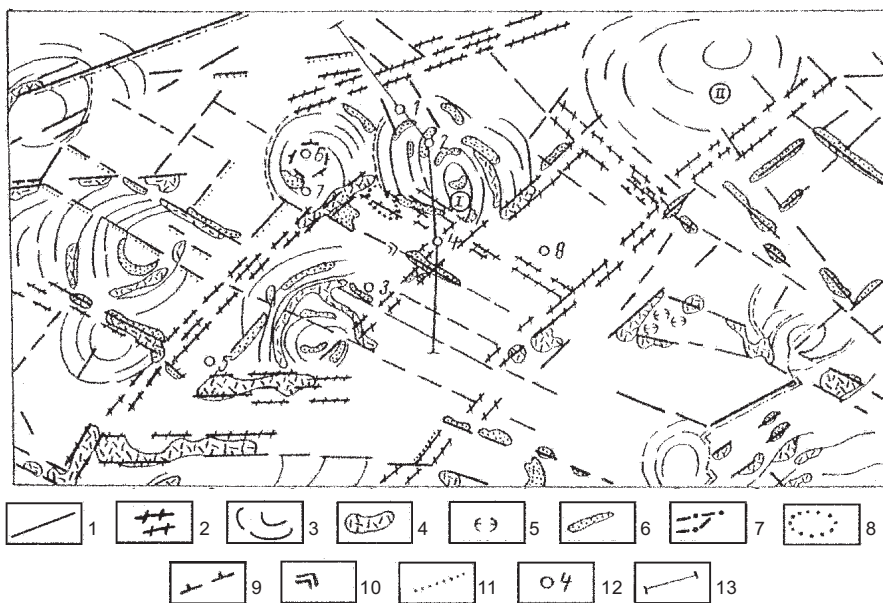


Рис. 4. Центральная зона Припятского прогиба. Новейшие локальные структуры в пределах Каменско-Мозырской зоны поднятий по данным геоиндикационного дешифрирования:

1—2 — линейные структуры (1) и их зоны (2); 3 — кольцевые структуры: I Каменская, II — Мозырская; 4—11 — геоиндикаторы: 4 — заболоченные низины; 5 — суффозионные западины; 6 — песчаные гряды; 7 — водотоки; 8 — расширения речных долин; 9 — изгибы русел; 10 — эрозионные останцы; 11 — аномалии растительности; 12 — скважины и их номера; 13 — линия геологического разреза

Важной особенностью проявления глубоко погруженных соляных структур на земной поверхности, и тем самым на МДС, является их унаследованный характер развития. Во время предпермского перерыва в осадконакоплении в сводовых частях активно формировавшихся криптодиапиров, происходил размыв отложений (вплоть до верхнелебедянских) с образованием остаточной брекчии выщелачивания. Черты унаследованного развития соляных куполов (Каменского, Мозырского и др.) выражены во всем комплексе и вышележащих отложений, включая четвертичный покров. Интенсивность и направленность неотектонических движений вели к локальному усилению над куполами эрозии и денудации. На таких

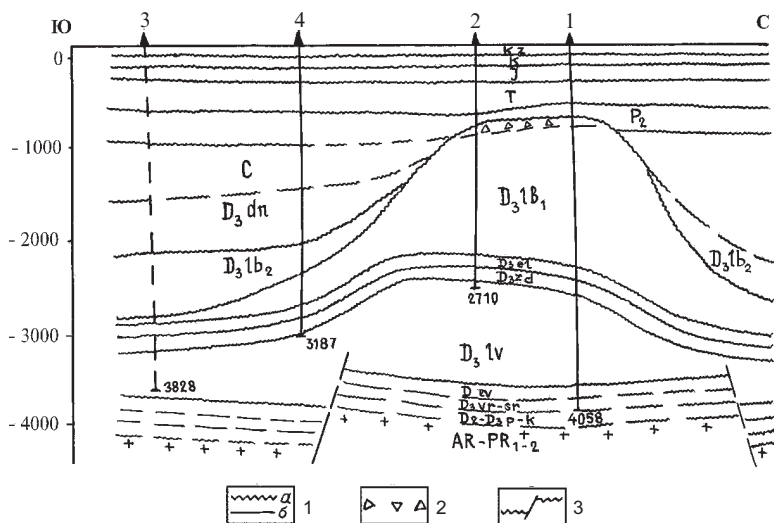


Рис. 5. Геологический разрез через Каменское соляное поднятие:

1 — стратиграфические границы: а — с размывом, б — без размыва; 2 — брекчия кепрока; 3 — разрывные нарушения

участках ландшафта образовались заболоченные низины и песчаные гряды изометричной формы, обращенные вогнутой частью к своду соляного купола.

Происхождение метаморфогенных кольцевых структур связано с основным этапом гранитизации протокоры в раннепротерозойское время. Среди объектов подобного генезиса наиболее изучена Велешинская структура, расположенная в сводовой части Бобовнянского выступа Белорусской антеклизы (вблизи г. Несвиж Минской области). Она выделена на МДС по кольцевым фотоаномалиям, образующим внешнее кольцо и расположенное симметрично ему внутреннее, диаметром соответственно 17 и 9 км. Северо-западным ограничением структуры является Ланский региональный разлом, а юго-восточным — Брестско-Велижская линейная зона. Дешифрируемый объект повсеместно перекрыт образованиями киммерийско-альпийского структурного комплекса. Выражен в физическом поле локальной отрицательной магнитной аномалией.

В пределах кольцевых линейментов Велешинской структуры в породах кристаллического фундамента обнаружены гидрокар-

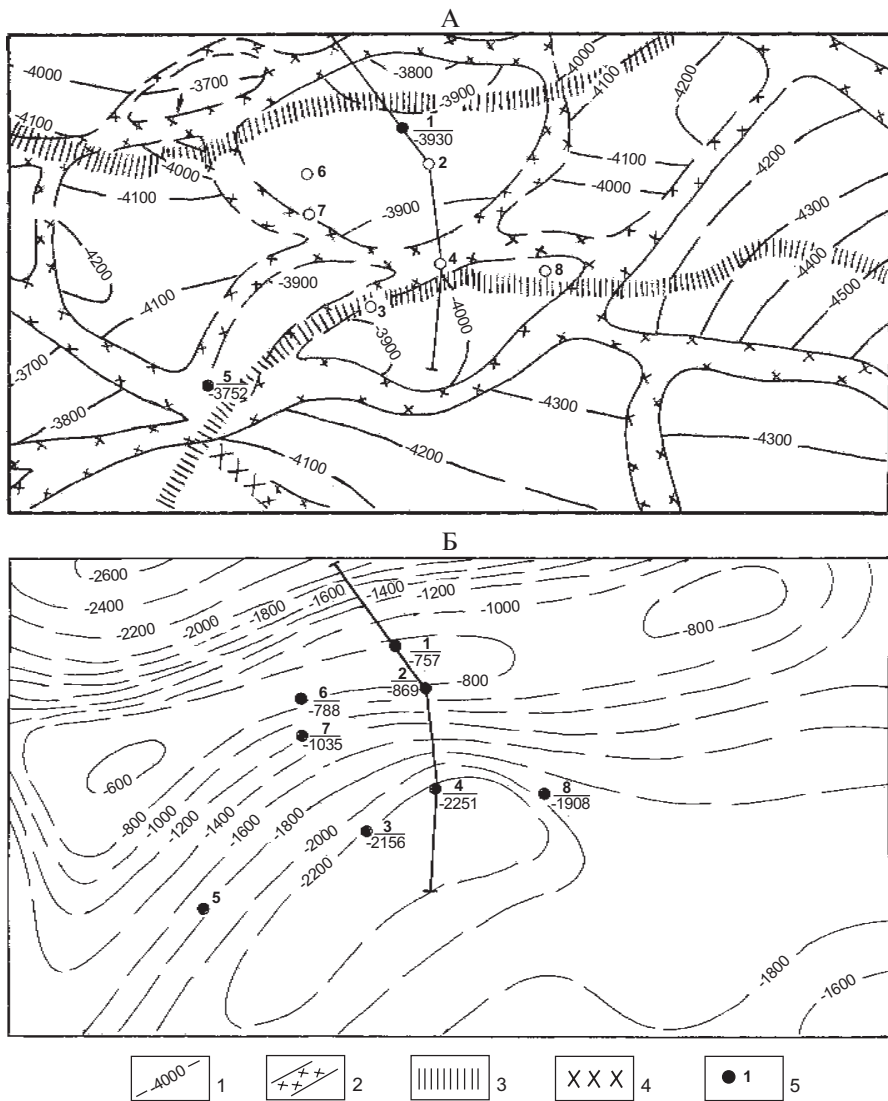


Рис. 6. Структурные особенности Каменско-Мозырской зоны поднятий по поверхности подсолевых (А) и верхнесоленосных (Б) отложений:

1 — изогипсы отражающего горизонта, 2 — платформенные разломы по данным сейсморазведки, 3 — доплатформенные разломы по данным гравизразведки, 4 — граница прекращения корреляции сейсмического горизонта III, 5 — скважины и их номера

бонатно-хлоридные кальциево-натриевые воды с минерализацией 1,4 г/дм³. Такой гидрохимический тип подземных вод не является характерным для областей питания и не увязывается с глубиной их залегания и вещественным составом водовмещающих толщ. Присутствие хлоридных натриевых вод в породах фундамента, по-видимому, объясняется подтоком высокоминерализованных вод по зонам разломов. Это позволяет косвенно судить о современной активности дешифрируемых кольцевых дизъюнктивов.

По данным глубинного геологического картографирования установлено, что Велешинская структура сопряжена с соразмерной пологой антиклинальной складкой кристаллического фундамента, сложенной амфибол-биотитовыми гранито-гнейсами. Возможной причиной образования кольцевой структуры явилась раннепротерозойская активизация мантийных процессов, вызвавшая интенсивную региональную гранитизацию вмещающих пород: плагиогнейсов, гнейсов и амфиболитов, что подтверждают материалы бурения. Геодинамическая напряженность гранитизированных толщ оказала воздействие на формирование зон трещиноватости и систем дугообразных дизъюнктивов, которые проявились в виде кольцевого объекта. На основе геолого-геофизической интерпретации данных дешифрирования обнаружено, что Велешинская структура обрамлена Каролинской и Старицкой зонами тектоно-магматической активизации. Это подчеркивает унаследованный характер отражения мантийной активности в ослабленных периферийных зонах консолидированного свода Бобовнянского выступа, фиксируемого на МДС в виде кольцевой структуры.

К кольцевым метаморфогенным объектам следует отнести Каменецкую структуру диаметром около 9 км (рис. 7). Она выделена по комплексу космогеологических и геолого-геофизических данных в пределах Вилейского погребенного выступа Белорусской антеклизы (вблизи д. Каменец Минского района). Отражается в современном рельефе изометричным в плане конечноморенным массивом, развитой сетью дугообразных долин мелких рек и денудационных ложбин среди моренной равнины. По материалам геофизических съемок кольцевая структура выражена областью повышенных значений гравитационного поля и магнитной аномалией более 2 000 гамм. Ей соответствует положительная (20 мэ) изометричная

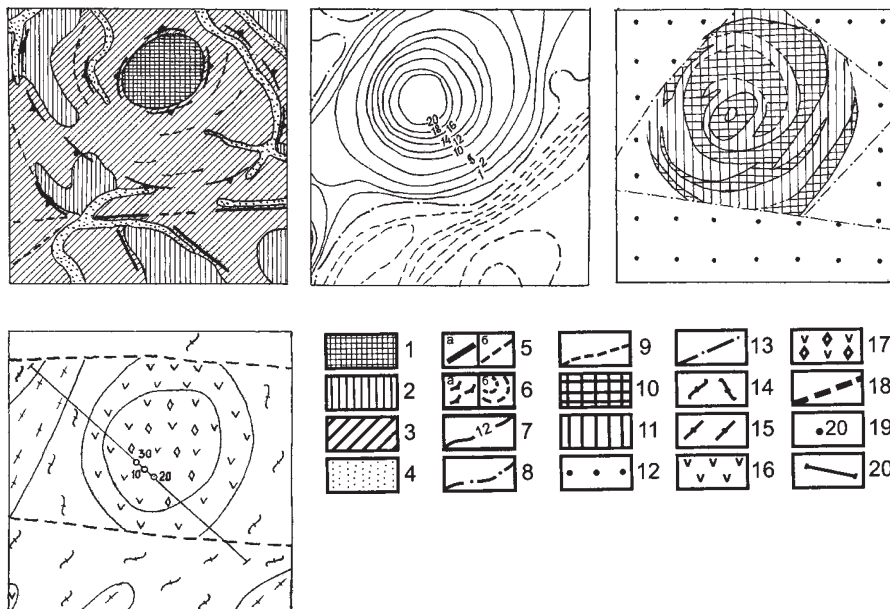


Рис. 7. Вилейский погребенный выступ Белорусской антеклизы. Каменная кольцевая структура и варианты её структурно-геоморфологической и геолого-геофизической интерпретации:

1 — холмисто-увалистые конечноморенные возвышенности, с относительными превышениями 10—15 м, преобразованные процессами эрозии и денудации; 2 — мелкохолмистые моренные равнины, с относительными превышениями до 10 м, преобразованные процессами эрозии и денудации; 3 — волнистые моренные равнины, с относительными превышениями до 2—5 м; 4 — нерасчлененные речные долины; 5 — линейные дислокации: а — соответствующие геоморфологическим границам, б — намеченные по аномалиям космоизображения; 6 — пликативные дислокации: а — соответствующие геоморфологическим границам и отображающие кольцевую структуру, б — намеченные по аномалиям космоизображения; изодинамы магнитного поля: 7 — положительные, 8 — нулевые, 9 — отрицательные; 10 — сильно магнитные, повышенной плотности породы; 11 — магнитные плотные породы; 12 — немагнитные легкие породы; 13 — разрывные нарушения; 14 — амфибол-биотитовые, биотит-амфиболовые, пироксен-амфиболовые гнейсы неманской серии; 15 — гранито-гнейсы неманской и оковской серии; 16 — габбро, габбро-амфиболиты кореличского комплекса, габбро-диориты русиновского комплекса; 17 — массивы основных пород с вкрапленностью магнетит-ильменитовых руд; 18 — зоны разрывных нарушений; 19 — скважины и их номер; 20 — линия геофизического профиля

аномалия электромагнитного поля. Каменецкая структура генетически связана с массивом магматических горных пород (габбро, габбро-амфиболиты каменецкого комплекса) с вкрапленной магнетит-ильменитовой минерализацией, что позволяет отнести ее к группе магматогенных. Формирование кольцевого объекта возможно связано с активизацией процессов магматизма в раннем протерозое.

Сходная по генезису, но меньшего диаметра (около 350 м) кольцевая структура дешифрируется на территории Бобовнянского выступа Белорусской антеклизы (у д. Аргеловщина Копыльского района Минской области). Бурением скважин и детальными геофизическими работами в пределах кольцевого объекта выявлен шток ультраосновных пород, имеющий на поверхности кристаллического фундамента размеры 170×240 м. Вмещающие интрузивно-магматические образования аргеловского комплекса сопоставляются с малыми интрузиями в зонах глубинных разломов, возникших на субплатформенном этапе формирования Белорусской антеклизы. Контакты кольцевого интрузива сопровождаются зонами брекчирования и окварцевания. В геофизических полях данная структура характеризуется локальной магнитной аномалией до 150 гамм и положительными значениями поля силы тяжести порядка 0,15 мгл.

На территории ВЕП выявлена серия кольцевых структур метаморфогенной природы в области развития докембрийских гранито-гнейсовых куполов Воронежской антеклизы [Шевырев, 1980]. Часть погребенных форм, выходящих на земную поверхность, объединяется в Павловский неотеконический вал. Все обнажения гранитов приурочены к сводам кольцевых структур диаметром около 5 км и более. В фазы геодинамической активности (в девоне, позднемеловую эпоху и плейстоцене) гранитные массивы внедрялись в породы платформенного чехла. В осадочной толще образовывались разрывы, трещины и флексуры, проявившиеся также в верхнеплейстоценовых озерно-аллювиальных отложениях. Отражение гранито-гнейсовых куполов в современном рельефе и на МДС свидетельствуют об новейшей активизации докембрийских структур.

Магматогенными кольцевыми структурами, возможно, являются объекты центрального типа, установленные в северо-восточной части Припятского прогиба [Вольская и др., 1990]. Они отражают погребенные вулканические сооружения, дешифрируемые в виде

кольцевых форм диаметром 1,5—3, реже до 4—5 км, которые трассируются вдоль субширотных и северо-восточных дизъюнктивов. В пределах ряда выявленных по МДС кольцевых структур (Ветхинская, Александровская и др.) буровыми скважинами на глубинах 2—3 км в вулканогенной толще верхнего девона вскрыты жерловые и прижерловые фации, а также фации вулканических построек. Объяснить механизм проявления в современном рельефе глубоко погруженных кальдер палеовулканов затруднительно. Однако, если вулканические сооружения обрамлены системами трещин, возможно под воздействием новейших геодинамических процессов, в том числе гляцигенных, контуры палеовулканов находят отражение на земной поверхности и на МДС.

В. Г. Петровым [1974] по материалам глубинного геологического картографирования на территории юго-запада Московской синеклизы выяснена магматогенная природа Калужской кольцевой структуры. Своеобразие ее морфологии обусловлено главным образом разломами в фундаменте и в нижней части платформенного чехла, образующими в плане округлую замкнутую систему. Кольцевые дизъюнктивы ограничивают округлый грабен диаметром 13—15 км. Важнейшим фактором, свидетельствующим о связи разломов Калужской структуры с магматическим очагом, является наличие в нижней части чехла подуктов вулканической деятельности — туфолов, туфов, туффитов. Выраженность кольцевого объекта в радиальном распределении долин рек Ока, Угра и др. указывает на активность структуры в позднечетвертичное время.

Класс мелких кольцевых структур широко представлен экзогенными образованиями, которые сформированы внешними процессами развития литосферы. Подобные объекты в области древнемаатерикового оледенения выражены в современном рельефе изометричными очертаниями камовых массивов, реликтовых криогенных форм, озерных котловин, напорных конечных морен, термокарстовых и суффозионных западин и т.п. К экзогенной группе относятся также кольцевые аномалии, возникшие под влиянием техногенного фактора: мульды сдвижения горных пород над шахтными выработками, депрессионные воронки в районах водозаборов и другие деформации, проявленные на земной поверхности в результате хозяйственной деятельности человека.

С крупным камовым массивом сопряжена Белевская кольцевая структура диаметром порядка 6 км, выделенная на территории Белорусского Полесья в 8 км к югу от оз.Червоное (прил. 7). Она представляет собой куполообразное поднятие высотой около 45 м, оконтуренное системой концентрических песчаных гряд [Рельеф..., 1982]. О возможной связи этой структуры с неотектоническим поднятием свидетельствует высокое залегание в ее пределах дочетвертичных пород. Близкое строение имеет кольцевой камовый массив, обнаруженный на МДС северо-восточнее д. Зубаревичи Глусского района Могилевской области.

В экзогенной группе структур центрального типа особо следует отметить кольцевые образования криогенной природы — пинго. Последние развиты в области древнематерикового оледенения и широко представлены в Белорусском Поозерье на территории лимногляциальных бассейнов. Размеры подобных форм в поперечнике составляют от нескольких десятков метров до первых километров. Довольно отчетливое выражение в современном рельефе имеет Боровненская кольцевая структура, выделенная по данным дешифрирования МДС на западе Лучесинского лимногляциального бассейна (прил. 8). Морфологически пинго представляет собой узкий (0,1—0,6 км) кольцевой вал (гряд), окаймляющий оз. Боровно, с размерами по длинной оси 2,6 км, короткой — 1,8 км. Гряда сложена лимногляциальными песками с тонкими, ритмически повторяющимися прослоями супесей и суглинков. Образование подобных объектов, по-видимому, происходило во время последнего позднеледникового под воздействием криостатического давления в условиях промерзания неглубоких (средняя глубина 5—8 м) озерных водоемов [Левков, Карабанов, 1990].

В древнеледниковой области формирование мелких кольцевых структур экзогенной природы во многих случаях связано с регрессивной стадией развития плейстоценовых оледенений. При деградации ледяные массы делились на многоугольники, по которым сползала морена и вытаявший из верхних частей льда каменный материал. В таких условиях из рыхлых насыпных грубообломочных несортированных отложений образовывались кольцевые формы рельефа с размерами до нескольких сотен метров в диаметре.

Подобные объекты наиболее отчетливо обнаруживаются на МДС в краевой зоне поозерского ледникового покрова.

Несомненный интерес представляют космогенные кольцевые образования, возникшие в результате падения метеоритов, именуемые также “импактными структурами”, или “астроблемами” [Кольцевые..., 1987; 1989]. Изучение особенностей размещения космогенных структур в северном полушарии Земли показывает, что они широко распространены в области покровного оледенения. На территории запада ВЕП по МДС выявлены только мелкие структуры подобного генезиса. Характерных дешифровочных признаков они не имеют, а их импактное происхождение обычно устанавливается геолого-геофизическими методами по присутствию следов ударного метаморфизма.

В пределах Беларуси выделяется Логойская кольцевая структура размерами в поперечнике порядка 13 км, которая сопряжена со взрывным метеоритным кратером позднеолигоценового возраста. Последний впервые установлен Н. В. Веретенниковым с соавторами [1979] и в полном объеме изучен по материалам буровых работ и геофизическим данным [Веретенников, Илькевич, 2004; Гуров, Громов, 1988]. Астроблема обнаружена на северо-востоке Белорусской антеклизы в 8 км к северо-западу от Логойска Минской области и дешифрируется на МДС по изометричной ориентировке безградиентных элементов ландшафта. Геоолого-геофизическими исследованиями выявлено, что импактная структура вложена в среднедевонские и вендские отложения и врезана в раздробленные породы кристаллического фундамента на глубину порядка 280—300 м. Четко выраженный в породах фундамента внутренний кратер структуры в плане имеет округлую форму и диаметр около 7,5—8,0 км. Важными элементами строения астроблемы являются окружающий кратер кольцевой вал кристаллических образований и центральное поднятие высотой 220 м. Космогенная природа Логойской кольцевой структуры подтверждается коптогенной формацией горных пород (аутигенные и аллогенные брекчии, зювиты и тагамиты), выполняющих значительную нижнюю часть погребенного метеоритного кратера. Возникновение коптогенного литологического комплекса связано с ударно-взрывным породообразованием [Веретенников, Илькевич, 2004].

АстроBLEма перекрыта четвертичной толщей мощностью 100—120 м, в центральной части кратера — до 190 м. Вместе с тем ее контур отражается ореолом повышенной трещиноватости покровных отложений, но существенно большим по диаметру, чем погребенный кратер. Образованная в результате ударного воздействия метеорита зона дробления пород платформенного чехла и кристаллического фундамента, по-видимому, унаследованно развивалась под влиянием эрозионных процессов в позднеолигоцен-четвертичное время, что способствовало проявлению Логойской импактной структуры на земной поверхности в виде систем изометричных линеаментов.

Космогенное происхождение, возможно, имеет Ичнянская кольцевая структура, выделенная в приосевой северо-западной зоне Днепровско-Донецкой впадины [Разницын, 1985]. Изометричный в плане объект диаметром около 20 км окружен приподнятым (до 2 км) валом. В опущенной части кольцевого блока отмечается локальное сокращение мощностей осадочных образований, которому должно отвечать центральное палеоподняtie. В северной приобортовой зоне Донецко-Днепровкой впадины с импактной природой, по-видимому, связана Синевская структура, расположенная на одной линии с Болтышевской и Оболонской астроBLEмами, известными на склоне Украинского щита.

Среди импактных структур диаметром до 100 м можно отметить астроBLEму Кааляярви в Эстонии. Характерным для нее, как и для других малых объектов подобной природы, является простое чашеобразное строение днища метеоритного кратера. Крупнейшая астроBLEма Маникуаган выявлена на территории Канады. [Кольцевые..., 1987]. Благодаря большим размерам в поперечнике (порядка 120 км) она уверенно дешифрируется на КС высоких уровней генерализации.

Признаки космогенных объектов в области древнематерикового оледенения описаны И. А. Нечаевой [1991] на основе анализа вещественного состава четвертичных отложений в пределах кольцевых структур. Здесь массы несортированного грубообломочного материала содержат высокобарические фазы кремнезема, углерода, а также рудные и стеклянные шарики, гантельки и т. п. Среди подобных образований могут быть остатки разбрызганного метео-

ритного вещества богатого никелем, кобальтом и другими “космогенными” элементами, создающими соответствующие геохимические аномалии. И хотя такие минеральные агрегаты, возможно, являются принесенными ледником из разрушенной астроблемы, их обнаружение может служить поисковым признаком космогенных объектов в коренных породах.

Структуры проблематичного генезиса на территории запада ВЕП составляют четвертую часть от общего числа выявленных по МДС кольцевых форм. Вследствие слабой изученности глубинного строения Оршанской впадины, северных склонов Белорусской антеклизы и ряда других областей пока недостаточно геолого-геофизических данных для достоверной интерпретации дешифрируемых здесь объектов центрального типа. Четкая выраженность некоторых структур невыясненной природы в современном рельефе позволяет отнести их к группе экзогенных образований.

Существующие различия кольцевых форм в классе размерности и особенностях геологической природы определили характер их распределения в пределах геоструктур запада ВЕП. Крупнейшие мантийно-очаговые Полесская и Клинцовская структуры, оказавшие влияние на формирование мегаблоков литосферы, на протяжении фанерозоя контролировали развитие соответственно Припятского прогиба и Воронежской антеклизы. К глубоко погруженной части Оршанской впадины тяготеет Витебская мегаструктура тектоногенного типа. С процессами тектогенеза связано также образование крупной Березовской кольцевой структуры, занимающей северную область Подляско-Брестской впадины и западный склон Полесской седловины. Микашевичско-Житковичский выступ охватывает Лунинецкая структура. Отмечается соотношение крупных Микашевичской, Туровской и Ельской кольцевых форм со структурными элементами Припятского прогиба.

К области неглубокого (до минус 0,5 км) залегания поверхности кристаллического фундамента Белорусской антеклизы приурочены кольцевые структуры среднего класса размерности. Здесь они отражают главным образом выступы, реже депрессии погребенного фундамента и кольцевые дизъюнктивы. Сходные по размерам структуры дешифрируются в пределах других приподнятых и тектонически консервативных участков литосферного пространства. На

Украинском щите и Воронежской антеклизе многим из них соответствуют гранито-гнейсовые купола и отдельные массивы гранитоидов, для которых весьма характерны изометричные очертания.

Мелкие кольцевые формы широко развиты на территории Припятского прогиба, где они представляют собой проявления в современном рельефе фаменских соляных поднятий платформенного чехла. Определенная часть кольцевых форм, фиксируемых дистанционными методами в пределах прогиба, по-видимому, является следами разрядки неотектонических напряжений в пределах воздымающихся локальных структур подсолевого девонского комплекса.

Анализ кольцевых структур западного региона ВЕП показывает, что заложение ядер многих гетерогенных форм тесно связано с активизацией процессов тектогенеза, метаморфизма, магматизма, либо совокупностей этих явлений, образующих структурно-вещественные неоднородности литосферы изометричных очертаний. В результате многократных геодинамических напряжений по периферии кольцевых объектов формируются зоны повышенной трещиноватости пород кристаллического фундамента и платформенного чехла, в которых заметно усиливаются геодинамические процессы, осуществляется активный массоперенос глубинного вещества. Вследствие значительных различий в физико-механических свойствах погребенных концентрических в плане геологических тел (структур) и окружающего субстрата, неотектонические движения способствовали образованию пликативных деформаций в приповерхностных слоях горных пород и кольцевых линеаментов на земной поверхности. Косвенно это подтверждается характером изменения суммарных амплитуд позднеолигоцен-четвертичных движений, наибольшие значения которых достигают в пределах многих кольцевых структур [Губин, 1994].

Выполненный А. Т. Зверевым и Я. Г. Кацем [1986] региональный анализ структур центрального типа и новейшей тектоники ВЕП показывает, что положительные тектоногенные формы развиты преимущественно в областях неотектонических поднятий до 100—150 м, а отрицательные — в районах нисходящих движений. Гранито-гнейсовые купола тесно связаны с новейшими деформациями амплитудой до 50 м (на Русской плите и склонах Балтийского и Украинского щитов) и порядка 300 м (на щитах).

Сходные особенности установлены на территории запада ВЕП. В пределах участков платформы, испытывающих на неотектоническом этапе воздымание амплитудой от нескольких десятков метров (сводовая часть Белорусской антеклизы) до 100—170 м (склоны Украинского щита и Воронежской антеклизы), фиксируются в основном положительные тектоногенные структуры. Для отрицательных кольцевых объектов характерны районы относительной стабилизации позднеолигоцен-четвертичных движений и слабых прогибаний литосферы (склоны Белорусской антеклизы). Метаморфогенные формы центрального типа приурочены чаще всего к областям устойчивых положительных движений амплитудой от 0—50 м (сводовая часть Белорусской антеклизы) до 250—300 м (Украинский щит, Воронежская антеклиза).

Обращает на себя внимание сейсмотектоническая концепция образования кольцевых структур, предложенная А. И. Петровым [1968] и в дальнейшем развиваемая другими авторами [Амурский, Соловьев, 1982; Попков, 1984]. Как показано этими исследователями, в формировании объектов центрального типа главнейшими носителями энергии служат волновые напряжения, образующиеся при эпизодических (импульсных) возмущениях в глубинах Земли. Высвобождение энергии приводит к заложению системы радиальных трещин, возникающих в результате значительных растягивающих напряжений в тангенциальном направлении, и кольцевых, образующихся вследствие растяжения по направлению к очагу возбуждения из-за упругого восстановления первоначально сильно сжатой среды.

Подобные геодинамические явления могут быть обнаружены также в равнинно-платформенных областях, поскольку любые тектонические деформации являются производными от разрядки напряжений в глубинных очагах Земли, порождающих сейсмические волны. Г. И. Амурский и Н. Н. Соловьев [1982] считают, что для формирования объектов центрального типа достаточно даже относительно слабых энергетических импульсов, образующихся в процессе роста локального поднятия. В условиях запада ВЕП, возможно, сейсмотектоническую природу имеет кольцевая структура, оконтуривающая эпицентр землетрясения силой 5 ± 1 баллов (по шкале MSK-64), которое произошло 22 декабря 1887 г. в 30 км

севернее г. Борисов Минской области. По историко-архивным сведениям в очаге землетрясения очевидцы наблюдали мелкие трещины на земной поверхности.

Таким образом, выявленные космогеологическими методами в западном регионе ВЕП кольцевые структуры представляют собой гетерогенные неоднородности литосферы, проявившиеся в изометричных очертаниях современного рельефа и других компонентов ландшафта. Многие из объектов центрального типа являются погребенными формами и опосредованно отражаются на земной поверхности. По латеральным размерам кольцевые структуры ранжированы на четыре класса: крупнейшие (мегаструктуры), крупные, средние и мелкие. На территории исследований выделяются тектоногенные, метаморфогенные, магматогенные, экзогенные, космогенные и полигенные (сложного генезиса) кольцевые элементы литосферы. Крупнейшие структуры центрального типа (Полесская, Клинцовская) являются древнейшими полигенными образованиями, сформировавшимися под влиянием взаимосвязанных тектонических, магматических и метаморфических процессов. Кольцевые структуры крупного, среднего и мелкого классов размерности преимущественно моногенные, поскольку их происхождение связано с воздействием одного ведущего геологического фактора. Основную роль в образовании экзогенной группы объектов центрального типа сыграли ледниковый морфогенез и эрозионно-аккумулятивная деятельность рек и озер. Отражение погребенных кольцевых структур на МДС обусловлено активизацией новейших тектонических процессов, под воздействием которых формировались пликативные дислокации в верхней толще платформенного чехла и изометричная ориентировка элементов ландшафта на земной поверхности.

ЛИНЕАМЕНТНАЯ ТЕКТОНИКА

В пределах западного региона ВЕП выделяются многочисленные системы дизъюнктивных структур, которые повсеместно пронизывают литосферное пространство. Наиболее густая сеть разломов выявлена геолого-геофизическими методами в Припятском прогибе, на территории Белорусской антеклизы и Украинского щита [Геология..., 2001; Разломы..., 2007; Тектоника..., 1976, 1990]. Значительная часть платформенных и доплатформенных разрывных нарушений проявилась в сети линеаментов, или линейных структур, обнаруживаемых космогеологическими методами. Совместная интерпретация результатов дешифрирования МДС и геолого-геофизических данных позволила установить на территории запада ВЕП линейные структуры — показатели тектонической делимости литосферы, проявившейся на неотектоническом этапе.

Выявленные по МДС разнопорядковые линеаменты образованы эндогенными, экзодинамическими и ротационно-планетарными процессами. Во многих случаях линейные структуры сопряжены с проявлением на земной поверхности активных в позднеолигоцен-четвертичное время разломов (коровых, мантийных). В то же время не дешифрируются дизъюнктивы, в том числе высокоамплитудные, характеризующиеся слабой неотектонической активностью. Обнаружение малоамплитудных (первые десятки метров) разрывных нарушений и систем трещин традиционно геофизическими методами нередко затруднено. Подобная локальная делимость платформенного чехла и кристаллического фундамента может быть установлена по комплексу космогеологических и геолого-геофизических данных.

Линейные структуры и их связь с разломами

В результате космогеологических исследований выяснены региональные закономерности тектонической делимости литосферы запада ВЕП. Согласно существующей классификации [Разломы..., 2007; Тектоника, 1976], выявленные по МДС линейные структуры, подобно разрывным нарушениям могут быть разделены на три категории: 1) суперрегиональные, ограничивающие либо секущие крупнейшие надпорядковые структуры (авлакогены, антеклизы и др.), вытянутые на многие сотни километров; 2) региональные, ограничивающие или пересекающие крупные структуры первого и второго порядков (грабены, впадины, выступы и др.), протягивающиеся обычно на десятки и первые сотни километров и 3) локальные, осложняющие некоторые зоны поднятий и локальные структуры небольшой протяженности (единицы — первые десятки километров).

Главнейшие черты дизъюнктивной тектоники территории запада ВЕП образуют *суперрегиональные линеаменты* (Балтийско-Украинский, Брестско-Велижский, Северо- и Южно-Припятский и др.), обнаруживающие связь с глубинными (мантийными) разломами доплатформенного и платформенного этапов заложения и развития (рис. 8). Среди данной группы линейных структур отчетливо выделяется Балтийско-Украинский суперлинеамент, прослеживаемый на КС от Карпат до Чудского озера на расстояние около 900 км [Губин, 1986, 1994; Космотектоническая..., 1988]. Территорию Беларуси он пересекает в субмеридиональном направлении в виде зоны (шириной 5—8 км) эшелонированных локальных линеаментов, выраженных в основном отрицательными формами рельефа, коленообразными изгибами рек Припять, Неман, Вилия и другими ландшафтными индикаторами.

В геофизических полях белорусский фрагмент Балтийско-Украинского линеамента наиболее отчетливо выражен на протяжении более 250 км по линии Дрогичин—Воложин. Здесь он совпадает с границей региональной положительной магнитной аномалии, соответствующей системе полосовых гравитационных и магнитных аномалий северо-восточного направления и интенсивного маг-

нитного минимума, охватывающего Бобовнянский выступ, северную часть Полесской седловины и Старобинскую центриклиналь Припятского прогиба. Хорошая коррелируемость отмечена в осевой части Барановичского гравитационного минимума, где суперлинеаменту соответствуют протяженные выдержанные зоны высоких

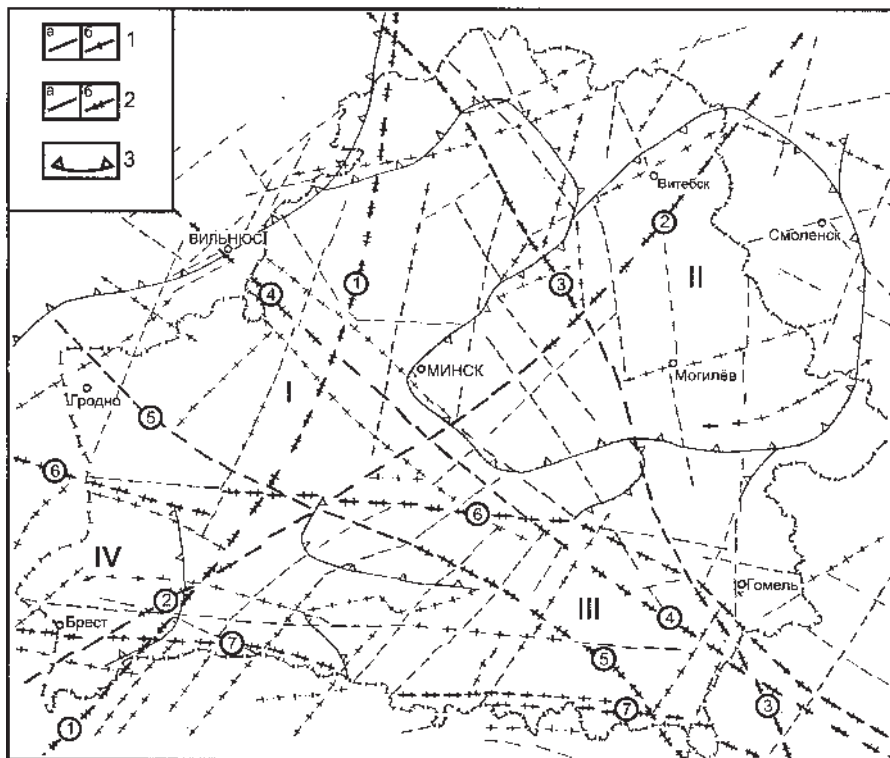


Рис. 8. Системы линеаментов западного региона Восточно-Европейской платформы по данным космических съемок:

1,2 — линейные структуры, установленные: а — при дешифрировании космических снимков, б — по комплексу космических и геолого-геофизических материалов: 1 — региональные, 2 — суперрегиональные линеаменты (цифры в кружках): 1 — Балтийско-Украинский, 2 — Брестско-Велижский, 3 — Двинско-Черниговский, 4 — Ошмянско-Речицкий, 5 — Гродненско-Мозырский, 6 — Северо-Припятский, 7 — Южно-Припятский; 3 — условные контуры структур чехла: I — Белорусская антеклиза, II — Оршанская впадина, III — Припятский прогиб, IV — Подляско-Брестская впадина

горизонтальных градиентов гравитационного и магнитных полей. Южнее Дрогичина линеamentная зона тяготеет к области слабодифференцированного поля силы тяжести и прерывистых магнитных аномалий.

Материалы геолого-геофизических съемок свидетельствуют, что Балтийско-Украинский линеament является структурой древнего заложения и в целом совпадает с положением Белорусско-Прибалтийского гранулитового пояса в кристаллическом фундаменте [Аксаментова, Данкевич, 1997]. В пределах Центрально-Белорусского массива суперлинеamentу соответствуют системы мантийных разломов (рис. 9), с которыми связано формирование Околовской грабен-синклинали, многочисленных интрузивных образований березовского, кореличского и мостовского комплексов кристаллического фундамента. По данным глубинного сейсмического зондирования рассматриваемый линеament приурочен к вытянутой впадине по поверхности Мохо субмеридионального простираения с глубиной залегания порядка 45—50 км.

В структуре поверхности фундамента Балтийско-Украинский линеament тяготеет к осевой части одноименной полосы поднятий, включающей погребенные склоны Балтийского и Украинского щитов, Латвийскую седловину, наиболее приподнятую часть Белорусской антеклизы и ее погребенные выступы [Гарецкий, Коженев, 1983]. Подобные поднятия в течение всего платформенного этапа служили водоразделом морских палеобассейнов. По поверхности ложа четвертичных отложений в зоне суперлинеамента широко развиты вытянутые котловины глубиной до 40—80 м. Подобные отрицательные формы, по-видимому, образованы древнеледниковой экзарацией. В плейстоцене дифференцированные тектонические движения в зоне Балтийско-Украинского линеамента контролировали распространение ледниковых покровов и формирование макрорельефа западной части Белорусской гряды. На КС области поозерского оледенения отчетливо дешифрируются краевые моренные комплексы и экзарационные ложбины, связанные с развитием вдоль суперлинеамента дисненской ледниковой лопасти (прил. 9).

Балтийско-Украинский линеament имеет сквозной характер и его юго-западный фрагмент трассируется в пределы западной окраи-

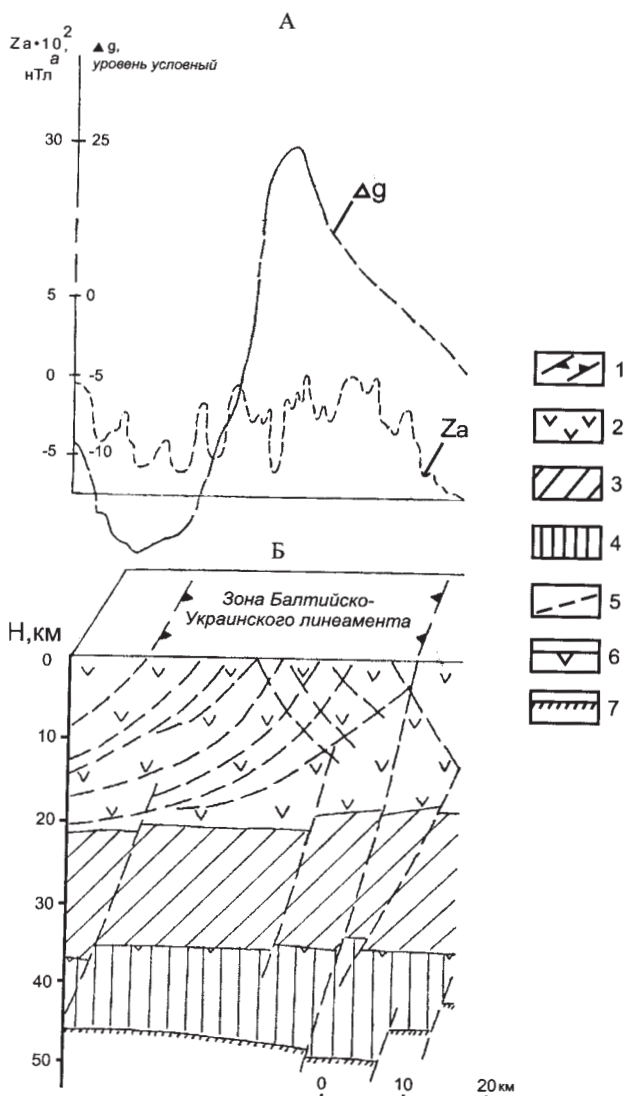


Рис. 9. Физико-геологическая модель фрагмента Балтийско-Украинского линеймента в пределах Центрально-Белорусского массива:

А — графики параметров магнитного (Za) и гравитационного (Δg) полей, Б — блок-диаграмма: 1 — зона суперрегионального линеймента; 2 — гранитно-метаморфический слой; 3 — «диоритовый» слой; 4 — «базальтовый» слой; 5 — глубинные разломы; 6 — поверхность Конрада; 7 — поверхность Мохо

ны ВЕП и далее в складчатую область Карпат, изменяя свое направление с субмеридионального на северо-восточное. На Украине ему соответствует Ковельская зона разломов (азимут 30—40°), активизированная в связи с альпийским тектогенезом в Карпатах. Южный фрагмент дешифрируемого линеамента на территории юго-запада ВЕП формировался под воздействием тектонических перемещений, предположительно, сбросо-сдвигового характера.

Брестско-Велижский линеament простирается в северо-восточном направлении из района южнее Бреста по направлению к Велижу (Смоленская область Россия) на расстояние свыше 600 км. Линейная структура проявляется в современном рельефе в виде систем линейно ориентированных конечноморенных осцилляций Копыльской гряды, Оршанской и Витебской возвышенностей, отрезков долин рек Щара, Березина, Западная Двина и по другим ландшафтным признакам, которые в комплексе образуют на КС узкую полосовую аномалию светло-серого фототона.

По геофизическим данным, дешифрируемый линеament прослеживается вдоль оси регионального интенсивного минимума магнитного поля и вытянутой пониженной гравитационной аномалии. Протяженный его фрагмент оконтурен изогипсами поверхности Мохо с отметками 42,5 и 45 км. Отмеченные особенности отражения суперлинеамента в физических полях и субсогласное простираение по отношению к формам рельефа Мохо позволяют предположить его глубинное заложение.

В структурном отношении Брестско-Велижский линеament сопряжен с осевой частью Оршанской впадины на участке Червень — Толочин, а также с Витебской мульдой. В рельефе ложа четвертичных образований он подчеркивается системой ложбин ледникового выпахивания и размыва. На востоке Беларуси положение суперлинеамента совпадает с границей предельного распространения отложений туронского и сеноманского ярусов верхнего мела. В региональном плане рассматриваемая линейная структура разделяет площади с различной мощностью покровных отложений: 110—190 м к северо-западу от линеамента и 30—110 м к юго-востоку от него. На северо-востоке республики суперлинеament трансформируется вдоль линии Черноморско-Балтийского водораздела, что косвенно указывает на его позднечетвертичную активность.

К классу суперрегиональных структур относятся также Северо- и Южно-Припятский линеаменты, принадлежащие к планетарной системе Сарматско-Туранского трансконтинентального линеамента [Айзберг и др., 1971]. Суперлинеаменты выражены крупными протяженными аномалиями типа “уступ” гравитационного и магнитного полей. На территории Припятского прогиба эти структуры сопоставляются с одноименными краевыми разломами, далее на запад — с дизъюнктивами, ограничивающими Подляско-Брестскую впадину. Наиболее тесная связь суперлинеаментов обнаруживается с восточным фрагментом Северо-Припятского разлома и Южно-Припятским дизъюнктивом. Оба разлома представляют собой сбросы амплитудой до 3—4 км, построенные в виде ступенчатых систем, кулисообразно сочленяющихся разрывов. Развитие дизъюнктивов связано с процессами растяжения и листрического раскалывания Припятского палеорифта в позднефранско-фаменское время [Айзберг, 1986].

В позднеолигоцен-четвертичный период, как и на предшествующих этапах геологической истории, Северо- и Южно-Припятский линеаменты отличались высокой тектонической активностью. Суммарные амплитуды деформаций на отдельных участках структур составляли порядка 100—120 м. Положение восточного отрезка Северо-Припятского линеамента согласуется с границей максимального распространения наревского и сожского покровных оледенений. В плейстоцене эта часть линейной структуры испытала заметную активизацию под воздействием ледниковых нагрузок. Неодинаковый характер новейшего геодинамического режима в пределах Северо- и Южно-Припятского линеаментов обусловил их дискретное проявление в ландшафтных индикаторах и на КС (прил. 10).

Из других суперрегиональных линейных структур на западе ВЕП следует прежде всего отметить Ошмянско-Речицкий линеамент, сопряженный с осевой линией Воложинского грабена и опущенным до минус 0,5 км участком поверхности кристаллического фундамента Бобруйского погребенного выступа. Далее на юго-восток суперлинеамент прослеживается в пределах Днепровско-Донецкой впадины, где тяготеет к наиболее погруженным блокам фундамента. В направлении Ошмяны — Вильнюс данный линеамент согласуется с системой протяженных активных разломов, пересе-

кающих почти ортогонально структурные элементы кристаллического фундамента. В областях, расположенных к северу и югу от северо-западного фрагмента суперлинеамента, с позднепротерозойского времени до мезокайнозоя включительно, неоднократно менялись условия осадконакопления.

Ошмянско-Речицкий линеамент отличался высокой неотектонической активностью, особенно в юго-восточной части, где существенные позднеолигоцен-четвертичные поднятия амплитудой свыше 80 м создали условия растяжения верхних горизонтов платформенного чехла. Суперлинеамент является осевой линией Вилейско-Бобруйской неогеодинамической зоны. В её пределах значения коэффициентов густоты локальных линеаментов достигают высоких показателей (до 0,14—0,16), что свидетельствует о повышенной тектонической напряженности этого участка литосферы в новейшее время. Широкое развитие в зоне линеамента гидроморфных ландшафтов обусловило довольно отчетливое его выражение на КС. К суперлинеаменту приурочены важнейшие положительные формы современного рельефа Беларуси: Ошмянская гряда и юго-западная ветвь Минской возвышенности. Контролирующую роль в формировании этих конечноморенных образований играли неотектонические движения, проявившиеся в зоне Ошмянско-Речицкого линеамента.

Новейшую тектоническую делимость платформенного чехла подчеркивают также Двинско-Черниговский и Гродненско-Мозырский линеаменты (рис. 8). Они оказали заметное влияние на формирование дочетвертичного рельефа территории Беларуси. Двинско-Черниговский линеамент отделяет восточную часть региона с доминирующими абсолютными отметками рассматриваемой поверхности свыше 100 м (до 160—180 м) от центральной и юго-восточной (в форме залива) площадей, где кровля коренных пород имеет гипсометрический интервал между 50—100 м. Приподнятый до 140—160 м участок дочетвертичной поверхности на юге республики (склоны Украинского щита) ограничен протяженным фрагментом Гродненско-Мозырского линеамента. В пределах северо-западного отрезка Двинско-Черниговского линеамента в районе Новополоцка по данным бурения установлен сброс в породах верхнего девона амплитудой около 8 м и отмечается повышенная минерализация подземных вод.

На территории Беларуси выделяются системы линеаментов, связанные с новейшей активизацией разломной тектоники соседних регионов ВЕП. Важную роль в неотектонике древнеледниковой области Украины играет Правобережная линеаментная зона (азимут $\sim 304^\circ$), выделенная на КС Г. Я. Голиздрой [1978]. Она состоит из систем сближенных линеаментов длиной от 50 до 150 км и трассируется от Александрии до Новоград-Волынского на расстояние около 450 км. Дешифрируемые линеаменты совпадают с отрезками долин рек Ингулец, Тясмин, Рось и другими водотоками, образуя продольную северо-восточную границу Приднепровской возвышенности. В пределах Украинского щита линеаментная зона маркируется магнитными аномалиями, связанными с дайковыми комплексами пород протерозойского возраста. Четкая выраженность систем линеаментов на КС показывает, что тектонические напряжения северо-западного направления активно проявляются и на новейшем этапе.

Возникновение Правобережной линеаментной зоны обусловлено воздействием горизонтальных напряжений в литосфере с юга и юго-запада, игравшим значительную роль в тектоническом развитии Средиземноморского пояса [Голиздра, 1978]. Под влиянием подобного геодинамического режима в юго-западной части ВЕП формировались системы эшелонированных разрывных нарушений, отразившиеся на КС высоких уровней генерализации протяженной линеаментной зоной северо-западного простирания.

В пределах юго-запада ВЕП космогеологическими методами выявлена Суцано-Пержанская (Кременецкая) линеаментная зона [Быстревская, 1984]. Она трассируется в северо-восточном направлении (азимут $47\text{—}55^\circ$) по линии Мукачево — Стрый — Кременец и далее на территории Беларуси — Лельчицы — Горваль, где прослеживается как региональная структура. В современном рельефе выражена фрагментарно: спрямленными отрезками речных долин, уступами и пониженными участками водоразделов и по другим признакам. На Украинском щите линеаментная зона сопряжена с одноименным глубинным разломом, а в Припятском прогибе — с региональным дизъюнктивом. Она отчетливо проявляется в магнитном и гравитационном полях, а по материалам глубинного сейсмического зондирования соответствует мантийному разлому лито-

сферы. В верхних горизонтах платформенного чехла данная линейная структура совпадает со сдвиговыми деформациями, контролирующими изменение мощностей литофаций и отметок рельефа ложа неогеновых и четвертичных отложений.

По мнению С. С. Быстревской [1984], Суцано-Пержанская линеаментная зона относится к северо-восточной системе разломов, которые предопределили поперечную разблокировку альпийского сооружения Карпат на тектонические блоки различных порядков, смещенные относительно друг друга. На юго-западной окраине ВЕП в пределах Волыно-Подоллии с этой суперрегиональной структурой также связаны значительные сдвиговые перемещения, проявившиеся на неотектоническом этапе.

Региональные линеаменты, трассирующиеся на расстояние в десятки и первые сотни километров, нередко сопряжены с разломами внутрикорового или верхнемантийного уровней литосферы. Выраженность многих дизъюнктивов на дочетвертичной поверхности и в современном рельефе в виде линеаментов указывает на их неотектоническую активность. Доминирующее простирание этой группы линеаментов в пределах западного региона ВЕП — субширотное, диагональное, реже субмеридиональное. Линейные структуры регионального порядка наиболее изучены на основе комплексирования космогеологических и геолого-геофизических методов в условиях Белорусской антеклизы и Припятского прогиба.

На территории Белорусской антеклизы к группе региональных линейных структур отнесен Налибокский линеамент, ограничивающий Центрально-Белорусский массив с северо-востока. На КС локального уровня генерализации он прослеживается зоной эшелонированных ландшафтных аномалий шириной 2—4 км, трассирующихся по азимуту 315° вдоль линии Слуцк—Столбцы и далее в сторону г. Ивье на расстояние около 140 км. На значительном протяжении линеамент согласуется с одноименным региональным разломом, неотектонические движения вдоль которого повлияли на формирование долины р. Неман (в верхнем течении) и прилегающей к ней Верхне-Неманской озерно-аллювиальной низины. Дизъюнктив прослеживается в породах консолидированного фундамента, верхнепротерозойских, раннепалеозойских и силурийских отложениях. Представляет собой сброс с максимальной вертикальной амплитудой смещения по поверхности фундамента около 250 м.

В пределах Центрально-Белорусского массива региональные линейные субмеридионального направления ограничивают тектонические зоны кристаллического фундамента (Слонимско-Новогрудскую, Дятловскую, Барановичско-Кореличскую, Каролинскую, Старицкую и т. п.), заложенные вдоль мантийных разломов и игравших ведущую рудоконтролирующую роль. Подобное простирание имеет Минский линейный элемент, согласующийся на территории Бобовнянского выступа с одним из звеньев одноименного суперрегионального разлома. На КС линейная структура выглядит в виде зоны ландшафтных аномалий шириной 0,5—1,5 км, отчетливо дешифрируемой по линии Ляховичи — Снов — Столбцы (прил. 11).

По материалам геофизических съемок Минский региональный линейный элемент фиксируется высокоградиентной зоной силы тяжести, локальными аномалиями и изменениями характера магнитного поля. В структуре кристаллического фундамента он разделяет верхнеархейские грабен-синклинали от нижнеархейского купола и выражается дайками диабазов, трещинными интрузиями гранитов, распространением локальных кварц-полевошпатовых метасоматитов и проявлением радиогенных газов. Это позволяет соотнести дешифрируемый региональный линейный элемент с разломом доплатформенного этапа заложения. Более поздние тектонические движения, синхронные с образованием нарушений платформенного чехла, способствовали формированию вдоль Минского линейного элемента поперечных сдвиговых деформаций, отразившихся также в ландшафтных особенностях и на МДС.

С широтными линейными структурами, протягивающимися на расстояние более 100 км, сопряжены Ляховичский и Свислочский региональные разломы, ограничивающие Белорусскую антеклизу с юга. Линейные элементы подчеркиваются на КС сменой холмисто-моренно-эрозионных ландшафтов вторичными водно-ледниковыми и озерно-аллювиальными комплексами, спрямленными отрезками (до 5—6 км) долин рек Щара и Лань. По геофизическим данным, в пределах линейных элементов южнее Слонима, наблюдается горизонтальное смещение оси Ружанской положительной гравитационной аномалии. Примерно к тем же участкам приурочены изгибы осей аномалий и высокие градиенты магнитного поля. Линейные элементы находят отражение в строении поверхности кристаллического фундамента,

следуя вдоль одноименных разломов (рис. 10). По простиранию линейных структур отмечаются переуглубления в рельефе поверхности меловых отложений и узкие зоны отсутствия пород сеноманского яруса.

Региональные линеаменты широко развиты в пределах Припятского прогиба. Здесь по комплексу дешифровочных признаков, данным сейсморазведки и бурения устанавливается их связь с разломами, ограничивающими тектонические ступени, горсты, грабены и выступы. Преобладающее направление линейных структур — субширотное и диагональное.

Субширотные региональные линеаменты сопоставляется с Чернослободским, Речицким, Микашевичским и другими дизъюнк-

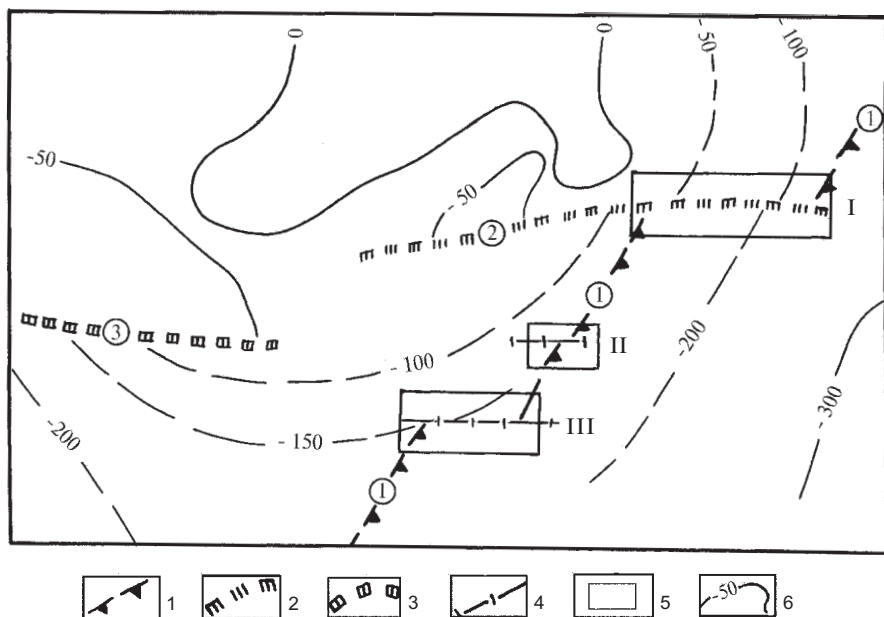


Рис. 10. Южная часть Белорусской антеклизы. Системы линеamentов в зонах проявления активных разломов:

1 — 4 — линеаменты, отражающие: 1 — Минский суперрегиональный разлом; региональные разломы: 2 — Ляховичский, 3 — Свислочский; 4 — локальные разрывные нарушения; 5 — участки постановки геологопоисковых работ (I, II, III); 6 — изогипсы поверхности кристаллического фундамента

тивами амплитудой от первых сотен метров до 2,5 км, определяющими сложную пликативно-блоковую структуру подсолевых и блоково-пликативную — межсолевых девонских отложений. В верхней соленосной толще и надсолевым комплексе горных пород эти разломы проявляются в виде флексурно-разрывных зон. Возможность дешифрирования подобных дислокаций позволяет предположить их отражение в мезо-кайнозойских отложениях.

Описываемая группа линейных структур нередко осложняется поперечными локальными дизъюнктивами, образованными, предположительно, в связи с развитием Припятского палеорифта в позднефранское время девона и проявившимися под воздействием унаследованных сдвиговых напряжений в разломных зонах на неотектоническом этапе. В пределах Микашевичского разлома обнаруживаются элементы отражения правостороннего сдвига, диагностирующегося в современном рельефе резким горизонтальным изгибом (длиной около 3 км) долины р. Случь на участке впадения её в р. Припять. Линейные структуры субширотной ориентировки, сформированные в условиях растяжения литосферы, в большинстве случаев отчетливо дешифрируются на МДС в виде зон повышенной трещиноватости и обводненности приповерхностных горизонтов платформенного чехла. Подобные черты проявлений линеаментов, индицирующих данный кинематический тип разрывных нарушений, установлены рядом исследователей в других равнинно-платформенных областях [Козлов, 1982; Космическая..., 1983 и др.].

Среди северо-восточных линеаментов на территории Припятского прогиба устанавливаются две региональные зоны разрывных нарушений: Малыньско-Туровская и Первомайско-Заозерная, детально изученные З. А. Гореликом и А. М. Синичкой [1986]. Основанием для выделения подобных дизъюнктивов служили данные космического зондирования и радиолокационных аэросъемок, материалы сейсмо- и электроразведки, а также бурения скважин.

Локальные линеаменты имеют небольшую протяженность: единицы — первые десятки километров. Преобладающее их простираание — диагональное и ортогональное. Многие дешифрируемые линейные структуры прослеживаются в геофизических полях (рис. 11) и сопряжены с разломами, проникающими в “гранитный” или “осадочный” слои литосферы.

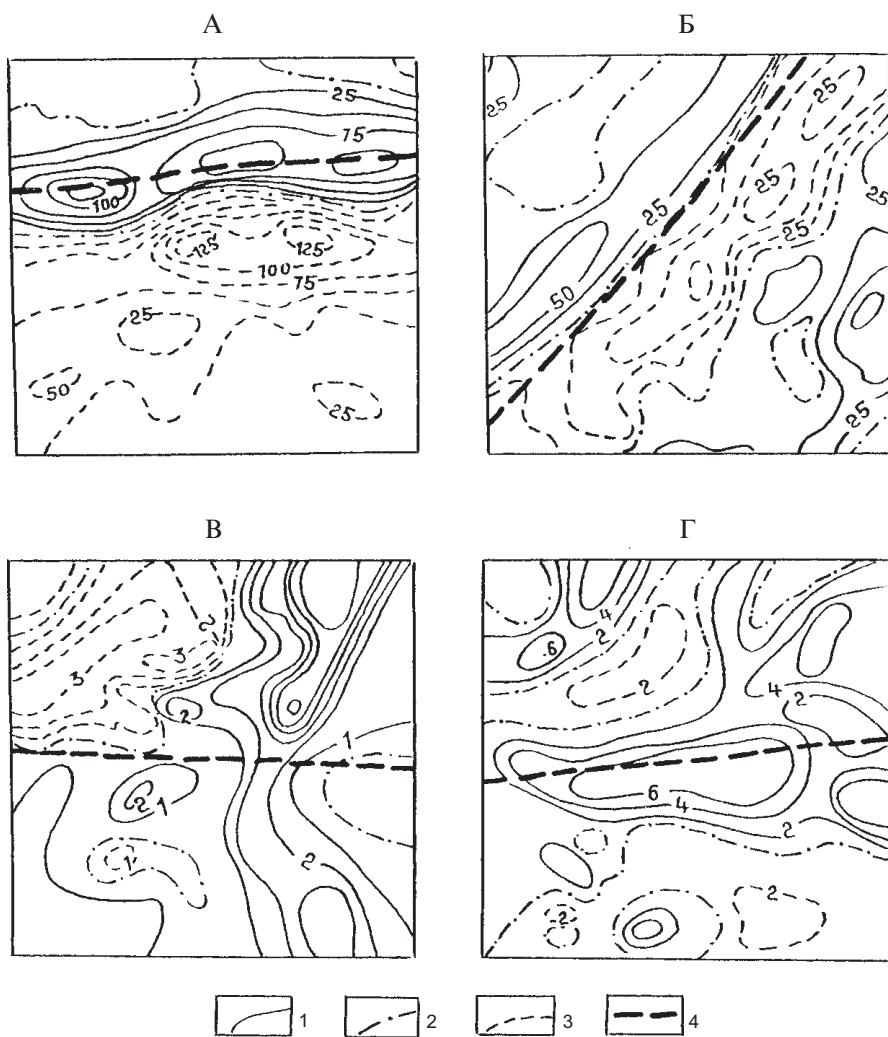


Рис. 11. Выраженность линеаментов, дешифрируемых на космических снимках, в геофизических полях:

А, Б — зоны высоких горизонтальных градиентов гравитационного поля (V_{zz}); В — участки специфической морфологии магнитного поля; Г — линейные положительные магнитные аномалии (ΔT_a); 1-3 — изолинии геофизических полей: 1 — положительные, 2 — нулевые, 3 — отрицательные; 4 — линеаменты

Субмеридиональные линеаменты этого класса довольно отчетливо отражаются на КС в пределах Белорусской антеклизы (прил. 12). В структуре кристаллического фундамента они тяготеют к зонам дорифейской тектоно-магматической активизации: Каролинской, Старицкой и т. п., установленным при глубинном геологическом картографировании Бобовнянского гранито-гнейсового купола. Здесь по комплексу космогеологических и геолого-геофизических данных выделены системы линейных структур: Ушанская, Ланская, Квачевская и др., сопоставляемые с одноименными разломами фундамента. Ушанский линеамент обнаруживается на МДС зоной линейных элементов ландшафта шириной 0,5—2 км и трассируется на расстояние в несколько десятков километров. Он проявляется в магнитном поле в виде изометричных аномалий, причиной которых служит одноименная дайка диабазов. Контакты тела дайки разрушены с образованием кор выветривания. По краям разлома вмещающие гранито-гнейсы метасоматически изменены в лейкократовые разновидности (кварц-полевошпатовые метасоматиты). В водах трещинных зон пород кристаллического фундамента установлена высокая концентрация радиогенных газов: радона и гелия.

Сходные дешифровочные признаки и длину имеет Ланский линеамент. С ним связано развитие мощных линейных кор выветривания, а также лейкократовых гранито-гнейсов, формирование которых вызвано локальным кварц-полевошпатовым метасоматозом. В узле пересечения Ланского разлома с Несвижской зоной дробления, воды фундамента характеризуются аномально высокими содержаниями урана и радия. Рассматриваемые локальные дизъюнктивы и другие линеаменты, объединяясь общностью простирания, развития метасоматических процессов, контролируют в кристаллическом фундаменте положение зон тектоно-магматической активизации. Трассирование последних по МДС имеет практическое значение в прогнозно-металлогенических целях.

В пределах Припятского прогиба линейные структуры незначительной протяженности обнаруживают связь со многими разрывными нарушениями (Центральный, Северо-Западный и т. п.), осложняющими локальные поднятия в подсолевых и межсолевых отложениях верхнего девона. Амплитуды смещения пород по раз-

ломам колеблются от первых десятков до нескольких сотен метров. Локальные линеаменты нередко сопряжены с малоамплитудными дизъюнктивами в верхнесоленосной девонской толще, которые устанавливаются как сейсмическими методами, так и шахтными выработками на Старобинском месторождении калийных солей. В зонах дешифрируемых линейных структур по материалам геолого-геофизических съемок фиксируются разрывы сплошности надсолевых девонских, каменноугольных, пермских и триасовых отложений. Достоверность выделения разрывных нарушений в платформенном чехле амплитудой до 50 м и безамплитудных дислокаций повышается на основе комплексной интерпретации данных дешифрирования МДС и результатов сейсморазведочных работ МОГТ.

Следует отметить, что на формирование линеаментов длиной до первых сотен метров в большей степени оказали воздействие поверхностные экзодинамические, в том числе техногенные процессы. Этим можно объяснить плановое несоответствие значительной части коротких линеаментов разломам, установленным по геолого-геофизическим материалам.

В результате картографо-космогеологических построений выяснена природа дешифрируемых линейных структур на территории Старобинской центриклинали Припятского прогиба [Губин, Михайлов, 1991]. При этом выполнен анализ карт изокоррелят, отражающих взаимосвязи структурных поверхностей подсолевых и надсолевых отложений верхнего девона с густотой линеаментов (рис. 12). Вычисленные коэффициенты корреляции (r) характеризуют прямую либо обратную зависимость между погребенными структурами и линеаментным полем, фиксируемым на МДС. Пространственное распределение и количественные показатели изокоррелят подчеркивают системы разломов и тектонические блоки, активные в позднеолигоцен-четвертичное время. Например, в пределах корреляционной области положительных значений r от 0,54 до 0,85 по поверхности подсолевых отложений в том же направлении прослеживается Центральный разлом амплитудой порядка 200 м. Наличие областей с существенной корреляционной связью между изучаемыми объектами свидетельствует об отражении блокового строения подсолевого ложа девонской толщи в новейшем струк-

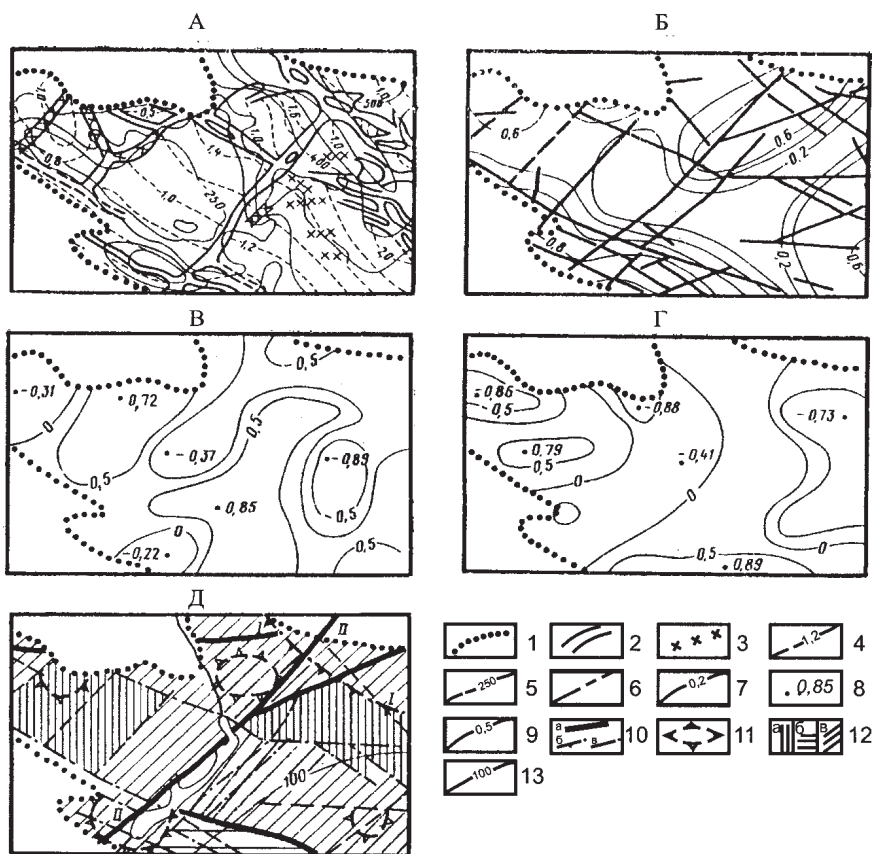


Рис. 12. Новейшая тектоника Старобинской центриклинали Припятского прогиба по картографо-космогеологическим данным:

А — структурная карта поверхности подсолевых и надсолевых отложений верхнего девона; Б — карта линейментов; В — карта изокоррелят между поверхностью подсолевых отложений и густотой линейментов; Г — карта изокоррелят между поверхностью надсолевых отложений и густотой линейментов; Д — карта новейшей тектоники; 1 — граница распространения фаменской солевой формации; 2 — разломы по геологическим данным; 3 — зоны осложнение сейсмического материала; 4 — изогипсы поверхности подсолевых отложений; 5 — изогипсы поверхности надсолевых отложений; 6 — линейменты; 7 — изолинии густоты линейментов; 8 — значения коэффициентов корреляции; 9 — изокорреляты; 10 — разломы по космогеологическим данным: а — региональные, б — субрегиональные, в — локальные; 11 — локальные структуры чехла; 12 — неотектонические блоки, испытывающие а — поднятие, б — опускание, в — стабилизацию движений; 13 — изобазы позднеолигоцен-четвертичных деформаций. Разломы: I-I — Речицкий, II-II — Центральный

турном плане. Дифференцированные неотектонические движения активизировали многие разрывные нарушения и способствовали их проявлению в верхних горизонтах платформенного чехла и современном рельефе.

Установлена корреляционная связь между густотой линеаментов и структурной поверхностью надсолевых девонских отложений Старобинской центриклинали (рис. 12). Распределение положительных и отрицательных форм корреляционного поля приближается к общему северо-восточному простирианию структур подсолевого ложа. Соленосные отложения, перекрывая пластичными массами структурные неоднородности подсолевых образований, создают региональную геологическую поверхность, которая через мезокайнозойскую толщу в общих чертах находит отражение в линеаментном поле земной поверхности. Из приведенных картографо-космогеологических данных можно сделать вывод о существовании связи между сетью линеаментов, выявляемых на МДС, и структурными поверхностями подсолевых и надсолевых девонских отложений. Наиболее четкие корреляционные зависимости устанавливаются с элементами тектоники, фиксируемыми сейсморазведкой и материалами глубокого бурения по поверхности подсолевой толщи верхнего девона.

При космогеологическом изучении проявлений разломной тектоники запада ВЕП обращается внимание на узлы пересечения линеаментов. Под “узловой”, или “кентрогенной” структурой понимается участок динамического воздействия пересекающихся разломов, характеризующийся интенсивной раздробленностью литосферы, ее высокой проницаемостью для флюидов, растворов, магматических образований, а также повышенной дифференцированностью неотектонических движений [Трофимов, 1986]. Мобильность кентрогена обусловлена пересечением дизъюнктивов различной кинематической природы и активизацией через него дислокаций доплатформенного этапа заложения. По этой причине дорифейские разломы, не проявленные в новейшем структурном плане, в ряде случаев могут индифицироваться по простирианию узловых структур, активных в позднеолигоцен-четвертичное время. При изучении кентрогенных объектов на территории ВЕП Д. М. Трофимовым [1986] сделан вывод об активной роли участков пересечения дизъюнктивов на

стадии формирования кристаллического фундамента и слабой их мобильности на платформенном этапе развития литосферы.

Кинематическими особенностями кентрогенов иногда определяется их выраженность в отрицательных либо положительных формах рельефа земной поверхности. В первом случае активность узловых структур проявляется в режиме растяжения литосферного пространства. На таких участках происходит раскрытие многочисленных трещин и образование проницаемых зон в консолидированном фундаменте и платформенном чехле, что создает условия для интенсивной циркуляции флюидов, подземных вод, высокой обводненности верхних горизонтов чехла и широкого развития современных гидроморфных ландшафтов. Кентрогены, обусловленные сбросо-сдвиговыми разрывами, например, на территории Припятского прогиба, служат показателями зон повышенной трещиноватости платформенного чехла с активным развитием гидротермальных процессов. В зонах проявления подобных структур на земной поверхности фиксируются многочисленные заболоченные низины и котловины (прил. 10).

Кентрогенные объекты второго типа активно развиваются в состоянии динамического сжатия. Большая их часть заложена на дорифейском этапе в результате интрузивного магматизма, поздних ультраметаморфических процессов, а также под воздействием положительных движений блоков кристаллического фундамента. Новейшая активизация интрузий, магматических тел и купольных образований, возможно, является одной из причин возобновления в литосфере условий сжатия. В четвертичное время подобный геодинамический режим контролировал образование в основном положительных форм земной поверхности. Рассмотренные выше соотношения кентрогенных структур с особенностями современного рельефа в ряде случаев устанавливаются на МДС в пределах Припятского прогиба, Микашевичско-Житковичского выступа и Центрально-Белорусского массива, реже в структурных областях севера Беларуси, охваченных последним поозерским оледенением.

Итак, космогеологическими методами в пределах запада ВЕП выявлены разнопорядковые линеаменты, отражающие особенности тектонической делимости литосферы. Характерной чертой Балтийско-Украинского, Брестско-Велижского, Северо- и Южно-Припят-

ского и других суперрегиональных линеаментов является их связь с глубинными (мантийными) разломами доплатформенного и платформенного этапов заложения и развития, активно проявившимися в позднеолигоцен-четвертичное время. С дизъюнктивами преимущественно корового уровня сопряжены региональные и локальные линеаменты. Несоответствие ряда дешифрируемых линейных структур известным разломам обусловлено слабой неотектонической активностью последних. Нередко на КС устанавливаются системы линеаментов, связанные с отражением на земной поверхности малоамплитудных (до 50 м) и безамплитудных тектонических нарушений, часто не фиксируемых традиционными сейсмогеологическими методами. Наиболее четко дешифрируются линеаменты, сопоставляемые с разломами (Червонослободским, Речицким и др.), образованными в условиях растяжения литосферного пространства. Выраженные на КС узловые (кентрогенные) структуры представляют собой участки литосферы, отличающиеся повышенной трещиноватостью и проницаемостью горных пород, высокой активностью неотектонических и экзодинамических процессов. Космогеологические исследования западного региона ВЕП позволили выяснить природу линеаментов, установить их взаимосвязи с дизъюнктивными структурами корового и мантийного уровней, активизированными на новейшем этапе развития литосферы.

Планетарные системы линеаментов

Проявления ротационно-планетарных процессов обнаруживаются в виде регматических систем разломов и трещин, устанавливаемых по комплексу космогеологических и геолого-геофизических данных. Геологическая интерпретация подобных дислокаций литосферы базируется на положениях новой ротационной гипотезы структурообразования, развиваемой применительно к платформенным областям К. Ф. Тяпкиным [1986], Д. И. Гарбаром [1987], В. И. Бобриневым и И. В. Данкевичем [1988] и др. К настоящему времени разработаны методические подходы к изучению планетарной трещиноватости, или фрактальности литосферы на основе дешифрирования МДС и по картографо-геологическим материалам [Губин, 2000₂; Кац и др., 1990; Мирошниченко и др., 1984].

Согласно ротационной теории структурообразования, величина критического угла отклонения оси Земли, при котором происходит разрядка планетарных напряжений, составляет в среднем 15—17° и достигается за время равное одному галактическому году. В структурах литосферы, возраст которых превышает 1 млрд 200 млн лет, или шесть галактических лет, возникает наибольшее количество (шесть) ортогональных систем разрывных нарушений. К подобным структурам может быть отнесена ВЕП, в пределах которой зафиксировано 5—6 направлений регматической сети дислокаций. Однако в платформенных областях процессы ротогенеза проявляются менее отчетливо по сравнению с геосинклинальными регионами.

В образовании регматической сети линейных структур помимо тектонических напряжений, вызванных силами вращения земного шара, немаловажную роль играют конвекционные процессы в литосфере. Вероятно, под воздействием ротационных процессов, закладывается регулярная система “ослабленных точек” литосферы, которые впоследствии наследуются разломами и трещинами эндогенной природы, формирующими геометрию фрактальности литосферы. Экспериментальным путем установлено, что при изменении скорости вращения модели, имитирующей Землю, на ее поверхности возникает четырехугольная система трещин, близкая к “классической” шестилучевой регматической решетке в литосфере.

Методика изучения планетарных особенностей фрактальности литосферы в западном регионе ВЕП заключалась в анализе регматической сети путем комплексной линеаментной проработки космогеологических и геолого-геофизических материалов. Разломы ортогональной системы выделялись по серии структурных и тектонических карт Беларуси и сопредельных территорий среднего масштаба. Среди геофизических признаков планетарных дизъюнктивов обращалось внимание на закономерно построенные аномалии регионального магнитного и гравитационного полей Земли, ступени в уровнях физических полей, оси линейных локальных аномалий и т. п. Космогеологическими показателями проявлений ротационных напряжений в литосфере являются линеаменты различных иерархических уровней, дешифрируемые на МДС. Статистический анализ регматических систем линеаментов, разрывных нарушений

и трещин по простиранию и протяженности позволил выявить планетарный характер фрактальности литосферы.

На территории запада ВЕП выделяются шесть регматических систем линейных структур, которые ориентированы по направлениям $0-270^\circ$, $17-287^\circ$, $34-304^\circ$, $45-315^\circ$, $62-332^\circ$ и $76-346^\circ$ [Губин, Данкевич, 1992]. Причем, наиболее отчетливо дешифрируются на КС линеаменты с азимутом простираний $34-304^\circ$, $45-315^\circ$ и $62-332^\circ$ (рис. 13). По мнению Г. Н. Каттерфельда [1984], ортого-

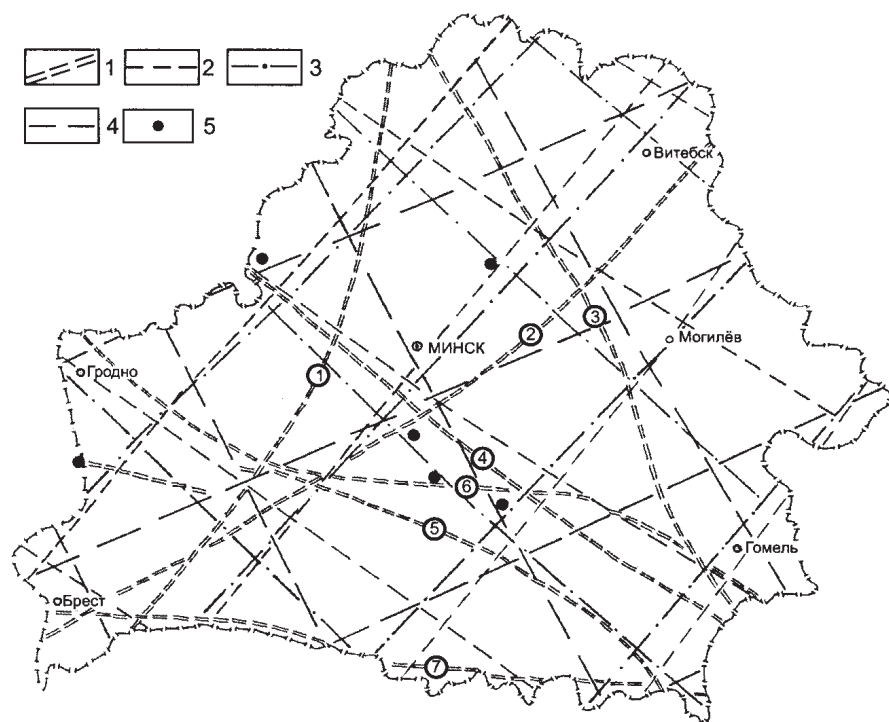


Рис. 13. Главнейшие ротационно-планетарные системы линейных структур территории Беларуси:

1 — суперрегиональные линеаменты: 1 — Балтийско-Украинский, 2 — Брестско-Велижский, 3 — Двинско-Черниговский, 4 — Ошмянско-Речицкий, 5 — Гродненско-Мозырский, 6 — Северо-Припятский, 7 — Южно-Припятский; 2—4 — осевые линии регматических систем линеаментов с азимутами простираний: 2 — $34-304^\circ$; 3 — $45-315^\circ$; 4 — $62-332^\circ$; 5 — эпицентры землетрясений силой 4—6 баллов (по шкале MSK-64)

нальная система $45\text{—}315^\circ$ является кардинальной для линейных дислокаций ВЕП. Сходные закономерности в распределении разломной сети отмечаются в пределах Балтийского и Украинского щитов, Центрально-Белорусского и Воронежского погребенных кристаллических массивов.

Космогеологические индикаторы рассматриваемых шести групп разрывных нарушений образуют закономерную сеть пересекающихся линеаментов. Они сгруппированы в параллельные направления и совпадают по простиранию с разломами платформенного чехла и кристаллического фундамента. Линеаменты концентрируются в виде выдержанных по простиранию зон шириной $10\text{—}50$ км, которые трассируются на расстояние от нескольких десятков до первых сотен километров. Линейные структуры ритмично секут литосферу с кратным “шагом” в $40\text{—}80$ и $80\text{—}120$ км.

Системы линеаментов ротационной природы отличаются “трансформностью” — смещением отдельных их фрагментов в поперечном направлении, возможно, связанным с процессами разрядки планетарных полей горизонтальных напряжений литосферного пространства. Места пересечения линеаментов в большинстве своем являются общими для нескольких регматических решеток. Такие “узловые” структуры сопряжены с участками повышенной проницаемости литосферы. С ними сближены эпицентры землетрясений, а также кольцевые объекты, формирование которых контролировалось ротационным геодинамическим режимом.

Ротационно-планетарные процессы предопределили пространственное положение систем трещин, разломов и их линеаментных индикаторов на территории запада ВЕП. Возникающие в результате ротогенеза регматические решетки в литосфере служили теми “рельсами”, по которым происходило структурообразование на доплатформенном и платформенном этапах геологической истории.

Среди главнейших систем ротационных структур выделяется ортогональная сеть планетарных трещин направлений $0\text{—}270^\circ$, которая контролировала развитие в раннем докембрии Полоцкого, Вилейско-Оршанского, Центрально-Белорусского и других широтных дизъюнктивов, ограничивающих крупные тектонические блоки консолидированной коры. С этой сетью связана разрядка более

поздних тектонических напряжений, которые отразились в платформенном чехле изменением фаций и мощностей отложений, разрывными дислокациями. К данной группе дизъюнктивов, например, может быть отнесен Южно-Припятский суперрегиональный разлом, ограничивающий Припятский прогиб на юге. На КС ему соответствует одноименный широтный линеамент, проявленный на земной поверхности в аномалиях гидросети (прил. 10). С регматической решеткой $0 - 270^\circ$ связано формирование разрывных нарушений, активных в позднечетвертичное время. Такие дислокации меридиональной ориентировки оказали влияние на развитие долин рек Днепр, Березина, Неман (прил. 12) и др.

Широко представлена на территории запада ВЕП система $45-315^\circ$, проявившаяся на различных этапах развития литосферы. Дизъюнктивы подобной ориентировки играли ведущую роль в геодинамической эволюции региона. По этому направлению активизировались тектонические процессы в раннем и позднем докембрии, а также в герцинский этап. По азимуту 45° трассируется зона линеаментов, связанная с проявлением в платформенном чехле Стоходско-Могилевского суперрегионального разлома, разделяющего блоки кристаллического фундамента. Сходную ориентировку имеют некоторые разрывные нарушения, установленные по космогеологическим и геолого-геофизическим данным в пределах Центрально-Белорусского массива. По азимуту 45° простирается фрагмент Брестско-Велижского суперлинеамента, располагающийся в осевой зоне Червенского структурного залива и Витебской мульды. Азимут 315° имеет ряд дизъюнктивов Припятского прогиба. Простирание $45-315^\circ$ характерно для региональных разломов, отличающихся активностью в четвертичное время, что послужило одной из причин заложения по этой регматической сети ряда речных долин и озерных котловин в Белорусском регионе (прил. 8, 9, 11).

В системе планетарных трещин $17-287^\circ$ к азимуту 17° тяготеют глубинные дизъюнктивы в пределах Белорусско-Прибалтийского гранулитового пояса кристаллического фундамента. Среди них выделяются Кореличский, Ивенецкий и другие разломы, ограничивающие глубоко погруженные тектонические блоки. Анализ геофизических полей и МДС показывает, что подобные дисло-

кации группируются в единую разломную зону, выраженную на КС довольно протяженным фрагментом Балтийско-Украинского суперрегионального линеамента.

Дизъюнктивные структуры с азимутом простирания 287° связаны с формированием Припятского палеорифтового бассейна в герцинское время. Традиционно “припятское” направление контролируется положением Северо-Припятского, Речицкого, Червонослободского и других платформенных разломов. Последние находят отражение на МДС в виде систем субширотных линеаментов, что свидетельствует о новейшей активизации данной группы линейных структур.

Выяснена роль других ротационно-планетарных дислокаций в геодинамической эволюции территории запада ВЕП. Со структурообразующими дизъюнктивами кристаллического фундамента связана система линеаментов $34\text{—}304^\circ$. Направлением 34° характеризуются фрагменты Минского и Стоходско-Могилевского суперрегиональных разломов на территории Полесской седловины. Сходный азимут простирания имеют Малыньско-Туровский и Первомайско-Заозерный региональные разломы в пределах Припятского прогиба, где они прослеживаются в фундаменте и в нижних этажах платформенного чехла в виде непрерывных разрывов. На палеозойском и мезо-кайнозойском этапах развития Припятского прогиба рассматриваемым дизъюнктивам соответствуют зоны активизации тектонических подвижек, особенно на решающем (лебедянско-каменноугольном), а также завершающем (пермско-среднетриасовом и киммерийско-альпийском) этапах развития [Старчик, 1985]. Выраженность Малыньско-Туровского и Первомайско-Заозерного разломов в виде зон линеаментов на МДС позволяет сделать вывод об их активности в позднеолигоцен-четвертичное время.

Азимут 304° характерен для фрагмента Северо-Припятского суперрегионального разлома на участке Речица — Светлогорск. Сходное положение в плане имеет Ошмянско-Речицкая линеamentная зона, трассирующаяся вдоль осевой линии Воложинского грабена. В этом же направлении развивалась Днепровско-Донецкая впадина, заложение которой произошло еще в рифее и, вероятно, тектонические разрывы подобного простирания имеют длительную эволюцию.

В ортогональной системе линеаментов $62\text{—}332^\circ$ с азимутом 62° согласуется простирание Вольно-Оршанского палеоавлакогена, активно проявившегося на дальсландском и раннебайкальском этапах. Сходное направление имеют Клинцовский грабен и Суражский погребенный выступ. По азимуту 332° трассируется Двинско-Черниговская линеаментная зона, контролировавшая развитие ледниковых покровов в плейстоцене.

С регматической системой $76\text{—}346^\circ$ в основном связано формирование структур дорифейского фундамента. По азимуту 76° прослеживается Стоходско-Могилевский разлом на участке Марьина Горка—Могилев—Мстиславль, а также северо-восточное окончание Минского дизъюнктива и небольшой фрагмент Полоцкого разлома. На северо-востоке Беларуси система 346° сопряжена с простиранием гранулитового комплекса Витебского блока, сложенного нижнеархейскими комплексами, претерпевшими регрессивный метаморфизм (диафторез) в позднеархей-раннепротерозойское время. Здесь линейные аномалии физических полей интерпретируются как останцы древних тектонических структур, которые с некоторым смещением трассируются на северо-запад к Пскову и далее.

На территории Украины регматические системы линеаментов изучены П. С. Веремьевым [1986]. Здесь они отвечают планетарной сети разрывных нарушений, в формировании которой имела место разрядка тектонических напряжений, ориентированных в юго-западном направлении со стороны Карпат. В этом регионе установлена приуроченность выделенных на КС линеаментов к докембрийским дизъюнктивным структурам.

Таким образом, важную роль в тектонике запада ВЕП сыграли ротационные геодинамические процессы. Образование закономерно ориентированных линейных структур и их пространственное распределение связано с изменениями скорости вращения земного шара, вызвавшими тангенциальные напряжения определенных направлений. Фрактальность литосферы, сформированная ротационно-планетарными процессами, согласуется с дизъюнктивной тектоникой эндогенного режима Земли и временной шкалой геологической истории. В пределах запада ВЕП каждой тектонической активиза-

ции свойственна своя группа разломов и тесно связанная с ней система линеаментов на земной поверхности. Формирование шести направлений регматической сети линейных структур в регионе возможно происходило в следующей последовательности: 0—270°, 76—346°, 34—304°, 62—332°, 17—287° и 45—315°. При этом на новейшем этапе эволюции Земли высокой активностью отличались разрывные нарушения с азимутом простираний 62—332°, 34—304° и 45—315°. Особо следует выделить систему разломов 0—270°, которая играла структурообразующую роль как на ранних этапах развития литосферного пространства, так и в позднечетвертичное время, контролируя заложение гидросети в западном регионе ВЕП.

НОВЕЙШАЯ ГЕОДИНАМИКА

Новейшая геодинамика, или неогеодинамика как научная дисциплина освещает геологические процессы, происходящие в теле Земли и на её поверхности благодаря воздействию эндогенных, ротационно-планетарных, экзодинамических и техногенных факторов, а также их проявления в виде структурных форм [Николаев, 1988; Новейшая..., 1999]. При этом исследуемый отрезок времени в геологической истории Земли колеблется в пределах от позднего олигоцена (~30 млн лет) до настоящего времени. Среди различных аспектов новейшей геодинамики древних платформ особую актуальность приобретает проблема космогеологического изучения развития плейстоценовых оледенений и неотектонических движений, игравших ведущую роль в литоморфогенезе.

Динамика плейстоценовых оледенений

В плейстоцене территория запада ВЕП в пределах Беларуси пятикратно охватывалась оледенениями. При этом днепровский ледник полностью перекрыл рассматриваемый регион, наревский (белорусский), березинский (окский) и сожский (московский) его большую часть и лишь поозерский (валдайский) ледниковый покров занимал север региона. Длительность ледниковых эпох составляла от 80 до 310 тыс лет [Матвеев, 1976], при общей продолжительности четвертичного периода 1,8 млн лет [Основы..., 2004]. За этот короткий, с геологических позиций временной интервал, геодинамические процессы, вызванные развитием ледниковых покровов,

привели к заметному увеличению абсолютных высот рельефа и усилению контрастов геоморфологических форм. Оледенения способствовали также активизации тектонических структур позднеолигоцен-четвертичного и более древних этапов заложения [Левков, 1980]. Вместе с тем на характер динамики ледников существенное влияние оказали структурные формы литосферы и проявления ротационной геодинамики. Это позволяет предположить, что плейстоценовый этап формирования рельефа запада ВЕП отличался высокой активностью геодинамических процессов.

Гляциодинамическая структура и ее изменения в процессе деградации оледенений отразились на земной поверхности в размещении комплексов форм ледниковой экзарации и аккумуляции. Поэтому путем анализа МДС и геолого-геоморфологических данных удастся выяснить пространственные закономерности гляциодинамики. Космологические исследования территории Беларуси позволили раскрыть региональные особенности в размещении краевых ледниковых комплексов, гляциодислокаций, в локализации проявлений гляциоизостазии и криогенных процессов, а также установить роль неотектоники в развитии ледниковых покровов и гляциоморфогенезе.

Среди гляциотектонических структур наиболее отчетливое выражение в ландшафтных индикаторах и на МДС получили гляциодислокации складчато-чешуйчатого типа. Они представляют собой закономерно построенные комплексы, сформированные под воздействием вертикальной и горизонтальной составляющих движущегося льда [Левков, 1980]. Такие структуры слагают большинство возвышенностей Беларуси и морфологически лучше всего выражены в краевой ледниковой зоне. На земной поверхности подобные гляциодислокации обнаруживаются в виде дугообразных форм рельефа различных размеров, что позволяет надежно фиксировать их по параллельно-полосчатому рисунку аэрокосмического фотоизображения. Благодаря многоступенчатой генерализации МДС достигается возможность дистанционного изучения складчато-чешуйчатых сооружений различных иерархических уровней.

По данным Э. А. Левкова [1980], элементарные комплексы напорных образований, сформированные в результате экзарационно-аккумулятивной деятельности одного ледникового языка, пред-

ставляют собой скибовые сооружения. Они образованы системами складок и чешуй (скиб), сопряженных по надвиговым плоскостям. Скибовые сооружения обычно проявляются на земной поверхности в виде параллельно-грядового рельефа. Гряды вытянуты по простиранию на расстояние от нескольких сотен метров до 1—3 км. Их ширина около 100—350 м, высота до 10—15 м. Склоны гряд более пологие (до 10—20°) во внутренней (проксимальной) части и на 3—5° круче с дистальной стороны.

Такие формы как бы нанизаны на осевые ледниковые ложбины, которые имеют длину от первых сотен метров до 30—50 км и ширину от нескольких десятков метров до 5—8 км. С дистальной стороны напорные образования примыкают к поперечным ледниковым ложбинам. Расположенные здесь озера отличаются вытянутой формой в плане и значительными глубинами (оз. Долгое — 53,6 м, оз. Плисса — 32,9 м, оз. Сенно — 31,5 м). Котловины этих водоемов парагенетически связаны с соседними положительными формами рельефа и представляют собой ложбины ледникового выдавливания. Ориентировка переуглублений гляцигенного генезиса соответствует направлению движения ледяных масс.

В ходе космогеологических исследований [Губин, 2000₁, Губин, Левков, 1983] установлены дешифровочные признаки напорных образований. На КС они заметны по приуроченности к системам ледниковых ложбин и дугообразной форме в плане. Внутренняя структура гляциодислокаций прослеживается на МДС детального уровня генерализации благодаря проявлению в ландшафте фрагментов погружающихся скиб-чешуй и гребней скиб-складок (рис. 14). С площадями распространения скибовых сооружений обычно совпадают поля развития ледниковых отторженцев. Их дешифрирование возможно в том случае, если пластины перемещенных образований выступают над кровлей моренного горизонта и выходят на земную поверхность. По периферии напорных образований на МДС удастся различить крупные валуны, ориентировка длинной оси которых обычно совпадает с направлением движения ледникового языка, подчеркивая напорный характер его внешних дуг.

На МДС диагностируются инъективные формы, или гляциодиапиры, образованные разного рода внедрениями материала одних



Рис. 14. Отражение структуры гляциодислокаций на космических снимках в пределах Беларуси:

гляциодислокации: 1 — Оховская, 2 — Песковская, 3 — Порозовская, 4 — Недведская, 5 — Кремненская

слоев ледникового субстрата в пространство других. Уверенно дешифрируются крупные диапиры, получившие прямое отображение в современном рельефе. Обычно они выражены в виде холмов, гряд и других возвышений относительной высотой до 30—80 м и протяженностью до нескольких километров.

Элементарные комплексы краевых образований выстраиваются в виде дуг шириной 1—5 км и протяженностью от нескольких до

60—80 км (прил. 13). В осевых частях и на крыльях дуг нередко наблюдаются разрывы, разбивая такие сооружения на отдельные сегменты. Дешифрируемые на КС дуговидные цепи конечных морен образуют языковые комплексы шириной внешних дуг около 15—30 км. В свою очередь сближенные гирлянды формируют более массивные краевые пояса (Ошмянско-Минский, Гродненско-Новогрудский и др.), различимые в основном на региональных КС.

Если краевые ледниковые комплексы, получившие прямое отражение в рельефе современной поверхности, дешифрируются в той или иной степени однозначно, то обнаружение по МДС проявлений гляциоизостазии, вызванных нагрузкой значительных масс льда, сопряжено со значительными трудностями. По данным Э. А. Левкова и А. К. Карабанова [1988], современное гляциоизостатическое воздымание земной поверхности, до сих пор сказывающееся в Фенноскандии и узкой зоне ее сочленения с Русской плитой, на территории Беларуси не проявляется даже в Поозерье, покрывавшемся льдом всего несколько десятков тысяч лет назад. Поэтому оценка подобных явлений в этом регионе на основе дешифрирования МДС информативна в том случае, если гляциоизостатические движения отражены в геолого-геоморфологических особенностях. Причем, геоиндикаторы наиболее достоверны в области последнего поозерского оледенения и в перигляциальной зоне непосредственно у края ледника.

В периферической полосе поозерского ледника ландшафтные признаки гляциоизостазии обнаруживаются в пределах локальных неотектонических структур. В плейстоцене последние отличались повышенной активностью, в значительной мере обусловленной гляциоизостатическим фактором. Дешифровочными критериями рассматриваемых гляциодеформаций служат разрывы рек на потоки, текущие в противоположных направлениях, изменения в ориентировке водотоков, подпруживание рек и образование озер. Инверсия речного стока отчетливо диагностируется на МДС в полосе предельного распространения поозерского оледенения. Здесь многие реки, принадлежащие бассейнам Днепра и Западной Двины, имеют уплощенные водоразделы с относительными превышениями рельефа около 10—20 м, а сама водораздельная линия близка к границе последнего ледника. Сходные аномалии в строе-

нии гидросети дешифрируются на участках Черноморско-Балтийского водораздела.

О характере гляциоизостазии можно судить путем геоиндикационного изучения морфологии озерно-ледниковых и речных террас. Исследование террасовых уровней Полоцкой озерно-ледниковой низины на основе дешифрирования МДС и геолого-геоморфологических построений позволило И.Э.Павловской [1994] установить заметный региональный перекося этой территории, образовавшийся после снятия нагрузки периферической части поозерского ледника. Судя по амплитуде высот верхних террасовых поверхностей, гляциоизостатическое поднятие составило около 20 м. В пользу воздымания территории, оставленной последним ледниковым покровом, говорит также тот факт, что в Белорусском Поозерье в долинах крупнейших рек (Западная Двина, Неман и Виляя) верхние голоценовые террасы приподняты до 6—10 м, тогда как на запредельной площади (примерно в 100 км южнее) разновозрастная им высокая пойма только иногда достигает 3—4 м.

Реликтовые криогенные структуры, образованные мерзлотными процессами, широко развиты в условиях Беларуси к югу от границы поозерского оледенения. В результате космогеологических исследований предельных краевых образований последнего ледника южнее Лепеля, Новолукомля и Ушач Витебской области выявлены площади распространения полигонально-блочного рельефа и установлены соотношения этих структур с ледниковыми комплексами. Криогенный микрорельеф, формирующий ячеисто-мозаичный рисунок космоизображения, представлен 4—6-угольными полигонами с размерами сторон от 30—40 до 150—200 м. Среди типичных форм криогенного генезиса в пределах лимногляциальных равнин по МДС впервые обнаружены реликтовые пинго (гидролакколиты). Высота таких форм колеблется от 3 до 70 м, а их диаметр в большинстве случаев — от 30 до 800 м. Данные дешифрирования свидетельствуют о том, что пинго образуют непрерывную полосу по периферии поозерского ледникового покрова. На КС подобные криогенные формы выглядят в виде систем кольцевых структур общей протяженностью от 1,5 до 7—8 км, составленных из наложенных друг на друга либо слившихся пинго и термокарстовых просядок. В каждой из этих групп присутствует

крупная кольцевая форма размерами в поперечнике от 0,3 до 3 км с заболоченной низиной или озером в центре.

В качестве эталона для дешифрирования реликтовых пинго может быть приведен наиболее крупный из них — Боровненский кольцевой объект (прил. 8), расположенный в Белорусском Поозерье на западе Лучесинского лимногляциального бассейна [Левков, Карабанов, 1990]. В современном рельефе пинго выражен в виде гряды шириной в несколько сотен метров, вытянутой вдоль береговой линии оз. Боровно. Кольцевой вал диаметром до 2,6 км в геологическом разрезе представлен озерно-ледниковыми отложениями. Формирование пинго обусловлено многократным замерзанием и оттаиванием грунтов в позднеледниковых водоемах. При этом происходило “вымораживание” насыщенного водой слоя горных пород и как следствие — образование изометричных гряд.

Заметное воздействие на распределение плейстоценовых ледниковых покровов и интенсивность гляциоморфогенеза оказали новейшие тектонические процессы. В Белорусском регионе установлены пространственные соотношения активных в плейстоцене структур платформенного чехла и кристаллического фундамента с особенностями древнеледниковой морфоскульптуры.

Ведущую роль в накоплении мощных моренных толщ и образовании основных макроформ Белорусской гряды сыграло высокое положение кристаллического фундамента (абс. отм. от 50 до –500 м). Ледниковая аккумуляция усиливалась также в районах Беларуси с устойчивым тектоническим прогибанием [Матвеев, 1976]. Давление от нагрузки ледяных масс создавало в верхней части литосферы обширное поле напряжений. При незначительной мощности платформенного чехла ледниковый покров способствовал активизации движений блоков консолидированного фундамента, приводящих к интенсивному расчленению доплейстоценового рельефа и, как следствие, высокой степени воздействия ледника на ложе.

При космогеологическом изучении влияния неотектоники на динамику плейстоценовых оледенений обращается внимание на пространственное соотношение ледниковых комплексов с кольцевыми и линейными структурами эндогенной природы. Подобные тектонические формы являются показателями делимости и гетеро-

генной неоднородности литосферы, проявившейся в позднеолигоцен-четвертичное время.

Структурные элементы контролируют также развитие современных ледниковых покровов. Это наглядно подтверждено В. М. Будько [1983] путем анализа КС Западной Антарктиды. Здесь в структуре ледяных масс находят отражение разломы, кольцевые структуры и блоки консолидированного фундамента.

Среди разнообразных генетических типов кольцевых образований для выяснения гляциодинамики анализируются тектоногенные структуры диаметром до 50 км. Последние во многих случаях отражают контуры погребенных мелких выступов либо депрессий кристаллического фундамента, локальные тектонические структуры платформенного чехла, изометричные формы рельефа ложа четвертичного покрова, а также кольцевые дизъюнктивы.

На территории Беларуси участки земной поверхности, испытавшие неотектоническое воздымание амплитудой от нескольких десятков до 150—170 м, сопряжены с проявлением в современном рельефе в основном положительных кольцевых структур тектоногенной природы. Отмечается связь таких объектов с ледораздельными зонами, контролировавшими движение ледниковых потоков в дистальном направлении. Межпотоковые ледоразделы тяготеют к кольцевым структурам диаметром 25—30 км: Новогрудской, Гродненской, Минской и др., приуроченных к поднятиям поверхности кристаллического фундамента и плейстоценового рельефа. В пределах кольцевых объектов широко представлены конечноморенные комплексы, образованные мощными дислоцированными толщами. С группой структур центрального типа диаметром 15—25 км связано размещение межлопастных ледораздельных зон, отличающихся повышенной мощностью морен ранних этапов оледенений. Дешифрируемые межъязыковые ледоразделы сопряжены с кольцевыми структурами размерами в поперечнике до 15 км и представляют собой радиальные конечноморенные сооружения, локализующиеся в пределах моренного цоколя.

Среди большой группы кольцевых структур, контролирующей формирование ледораздельных зон, устойчивыми положительными движениями на протяжении всего плейстоцена характеризовались изометричные объекты тектоногенного типа диаметром порядка

25—30 км. На таких участках земной поверхности происходило торможение или полная остановка ледяных масс, что способствовало накоплению мощных ледниковых толщ и образованию значительно расчлененного рельефа.

Существенное воздействие на развитие ледниковых покровов оказали активные на неотектоническом этапе разломы, в том числе системы линейных структур ротационно-планетарной природы. В плейстоцене зоны разрывных нарушений отличались разуплотнением и высокой трещиноватостью горных пород. Вследствие избирательной гляциальной экзарации в пределах таких участков платформенного чехла формировались ледниковые ложбины и скибовые сооружения. По данным дешифрирования КС устанавливается взаимосвязь ряда разломов с участками развития складчато-чешуйчатых дислокаций (рис. 15) и распределением экзарационных ложбин. Гляциодинамика усиливалась в местах проявления систем планетарных трещин с азимутами простирааний 17—287° и 62—332°.

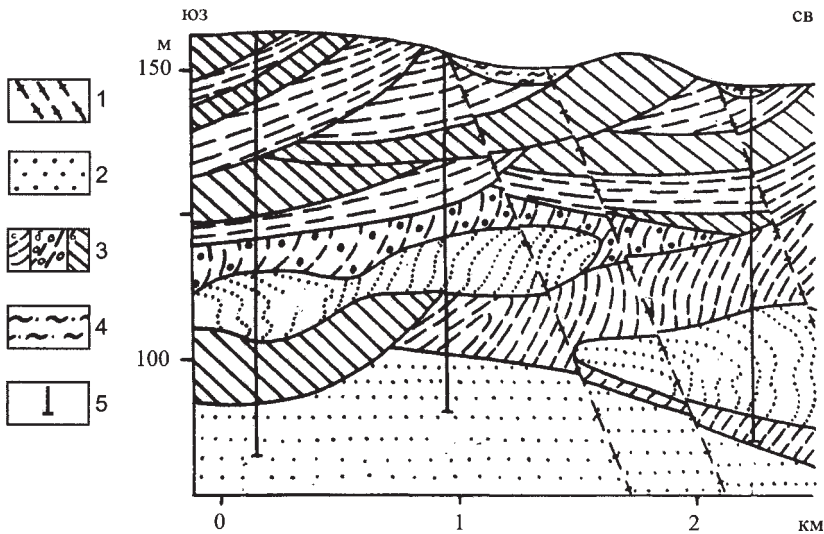


Рис. 15. Старобинская центриклиналь Припятского прогиба. Гляциодислокация складчато-чешуйчатого типа в зоне Глуского разлома:

1 — зона разлома; 2 — эоценовые глауконитово-кварцевые пески; 3 — среднеплейстоценовые отложения: пески (а), песчано-гравийные породы (б), суглинки и глины (в); 4 — голоценовые пески, супеси и торф; 5 — скважины

Высокой информативностью отличаются космогеологические методы при реконструкции динамической структуры последнего (поозерского) ледникового покрова, проникавшего на территорию севера Беларуси 17—20 тыс лет назад. На основе комплексной интерпретации результатов дешифрирования КС и геолого-геоморфологических материалов удалось выяснить региональные черты распределения главнейших гляциодинамических комплексов, их пространственное соотношение с неотектоническими структурами и элементами ротационной геодинамики (рис. 16).

Установленная на КС полоса фронтальных ледниковых комплексов в основном совпадает с проведенной ранее границей максимального распространения поозерского ледника. Наибольшие отклонения от этой границы составляют 15—25 км в пределах правобережья р. Вилия в районе Вилейки и Сморгони, а также на территории между городами Лиозно и Смоленск.

Краевые ледниковые комплексы в плане образуют три крупных различимых на КС дуговидных выступа шириной до 100 км и протяженностью порядка 150—170 км. Их формирование связано с развитием дисненской, полоцкой и витебской ледниковых лопастей. Причем, дисненская и витебская лопасти отличаются правильными дугообразными очертаниями, а внешний край полоцкой лопасти состоит из серии мелких выступов шириной 25—30 км и протяженностью 40—50 км. Последние представляют собой краевые образования ледниковых языков: ушачского, лепельского и селявского.

По КС удалось выявить угловые несогласия в плановом расположении краевых ледниковых комплексов, что позволяет предположить одновременность их формирования в ходе активного развития поозерского ледника. Резкие несогласия, или “срезания”, зафиксированы в районе г. Швенченис (Литва), западнее и восточнее оз. Освейское, севернее оз. Свино и к востоку от г. Невель (Россия). Такой характер пространственного соотношения краевых форм свидетельствует о нескольких значительных этапах в развитии ледникового покрова. Им соответствовали три-четыре стадии или фазы наступания ледника, сопровождавшиеся существенной перестройкой структуры и динамики поозерского оледенения. Данные дешифрирования пространственного распределения конечных

морен подтверждают вывод о том, что динамика ледниковых лопастей и отдельных языков была в значительной степени автономной.

По МДС выяснены закономерности внутреннего строения лопастных и языковых комплексов ледниковых образований, подчеркивающих гляциодинамическую структуру поозерского оледенения.

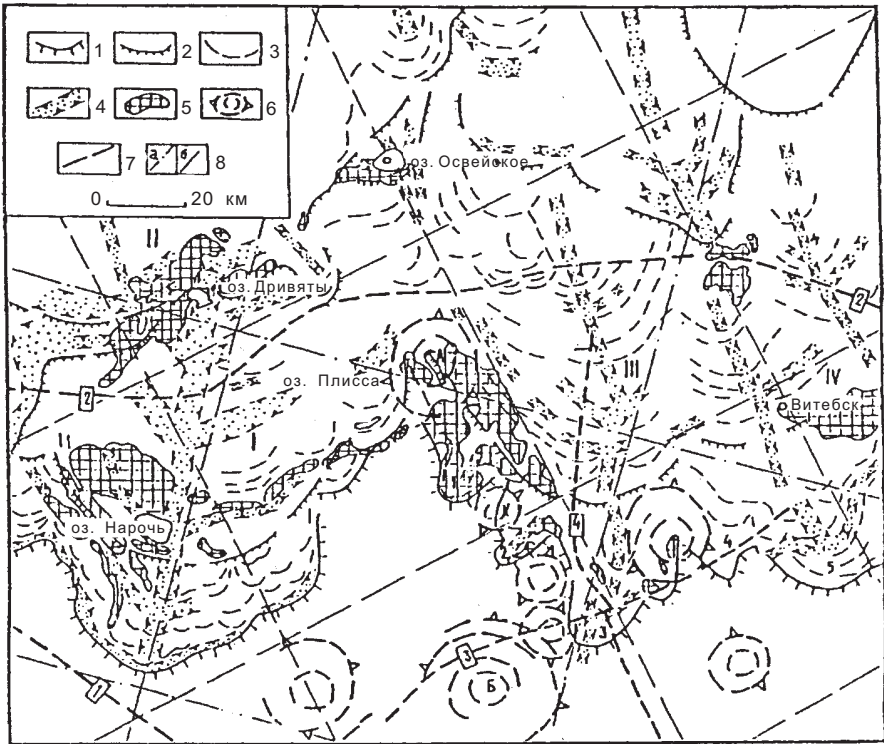


Рис. 16. Динамическая структура поозерского ледникового покрова по космогеологическим данным:

1—3 — границы поозерского оледенения: 1 — максимальная, 2 — стадий и фаз, 3 — отдельных осцилляций; 4 — ледниковые ложбины; 5 — кончнотеренные комплексы; 6 — кольцевые структуры: А — Ветринская, Б — Борисовская; 7 — разломы (цифры в прямоугольниках): 1 — Ошмянский, 2 — Полоцкий, 3 — Минский, 4 — Чашникский; 8 — регматические системы линеаментов с азимутами простираний 17—287°(а), 62—332° (б). Ледниковые лопасти: I — дисненская, II — восточно—латвийская, III — полоцкая, IV — витебская; ледниковые языки: 1 — ушачский, 2 — лепельский, 3 — селявский, 4 — сенненский, 5 — ореховский

нения. Маргинальные элементы этих форм, как правило, располагаются относительно друг друга и субпараллельно главным фронтальным полосам краевых комплексов.

Существенное влияние на структуру и динамику последнего ледникового покрова в Беларуси оказали переуглубления доплейстоценового рельефа, дешифрируемые на КС в виде протяженных (150—200 км) линеаментов и оперяющих их звеньев длиной 5—25, реже 45—50 км. На таких участках земной поверхности усиливалась экзарация и формировались ложбины ледникового выпахивания и размыва шириной 5—15 км. Подобные формы контролировали развитие лопастных и языковых комплексов рельефа, образование озерных котловин (прил. 14).

На основе космогеологических построений возможно установить взаимосвязи между структурой последнего ледникового покрова и проявлениями эндогенного и ротационного режимов литосферы в позднеплейстоценовое время. Например, кольцевые структурные формы, испытавшие положительные неотектонические движения, служили ледораздельными зонами различных рангов. Между дисненской и полоцкой ледниковыми лопастями располагается Ветринская структура диаметром около 25 км. Она сопряжена с локальным поднятием поверхности ложа плейстоценовых пород, кровли днепровской и сожской морен и выражена в современном рельефе как одноименное поднятие — угловой массив, сложенный напорными конечноморенными образованиями. Сходные размеры и особенности геодинамического режима имеет кольцевая структура на стыке полоцкой и витебской ледниковых лопастей. К ледоразделам ушачского, лепельского и селявского языковых комплексов приурочены изометричные объекты диаметром до 15 км.

Активные на неотектоническом этапе разрывные нарушения контролировали движение поозерского ледника в дистальном направлении. Под воздействием ледяных масс над ослабленными участками литосферы происходила интенсивная экзарация. Зона Чашникского регионального разлома, отличающаяся повышенной трещиноватостью пород платформенного чехла, определяла магистральное направление полоцкой ледниковой лопасти. Развитие краевых комплексов в зоне максимального распространения поозерского ледника контролировалось тектонодинамическими процес-

сами на участках новейшей активизации Ошмянского и Минского разломов, Борисовской кольцевой структуры (рис. 16).

Планетарные системы линейных дислокаций с азимутами простираний $17—287^\circ$ определили развитие дисненской и полоцкой ледниковых лопастей. На динамику витебской лопасти оказали влияние линеаменты направлений $62—332^\circ$. Такие системы играли важную роль в распределении главнейших языковых комплексов поозерского ледника.

В ходе космогеологических исследований территории Беларуси выяснены некоторые закономерности проявления гляциодинамических процессов в области сожского оледенения. На КС фиксируется Недведская гляциодислокация (Климовичский район, Могилевская обл.), где верхнемеловые и палеоген-четвертичные аккумуляции представлены системой параллельных складок-скиб на участке площадью порядка 60 км (рис. 14). Элементарные складчато-чешуйчатые образования группируются в гляциотектонические дуги протяженностью до 15—30 км., которые уверенно дешифрируются в районе г. Краснополье, на территории между гг. Климовичи и Костюковичи. Нашли отражение в современном рельефе и на МДС ледниковые отторженцы вблизи гг. Кричев, Славгород и Бобруйск. Самый крупный из них, обнаруженный около г. Кричев, имеет длину 1,5 км при ширине от 50 до 250 м [Левков, 1980]. Гигантская глыба представлена доломитизированными известняками и пластичными моренными глинами. Она залегает в приповерхностной части четвертичных отложений (мощность вскрышных пород до 2—3 м) и на земной поверхности проявляется серией пологих холмов высотой около 5 м. Подобные округлые формы рельефа (высота 5—12 м) с высыпками доломитовой щебенки либо покрытые маломощным чехлом флювиогляциальных песков и супесей, располагаются над отторженцами девонских пород, выявленными в Хотимском районе Могилевской области.

Резюмируя выше изложенный материал, можно констатировать следующее. Гляциотектонические структуры обнаруживаются в современном рельефе в области сравнительно молодых ледниковых аккумуляций. Достоверна индикация гляциодислокаций складчато-чешуйчатого типа, непосредственно выступающих на земную поверхность. Проявления гляциоизостатических движений дешифри-

руются в случае их отражения в геоморфологических индикаторах. Образованные мерзлотными процессами формы полигонально-блочного рельефа обнаруживаются на МДС в основном по периферии поозерского ледникового покрова. Среди типичных объектов криогенного генезиса впервые выявлены реликтовые пинго, развитые в пределах лимногляциальных равнин. Путем космогеологических построений уточнена динамика поозерского ледникового покрова (стадии, фазы, осцилляции), выявлены ложбины ледникового выпаживания и размыва, ледораздельные зоны, а также выяснена роль неотектоники и ротационно-планетарных процессов в формировании краевых ледниковых комплексов.

Проявления неотектонических движений

На основе космогеологической информации возможно изучение неотектонических движений, определявших геодинамическую обстановку позднеолигоцен-четвертичного этапа развития литосферы. В подобных исследованиях равнинно-платформенных областей, охваченных плейстоценовыми оледенениями, особое внимание уделяется гляциодинамическим индикаторам новейшего тектогенеза. Неотектонические реконструкции путем комплексного анализа результатов дешифрирования КС и геолого-геофизических данных приобретают особое значение в пределах запада ВЕП, где структурные черты рельефа земной поверхности согласуются с распределением поля новейших напряжений земной коры. В этом регионе дистанционными методами фиксируется блоковый характер проявления неотектонических движений [Губин и др., 1988, 2003].

В результате космогеологических построений на территории Беларуси установлено, что суперрегиональные, региональные и локальные линейные структуры контролируют положение разнопорядковых блоков литосферы, отличающихся своими геодинамическими параметрами, скоростями позднеолигоцен-четвертичных и современных вертикальных движений (рис. 17, 18). Брестско-Велижский суперлинеамент разграничивает рассматриваемый регион на две области: юго-восточную, испытавшую положительные де-

формации (до 150—170 м) и северо-западную, где неотектонические движения были преимущественно нисходящими (до 50 м). Появление на новейшем этапе моноклиального наклона в сторону Прибалтики привело к заметной перестройке структурного плана, сформировавшегося в мезозое и начале кайнозоя, и предопределило положение Черноморско-Балтийского водораздела.

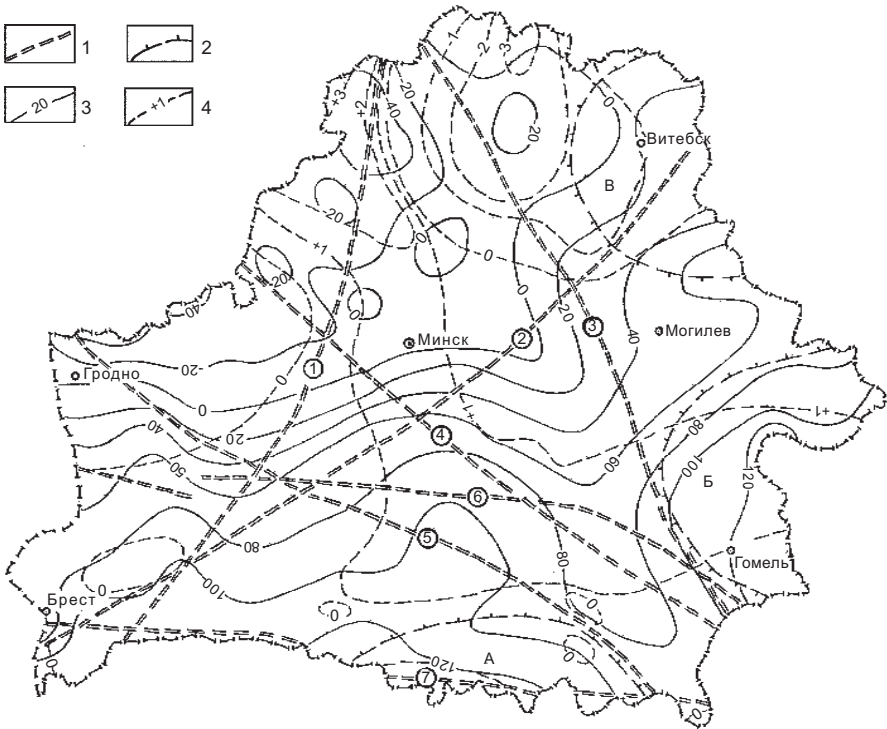


Рис. 17. Соотношение суперрегиональных линеаментов и кольцевых мегаструктур с характером неотектонических деформаций и современных вертикальных движений на территории Беларуси:

1 — суперрегиональные линеаменты: 1 — Балтийско-Украинский, 2 — Брестско-Велижский, 3 — Двинско-Черниговский, 4 — Ошмянско-Речицкий, 5 — Гродненско-Мозырский, 6 — Северо-Припятский, 7 — Южно-Припятский; 2 — кольцевые мегаструктуры: А — Полесская, Б — Клинцовская, В — Витебская; 3 — изобазы суммарных амплитуд неотектонических деформаций (в м), по Э. А. Левкову и А. К. Карабанову, 1987; 4 — изолинии скоростей современных вертикальных движений (в мм/год), по Ю. А. Мещерякову, 1973

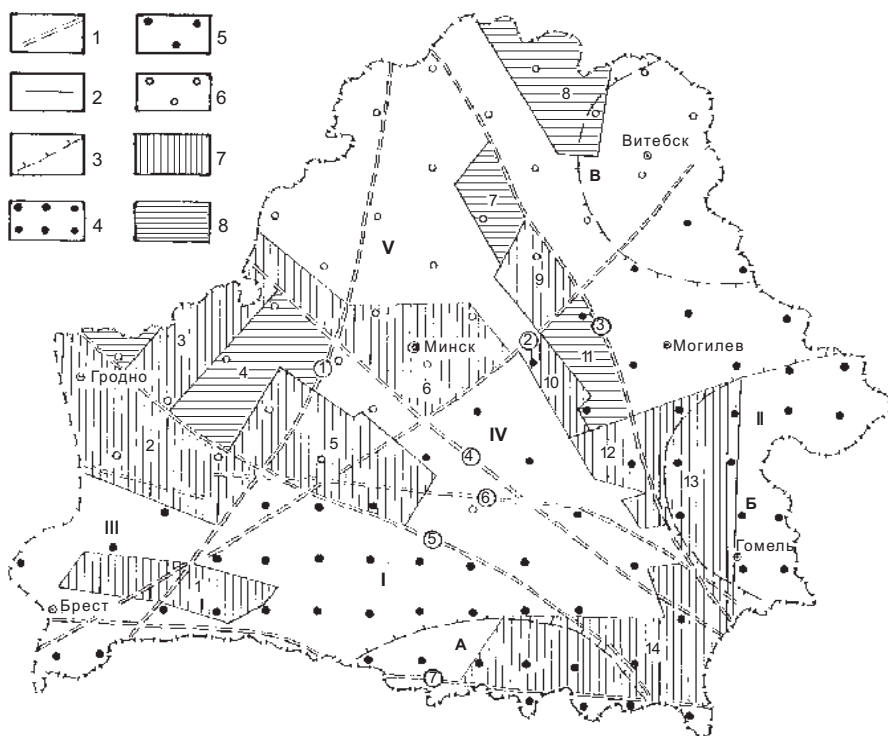


Рис. 18. Неотектоническое районирование территории Беларуси по космогеологическим данным:

1 — суперрегиональные линеаменты (цифры в кружках): 1 — Балтийско-Украинский, 2 — Брестско-Велижский, 3 — Двинско-Черниговский, 4 — Ошмянско-Речицкий, 5 — Гродненско-Мозырский, 6 — Северо-Припятский, 7 — Южно-Припятский; 2 — региональные и локальные линеаменты; 3 — кольцевые мегаструктуры: А — Полесская, Б — Клинцовская, В — Витебская; 4—6 — блоки земной коры позднеолигоцен-четвертичного времени активизации, испытавшие: 4 — средние поднятия, 5 — умеренные поднятия, 6 — относительную стабилизацию либо слабые опускания; 7—8 — блоки земной коры четвертичного времени активизации, испытавшие: 7 — умеренные поднятия, 8 — слабые опускания. Неотектонические блоки: суперрегиональные: I — Южно-Белорусский, II — Восточно-Белорусский, III — Западно-Белорусский, IV — Центрально-Белорусский, V — Северо-западно-Белорусский; региональные: 1 — Дрогичинский, 2 — Волковский, 3 — Вороновский, 4 — Неманский, 5 — Барановичский, 6 — Минский, 7 — Лепельский, 8 — Полоцкий, Крупский, 10 — Кличевский, 11 — Березинский, 12 — Кировский, 13 — Днепровский, 14 — Брагинский

Существенное воздымание (свыше 80 м) претерпели суперрегиональные неотектонические блоки (мегаблоки), ограниченные Гродненско-Мозырским и Двинско-Черниговским линеаментами (рис. 18). Один из них, Южно-Белорусский, расположенный на юге республики, включает северные склоны Украинского щита, Микашевичско-Житковичский выступ, западный и центральный сегменты Припятского прогиба, Полесскую седловину и Луковско-Ратновский горст. Наиболее приподнятыми (до 200—300 м) в позднеолигоцен-четвертичное время оказались блоковые структуры западной части ВЕП в пределах Волынской моноклинали и Украинского щита. Восточно-Белорусский мегаблок тяготеет к западным склонам Воронежской антеклизы, отличавшихся дифференцированными неотектоническими поднятиями до 200—250 м. Одновременно с этим Западно-Белорусский мегаблок испытал общее опускание до 40—50 м. Территории между зонами наибольших поднятий и опусканий соответствует Центрально-Белорусский мегаблок с амплитудами положительных неотектонических движений 20—80 м. Менее приподнятая юго-восточная часть блока явилась “зазором”, через который уходят за пределы Беларуси практически все главные реки Черноморского бассейна: Днепр, Припять, Сож, Березина и др.

Региональные неотектонические блоки отличались активностью в четвертичное время. В пределах положительных блоков (Минский, Вороновский и др.) заметно усиливалась экзарационно-аккумулятивная деятельность плейстоценовых ледников, обусловившая формирование конечноморенного рельефа с интенсивным эрозионным расчленением. Для блоков, испытавших слабые нисходящие движения (Полоцкий, Лепельский и др.), характерны главным образом формы рельефа, связанные с накоплением осадков в приледниковых бассейнах, развитием крупных рек и озер, процессами заболачивания. В структурном отношении отмечается приуроченность блоков четвертичной активизации к приграничным частям известных структур кристаллического фундамента, что, скорее всего, вызвано мобильностью этих участков литосферы. Барановичский блок занимает юго-восточную часть Центрально-Белорусского массива и северо-запад Припятского прогиба, Дрогичинский — приурочен к границе Подляско-Брестской впадины и Полесской

седловины и т. п. Рассматриваемые неотектонические блоки группируются вдоль зон суперрегиональных линейных структур. Одна из групп, включающая в основном положительные блоки, сопряжена с Балтийско-Украинским суперлинеamentом, другая, состоящая из чередующихся положительных и отрицательных блоков, тяготеет к Двинско-Черниговскому линеamentу (рис. 18).

Для первой группы региональных неотектонических блоков характерно общее северо-западное простирание, протяженность 150—180 км и ширина 20—60 км. В геоморфологическом отношении в пределах положительных структур располагаются Минская, Новогрудская, Гродненская и Волковыская возвышенности, Ошмянская и Копыльская гряды. Блоки первой группы охватывают локальные водораздельные поднятия ложа четвертичных отложений, максимальные отметки которых составляют для Волковыского блока — 80—100 м, Дрогичинского — 100—120 м, Барановичского, Вороновского и Минского — 120—180 м. Мощности четвертичных пород здесь преимущественно составляют 60—140 м, достигая высоких значений (более 140 м) на участках конечноморенных возвышенностей и в ледниковых ложбинах [Горецкий, 1980]. Неглубокое расположение кристаллического фундамента (от +50 до –500 м) и залегание здесь податливых мергельно-меловых и других пород платформенного чехла обусловили широкое развитие в пределах этой группы неотектонических блоков гляциодислокаций. Так, относительно высокое положение фундамента (от –300 до –400 м) и ложа четвертичных отложений (100—120 м) на территории Дрогичинского блока, оказали существенное влияние на образование Кремененской и Оховской гляциодислокаций. Описываемая группа неотектонических структур испытала в плейстоцене в основном умеренные поднятия. По данным повторного нивелирования [Карта..., 1973], отмечается воздымание территории со средней скоростью до 1,5 мм/год в пределах Барановичского, Минского и восточной части Дрогичинского блоков. Вороновский и Волковыский блоки опускаются со скоростью около 1 мм/год.

Неотектонические блоки регионального порядка, примыкающие к Двинско-Черниговскому суперрегиональному линеamentу и оперяющим его разломам, ориентированы субмеридионально. Более крупные из них — Брагинский, Днепровский (положительные) и

Полоцкий (отрицательный) блоки — имеют многоугольную форму в плане, и протяженность около 150 км. Другие блоковые структуры обладают прямоугольными очертаниями и их размеры составляют 40×100 км. Для положительных блоков (Днепровский, Кировский и др.) характерны водно-ледниковые равнины с небольшими по площади участками развития моренного рельефа. К западной части Брагинского блока приурочены Мозырская возвышенность, Юровичская и Хойникско-Брагинская гряды. В рельефе ложа четвертичных отложений блоки выражены платообразными поднятиями с отметками от 60—80 до 120—140 м. Наличие в пределах неотектонических структур участков с относительно небольшими мощностями четвертичных пород (около 30 м) позволяет сделать вывод о преобладании здесь положительных новейших движений. Значительными амплитудами подобных деформаций (до 80—120 м) отличаются Брагинский и Днепровский блоки. Ныне структуры этой группы поднимаются со скоростью 0,5—2 мм/год.

На площади Березинского, Лепельского и Полоцкого блоков, испытавших слабое опускание в четвертичное время, в рельефе земной поверхности доминируют озерно-аллювиальные и озерно-ледниковые равнины. Глубина залегания кристаллического фундамента здесь колеблется от –500 до –900 м. Поверхность ложа четвертичных отложений платообразная с отметками 60—120 м. Исключение составляет Лепельский блок, где описываемая поверхность имеет вогнутую корытообразную форму, осложненную в центральной части меридионально ориентированным отрезком пра-долины Березины глубиной около 40 м. Средняя мощность четвертичной толщи на территории этих блоков изменяется от 30 до 110 м, причем в переуглублениях она достигает 190 м. Неотектонические блоки данной группы характеризуются преимущественно нисходящими новейшими движениями амплитудой до 40 м. Скорости современных вертикальных перемещений здесь близки к нулю, а участки Лепельского и Полоцкого блоков охвачены опусканием со скоростью до 4 мм/год.

Новейшую блоковую дифференциацию западного региона ВЕП определили также локальные неотектонические блоки, ограниченные в основном линеаментами длиной от первых единиц до нескольких десятков километров. Подобно блоковым структурам регио-

нального порядка они различаются по ландшафтному рисунку на МДС, характером распределения линеаментного поля и кольцевых форм, значениями позднеолигоцен-четвертичных деформаций и современных вертикальных движений (прил. 15, 16).

В пределах активных неотектонических блоков регионального и локального порядков фиксируется параллельно-полосчатый рисунок аэрокосмоизображения прямо или косвенно связанный с проявлением гляцигенных геодинамических процессов [Губин, Левков, 1983]. В одном случае это обусловлено отражением в приповерхностной части платформенного чехла протяженных систем гляциодислокаций (полосчатость в пределах Дрогичинского, Волковыского и Кировского блоков), в другом — гляцигенной активизацией разломных зон более древнего заложения (Березинский блок). Покровные оледенения вызвали заметную гляцигенную переработку пород верхней толщи чехла, активизировали многие структурные элементы литосферы более древнего заложения, сформировали ледниковую формацию, которая на значительных площадях занимает большую часть геологического разреза и в общих чертах “учитывает” новейшую структуру региона.

Космогеологическими методами выявлены неотектонические зоны (Вилейско-Бобруйская, Полеская и др.), отличающиеся современной геодинамической активностью. Подобные участки литосферы обычно рассматриваются как потенциально генерирующие землетрясения интенсивностью до 5—7 баллов [Общее..., 1997]. Дешифрируемые на КС неотектонические зоны характеризуются высокими значениями коэффициентов густоты линеаментов, резкими изменениями мощности земной коры, аномально повышенными содержаниями гелия и высокими значениями скоростей современных вертикальных движений.

Фиксируемые на МДС участки линеаментного поля отличаются повышенной трещиноватостью пород платформенного чехла и имеют высокую контрастность в региональной и локальной компонентах современных перемещений блоков литосферы. Непосредственно над дешифрируемыми зонами активных региональных разломов (Речицко-Вишанский, Червонослободско-Малодушинский и др.) по результатам многократного инструментального нивелирования выявлены высокоинтенсивные локальные деформации земной

поверхности до 25—35 мм/год [Сидоров, Скарятин, 1989]. Совершенно очевидно, что амплитуды современных вертикальных движений над этими разломами на порядок выше подобных региональных перемещений для территории Беларуси в целом, где они составляют 1—3 мм/год.

Итак, в результате космогеологических построений выяснены неотектонические закономерности западного региона ВЕП. Установлены мегаблоки (суперрегиональные) литосферы, испытавшие дифференцированные движения в течение всего новейшего этапа суммарной амплитудой до 150—170 м (на отдельных участках до 200—300 м) и менее крупные (региональные и локальные) блоки, активизировавшиеся в четвертичное время. Выраженным на КС площадным геодинамическим аномалиям соответствуют деформации в приповерхностной части платформенного чехла, развитые в областях активного проявления соляной тектоники, гляцигенных процессов и унаследованных блоковых тектонических поднятий. Региональные современные вертикальные перемещения земной поверхности имеют незначительную амплитуду (около 1—3 мм/год) и согласуются с распределением неотектонических структур. Однако подобные движения локального уровня непосредственно над активными разломами характеризуются амплитудами до 25—35 мм/год. Космогеологические методы отличаются высокой информативностью при неотектоническом районировании равнинно-платформенных областей, охваченных плейстоценовыми оледенениями.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Дистанционное зондирование Земли из космоса в комплексе с геолого-геофизическими данными является перспективным направлением в прогнозировании месторождений полезных ископаемых. Важную роль играют МДС при поисках промышленных залежей месторождений каустобиолитов (нефть, бурый уголь и т. п.), металлических полезных ископаемых и других видов минерального сырья [Кац и др., 1988; Космическая..., 1983].

В пределах Беларуси большое внимание уделяется геологоразведочным работам и выявлению новых месторождений *нефти* в Припятском палеорифтовом бассейне, оценке перспектив нефтегазоносности Подляско-Брестской и Оршанской впадин, других сходных внутриплатформенных областей. Космогеологическими методами устанавливаются системы дизъюнктивных дислокаций платформенного чехла — от трещин до глубинных разломов, которые создают блоковый характер строения нефтегазоносных регионов и влияют на формирование высокопродуктивных трещинных коллекторов. Дешифрирование МДС разных уровней оптической генерализации (региональный, локальный, детальный) позволяет выяснить иерархическую совокупность разломных структур, выделить межблоковые зоны и оценить их активность на новейшем этапе геологической истории.

Системы разломов являются одним из основных элементов структуры нефтегазоносных бассейнов, обнаруживаемых по комплексу дистанционных и геолого-геофизических данных. Анализ

МДС при нефтепоисковых работах в условиях Припятского палеорифта позволяет уточнить пространственное распределение разломов разного порядка, выделить блоковые структуры в подсолевом нефтеносном комплексе девонских отложений, различающиеся по амплитуде и направлению позднеолигоцен-четвертичных движений, а также наметить зоны повышенной трещиноватости платформенного чехла, с которыми связано улучшение коллекторских свойств продуктивных горизонтов.

В Припятском палеорифтовом бассейне космогеологическими методами установлено, что известные месторождения нефти (Речицкое, Осташковичское, Вишанское и др.) приурочены к умеренно активной Северной неотектонической зоне, ограниченной Северо-Припятским и Гродненско-Мозырским суперрегиональными линеаментами (рис. 19). В структурном отношении эта зона охватывает Речицко-Шатилковскую и Червонослободско-Малодушинскую тектонические ступени, где выявлена основная промышленная нефтеносность. Суммарные амплитуды позднеолигоцен-четвертичных движений составляют здесь 60—90 м. Такой размах деформаций почти вдвое ниже по сравнению с Внутренним грабеном палеорифта, где поиски нефти пока не увенчались существенными успехами. По-видимому, умеренная активность неотектонических процессов способствует оптимальной расслоенности платформенного чехла и как следствие — концентрации нефти и газа при наличии изолирующих осадочных толщ. Интенсивные новейшие деформации нарушают герметичность чехла, что приводит к расформированию залежей углеводородов.

В пределах Северной неотектонической зоны Припятского палеорифта локальные структуры подсолевого и межсолевого нефтеносных комплексов отражаются в новейшем структурном плане и на МДС. На земной поверхности им соответствуют деформации геоморфологических уровней надпойменных террас рек Припять, Днепр и Березина. Речицко-Вишанская зона поднятий подчеркивается системой космофотоаномалий, соответствующих Речицкой, Тишковской, Осташковичской и др. локальным структурам. Сходные аномалии на КС приурочены к Червонослободско-Малодушинской зоне поднятий. По космогеологическим данным выявлены также ранее неизвестные системы продольных неотек-

тонических форм, интерпретируемые как возможные зоны нефтенакопления. Дешифрируемые в пределах локальных структур фотоаномалии, где линейменты длиной от нескольких сотен метров до первых километров имеют высокую плотность распределения по площади, являются индикаторами зон трещиноватости. Последние контролируют распределение продуктивных отложений подсолевого и межсолевого комплексов среднего и верхнего девона с повышенными коллекторскими свойствами.

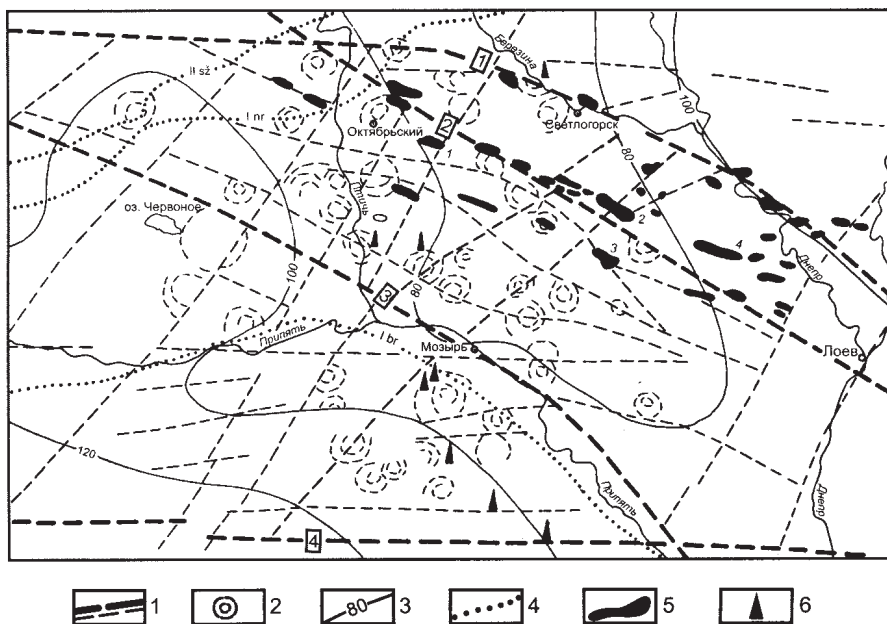


Рис. 19. Структурно-геодинамический контроль нефтеносности в Припятском палеорифтовом бассейне:

1 — суперрегиональные линейменты (цифры в квадратах: 1 — Северо-Припятский, 2 — Ошмянско-Речицкий, 3 — Гродненско-Мозырский, 4 — Южно-Припятский); 2 — региональные и локальные линейменты; 3 — кольцевые структуры, отражающие локальные поднятия платформенного чехла; 4 — изогипы суммарных амплитуд неотектонических деформаций (в м); 5 — границы предельного распространения плейстоценовых ледников (Игг-наревского, Ивг-березинского, Пsz-сожского); 6 — месторождения нефти (1 — Вишанское, 2 — Осташковичское, 3 — Золотухинское, 4 — Речицкое); 7 — притоки нефти в единичных скважинах

Перспективы нефтегазоносности Подляско-Брестской и Оршанской впадин из-за слабой геологической изученности этих территорий слишком проблематичны. Большая часть разреза впадин представлена породами, которые являются коллекторами, благоприятными для сохранения залежей нефти и газа. Однако в этих регионах пока не установлены структурные ловушки типа брахиантиклиналей, с которыми связано подавляющее большинство залежей в других внутриплатформенных областях. Для проведения в Подляско-Брестской и Оршанской впадинах нефтепоисковых работ целесообразно выполнить комплекс региональных космогеологических исследований, используя накопленный опыт их применения при прогнозировании и поисках залежей нефти и газа в Припятском палеорифтовом бассейне.

При оценке перспектив нефтегазоносности платформенных областей следует учитывать особенности проявлений динамики плейстоценовых ледниковых покровов. В. И. Астаховым [1986], Е. Н. Былинским [1990] и другими учеными высказано мнение о том, что региональные оледенения и связанные с ними зоны гидратообразования существенно воздействовали на ход процессов миграции и аккумуляции углеводородов. Ледниковые нагрузки приводили к отжатию флюидов из глинистых и других пород и перемещению пластовых вод, нефти и газов в проницаемых толщах в направлении движения ледников. На территории Припятского палеорифта гляцигенные процессы возможно оказали заметное влияние на формирование известных нефтегазовых залежей по периферии наревского, березинского и сожского ледниковых покровов в пределах Северной неотектонической зоны (рис. 19).

В Центральноевропейском нефтегазоносном бассейне большинство выявленных к настоящему времени крупнейших месторождений нефти (в области Северного моря — Статфьорд, Brent, Найниан и др.) расположены в пределах осевой зоны валообразного гляциоизостатического поднятия, существовавшего 18—12,5 тыс. лет назад. Менее крупные нефтяные залежи концентрируются в подобных зонах вдоль рек Нейсе, Одра и Варта, а также в Люблинско-Львовской области.

Приуроченность залежей нефти и газа к периферии плейстоценовых оледенений и осевым гляциоизостатическим зонам свиде-

тельствуют о перспективной нефтегазоносности этих территорий. Методами дистанционного зондирования достаточно уверенно устанавливается пространственно-временная структура древнеледниковых покровов [Губин, 2000₁], что позволяет использовать гляциодинамические критерии при нефтегазопоисковых работах.

Практическое значение имеют космогеологические исследования при прогнозе залежей *бурых углей*. Подобный анализ выполнен по МДС на территории юго-запада Беларуси, охватывающей в тектоническом отношении западную часть Припятского прогиба, Полесскую седловину и юго-восток Подляско-Брестской впадины (рис. 20). Буроугольные формации (мощность до 80 м) в этом регионе датируются верхним олигоценом, средним миоценом и приурочены к депрессионным зонам палеозойских, среднеюрских и неогеновых отложений. Формирование таких зон связано с активизацией локальных структур платформенного чехла, проявлениями соляного тектогенеза и карстовыми процессами, обусловившими характер предугленосной поверхности. Заметное влияние на палеогеографические условия образования и сохранения залежей бурого угля оказал новейший структурный план территории, отразившийся в современном рельефе в виде систем линеаментов и кольцевых форм тектоногенной природы. Поэтому для выяснения закономерностей формирования буроугольных формаций перспективно структурное дешифрирование МДС.

Региональными космогеологическими исследованиями установлены неотектонические структуры, представляющие интерес для целенаправленного поиска угольных залежей. На западном склоне Полесской седловины оконтуривается узел пересечения Балтийско-Украинского суперрегионального линеамента субмеридианального простираения с Березовской кольцевой структурой высокого порядка (рис. 20). В рельефе кровли донеогеновой поверхности этой территории соответствуют замкнутые понижения глубиной в несколько десятков метров, связанные с развитием карстовых воронок, а также фрагмент речной палеодолины. Рассматриваемый структурный узел приурочен к площади распространения верхнеолигоцен-миоценовых отложений, где в местах сочленения линеаментов отмечаются углепроявления.

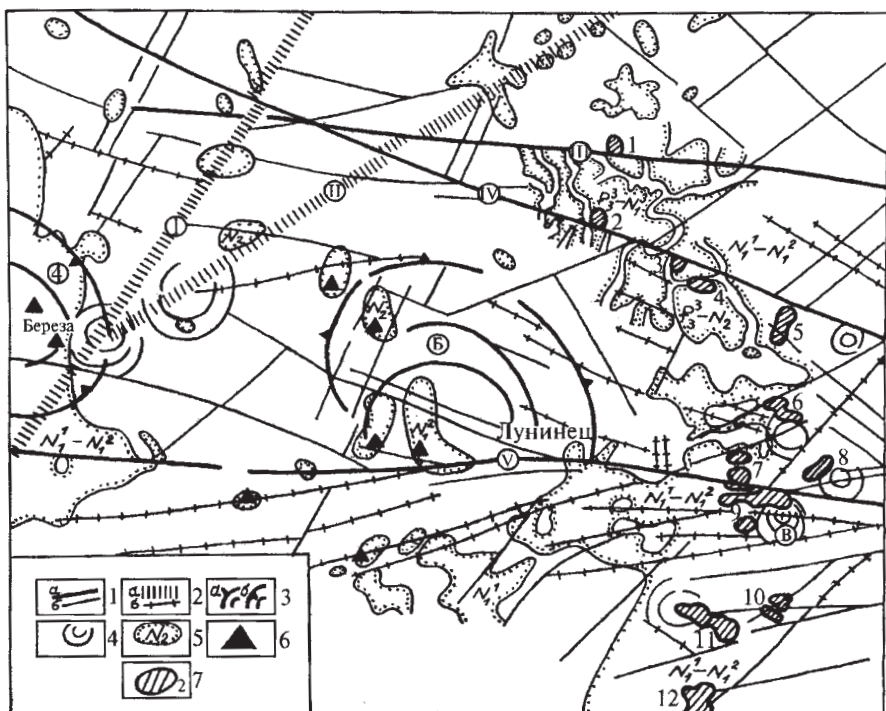


Рис. 20. Структурные и стратиграфические критерии залежей бурых углей в юго-западной части Беларуси:

1,2 — линеаменты, отражающие разломы: 1 — платформенные (а — региональные, б — локальные), 2 — доплатформенные (а — суперрегиональные, б — локальные); 3,4 — кольцевые структуры, обусловленные: 3 — выступами (а) и впадинами (б) поверхности кристаллического фундамента, 4 — пликативными деформациями платформенного чехла; 5 — современные границы распространения верхнеолигоцен-миоценовых отложений; 6 — углепроявления в отдельных скважинах; 7 — угольные залежи: 1 — Евличская, 2 — Краснослободская, 3 — Крушниковская, 4 — Краснобережская, 5 — Кузьмичевская, 6 — Дубровская, 9 — Погост-Хвоенская, 10 — Симоновичская, 11 — Тонезская, 12 — Глушковичская; месторождения бурых углей: 7 — Житковичское, 8 — Бриневское; суперрегиональные линеаменты: I — Балтийско-Украинский, II — Брестско-Велижский; региональные линеаменты: III — Свислочно-Паричский, IV — Старобинский, V — Припятский; кольцевые структуры: А — Лунинецкая, Б — Березовская, В — Пасековская

В зоне широтного Припятского регионального линеамента системы эшелонированных локальных разрывных нарушений контролируют Житковичскую, Бриневскую и Погост-Хвоенскую угольные залежи, в пределах которых расположены Пасековская и другие мелкие структуры центрального типа. В узле пересечения Припятского разлома с Лунинецкой кольцевой структурой по данным бурения установлена серия изометричных в плане понижений донеогенового рельефа амплитудой 20—40 м. В рассматриваемой зоне неотектонические движения носили положительный характер, что привело к отложению маломощных осадков верхнего олигоцена и миоцена с редкими углепроявлениями.

В связи с прогнозом угленосности поисковое значение приобретает зона, контролируемая Свислочско-Паричским и Старобинским региональными разломами, фиксируемыми на МДС, в гравиметрических полях и приуроченная к системе известных локальных тектонических нарушений. С разломами согласуется распределение погребенных речных долин и древнего карста. Широкое развитие здесь локальных кольцевых структур, по-видимому, связано с активизацией пликативных дислокаций платформенного чехла. На востоке исследуемой территории в пределах распространения фаменской калиеносно-галитовой толщи верхнего девона устанавливается довольно чёткая связь углепроявлений с присклоновыми частями поднятий по кровле верхнефаменских соленосных отложений.

Региональный анализ особенностей новейшей тектоники на основе космической информации и геолого-геофизических материалов позволил наметить в юго-западной части Беларуси перспективные площади на выявление буроугольных залежей, в пределах которых могут быть проведены детальные исследования с использованием АФС и морфометрических построений.

В качестве примера приведем район Погост-Хвоенской угольной залежи. В пределах выделенной здесь кольцевой структуры обращает на себя внимание секущей по её своду локальный разлом, слабо проявившийся в платформенном чехле, но оказавший заметное влияние на образование и сохранение буроугольной залежи. Скважинами на своде и крыльях рассматриваемой структуры вскрыта деформированная поверхность неоген-палеогеновых отло-

жений, обусловленная неотектоническим фактором. В позднеолигоцен-неогеновое время развитие кольцевой структуры контролировалось в основном нисходящими движениями, о чем свидетельствует бурогольная залежь, образовавшаяся в её периферийной части.

Космогеологические методы позволяют выявить структурные критерии, контролирующие месторождения *металлических полезных ископаемых*. В прогнозно-металлогенических целях обращается внимание на линейные и кольцевые структуры, площадные (складчато-блоковые) объекты, структурно-формационные комплексы, зоны трещиноватых гидротермально измененных горных пород. Металлогеническое значение имеет космическая информация в комплексе с материалами геолого-геофизических съемок при выделении также разнопорядковых зон сжатия, растяжения и сдвига с позиций теории мобилизма. Для прогнозно-металлогенического анализа важно дистанционное изучение зон сквозных систем тектонических дислокаций, выражающихся на МДС в виде линеаментов различных иерархических уровней. Сквозные структуры оживлялись в периоды тектономагматической активации, являясь обычно секущими фанерозойские тектонические сооружения.

В ходе космогеологических построений устанавливаются связи между линеаментной тектоникой и металлогенией. Линеаментные индикаторы локализации рудных месторождений широко анализируются в прогнозно-металлогенических исследованиях главным образом в складчатых областях. Имеется определенный опыт использования МДС при изучении рудопроявлений в пределах равнинно-платформенных регионов.

В настоящее время сформулированы научные положения о том, что при металлогенических построениях важно учитывать прогнозное значение линеаментов разных рангов и всех направлений. При этом особое внимание уделяется анализу линейных структур глобального и суперрегионального порядка “сквозного типа”. Они представляют собой зоны повышенной проницаемости литосферы и играют существенную роль в рудообразовании. Установлено, что значительная часть сквозных структур определяет в пределах рудных провинций размещение наиболее крупных месторождений, что позволяет рассматривать эти структуры в качестве рудообразующих.

На территории запада ВЕП в металлогеническом аспекте важно изучение суперрегиональных и региональных линейных структур. Среди данной группы протяженных систем дизъюнктивных дислокаций и трещин консолидированного фундамента рассмотрим Балтийско-Украинский суперлинеамент, обнаруживающий связь с рудоконтролирующей зоной глубинного заложения. Формирование линеамента происходило на доплатформенном этапе, однако проявление в его зоне геодинамических процессов отмечалось в более позднее время геологической истории. Об этом свидетельствует тот факт, что Балтийско-Украинский линеамент пересекает гетерогенные и разновозрастные структуры западного региона ВЕП. При этом металлогеническое значение имеют узлы пересечения суперлинеамента с системами секущих линейных структур.

Выяснение металлогенической роли Балтийско-Украинского линеамента осуществлялось в пределах Центрально-Белорусского массива — наиболее приподнятой сводовой части Белорусской антеклизы, где рудные месторождения и метаморфические комплексы кристаллического фундамента перекрыты разновозрастными осадочными образованиями мощностью около 100—300 м. В этом районе выявлены тесные взаимосвязи между поверхностью фундамента и характером современного рельефа при положительных значениях коэффициентов корреляции 0,6—0,7, а также с помощью КС зафиксированы многие структурные элементы погребенного фундамента (рис. 21).

На исследуемой территории Балтийско-Украинскому линеamentу соответствует глубоко погруженная суперрегиональная тектоническая зона. Ее длительный характер развития подтверждается наложенными гидротермальными образованиями и результатами изотопного датирования цирконов. Полученные данные позволяют сделать вывод об активности фрагментов этой зоны в верхнем протерозое и частично мезозое (0,9—1,55 и 0,1—0,2 млрд лет назад).

Рассматриваемая тектоническая зона имеет складчато-блоковое строение и сложена в основном двумя комплексами пород: гранулитовым и сланцево-амфиболито-плагиогнейсовым. Первый в значительной степени переработан раннепротерозойской гранитизацией и развит в пределах Белорусско-Прибалтийского гранулитового пояса. Образования второго комплекса выполняют Околовскую

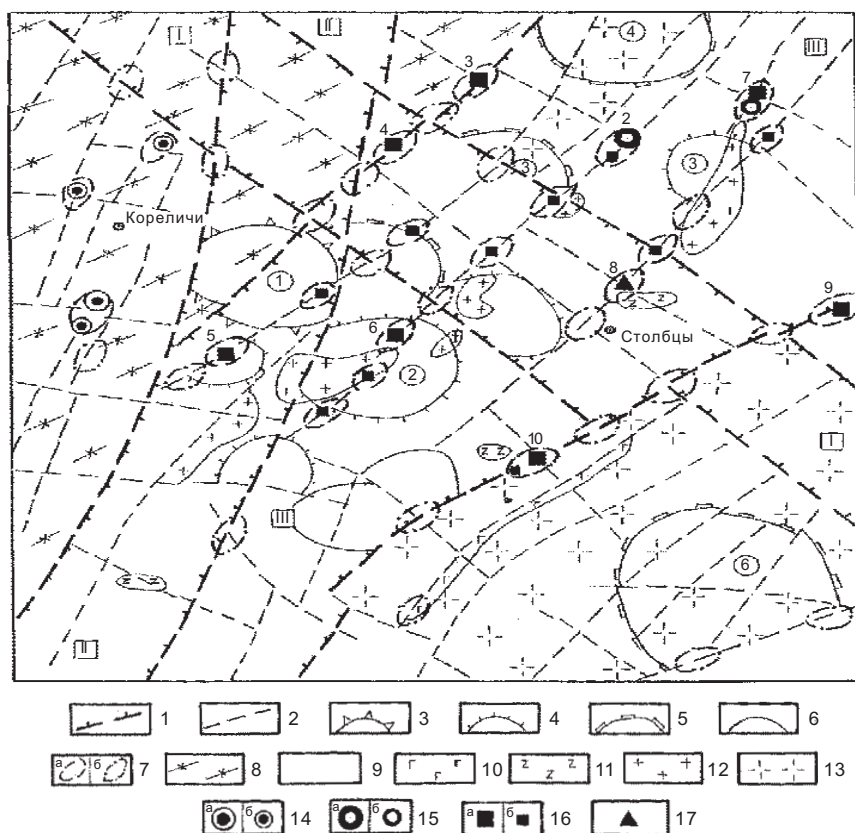


Рис. 21. Положение рудоконцентрирующих зон линейментов и кольцевых структур в сводовой части Белорусской антеклизы:

1, 2—линейменты: 1 — суперрегиональные и региональные (цифры в квадратах): I — Налибокский, II — Балтийско-Украинский, III — Рудмянско-Околовский, 2 — локальные; 3—6 — кольцевые структуры: 3 — тектоногенные, 4 — магматогенные, 5 — метаморфогенные, 6 — проблематичного генезиса; главные кольцевые структуры (цифры в кругах): 1 — Ушанская, 2 — Мирская, 3 — Старинская, 4 — Тоновская, 5 — Боровиковская, 6 — Велешинская; 7 — узловые структуры, установленные: а — по комплексу геолого-геофизических данных и при дешифрировании МДС, б — только при дешифрировании МДС; 8—13 — комплексы пород кристаллического фундамента: 8 — гранулитовый, 9 — сланцево-амфиболито-плагинейсовый, 10 — дайково-габбро-диабазовый, 11 — троктолито-габбро-норитовый русиновский, 12 — гранитный жуховичский, 13 — мигматит-гранитный бобовнянский; 14, 15 месторождения (а) и рудопроявления (б): 14 — ильменит-магнетитовых руд, 15 — железистых кварцитов; 16 — рудопроявления (а) и точки минерализации колчеданных формаций (б); 17 — проявление медно-никелевых руд

протогеосинклинали. Метаморфические комплексы прорываются небольшими интрузиями габброидов кореличского, русиновского и гранитами жуховичского комплексов. Кроме этого, в протопротоме широко развиты мигматит-граниты бобовнянского комплекса, образующие крупные линейные и куполовидные тела.

В пределах суперрегиональной тектонической зоны сосредоточены Околовское и Новоселковское месторождения магнетитовых руд, Рудьянское, Мирское, Рубежевическое, Пуховщинское, Раевщинское и др. (в основном колчеданные) рудопоявления. На данной площади выявлено наибольшее количество точек минерализации и геохимических аномалий цветных, редких и благородных металлов.

В результате космогеологических и геолого-геофизических исследований Центрально-Белорусского массива установлено, что все известные рудные месторождения и проявления приурочены к пересечению трёх протяженных линейных структур. Основную рудоконтролирующую роль играют Балтийско-Украинский и Рудьянско-Околовский линеаменты. Они представляют собой глубинные разломы, определяющие рифтогенное строение Околовской протогеосинклинали. Налибокский региональный линеамент, по отношению к первым двум, имеет секущее северо-западное простирание и представляет прогнозно-поисковый интерес на участках пересечения разломами северо-восточного направления (рис. 21).

Важным индикатором, фиксирующим на МДС пространственное положение рудопоявлений, является их приуроченность к “кентрогенным структурам” — узлам пересечения глубинных разломов с нарушениями северо-западного простирания. Прогнозно-металлогеническое значение подобных структурных форм известно для других территорий ВЕП. В пределах Центрально-Белорусского массива выделяются три генетических типа кентрогенных структур: магматогенные, метаморфогенные и метаморфогенно-гидротермальные. Первые обусловлены внедрением малых интрузий, вторые — наполнением тектонически ослабленных узлов продуктами ультраметаморфизма, а третьи — преимущественно гидротермально-метасоматическими образованиями. Формирование первых двух типов кентрогенов происходило при активном внедрении значитель-

ных объёмов расплавов, обусловивших кристаллизацию плотных интрузивных или метаморфогенных тел и опосредованное развитие положительных форм рельефа в кристаллическом фундаменте. Кентрогены третьего типа образовывались за счёт поступления в тектонически ослабленные зоны гидротермальных растворов, приводящих к выщелачиванию, разуплотнению пород и их проседанию с развитием отрицательных форм на поверхности кристаллического фундамента.

Выделенные на территории исследований кентрогенные структуры в основном контролируются пересечениями долгоживущих разломов и имеют полигенный характер. Примером кентрогена гидротермально-магматогенного типа может служить участок “Столбцы”, в пределах которого небольшая интрузия габбро изменена гидротермальными процессами и контролирует проявление медно-никелевых руд. На участке “Рудьма” аналогичная структура имеет метаморфогенно-гидротермальную природу. Она сложена высокометаморфизованными образованиями с магнетитовым оруденением и наложенными на них зонами выщелачивания с колчеданной минерализацией.

Кентрогенные структуры контролируются не только пересечениями долгоживущих разломов. Часто они приурочены к внешним зонам кольцевых структур различного порядка. Их геологическая интерпретация свидетельствует о том, что они в основном фиксируют на МДС массивы гранитоидов, к экзоконтактам которых приурочены колчеданные проявления. Исходя из природы гранитоидов, кольцевые структуры по генетическим типам могут быть разделены на магматогенные и метаморфогенные. Примером первых может служить Жуховичская и Рубежовичская, а вторых—Бобовнянская и другие кольцевые структуры.

Комплексирование космогеологических и геолого-геофизических методов в прогнозно-металлогенических целях позволяет сделать вывод о том, что Балтийско-Украинский линеймент представляет собой зону глубинных дислокаций сквозного типа. В ряде случаев суперлинеймент дешифрируется на КС фрагментарно, что можно объяснить его зарождением на значительных (корово-мантийных) глубинах на доплатформенном этапе и слабой новейшей активацией. Известные месторождения (Околовское, Новоселковское)

и рудопроявления в пределах Центрально-Белорусского массива тяготеют к узлам пересечения Балтийско-Украинского линеамента с линейными структурами регионального и локального порядка северо-восточного и северо-западного направлений.

Дистанционными исследованиями устанавливаются геологические критерии размещения *мергельно-меловых* залежей. На территории Беларуси данный вид минерального сырья приурочен к местам неглубокого залегания коренных верхнемеловых отложений, а также связан с вторичными выходами мергельно-меловых пород в виде отторженцев (гляциодислокаций) среди четвертичных образований [Левков, 1980; Полезные..., 2002].

Залежи первого типа известны в юго-восточной части Оршанской впадины (месторождение цементного сырья “Коммунарское”), где мергельно-меловые породы перекрыты песчано-глинистыми отложениями палеоген-неогенового и четвертичного возраста мощностью от 2,5 до 25 м. Здесь широко развиты карстовые формы современного рельефа диаметром 10—50 м и глубиной до 3,5 м.

На основе дешифрирования МДС и данных бурения выявлена связь между карстом земной поверхности и погребенными карстовыми формами. Последние необходимо учитывать при подсчете запасов полезного ископаемого и оценке горнотехнических условий его добычи. Фиксируемые на МДС скопления западин тяготеют к площадям неглубокого залегания карстующихся толщ. Причем, глубина карстовых форм в приповерхностном слое мергельно-меловых пород обычно не превышает нескольких метров и в целом соответствует глубине механических воронок в современном рельефе. Количество воронок на единицу площади можно использовать в качестве показателя глубины залегания поверхности карстующихся пород: глубина меньше там, где плотность западин увеличена. Наиболее отчетливо эта закономерность проявляется на участках со значительным расчленением поверхности мергельно-меловых отложений.

Поисковые критерии мергельно-меловых залежей отличаются на площадях, подвергшихся значительному гляцигенному воздействию. По данным Э. А. Левкова [1980], такие месторождения в западной и центральной частях Беларуси имеют длину до 1—3,5 км, ширину от нескольких десятков до 200—400 м и мощность до

40—60 м. Вскрышные породы представляют собой разнообразные четвертичные или находящиеся во вторичном залегании палеоген-неогеновые отложения мощностью от первых дециметров до 15—25 м. Для обнаружения подобных мергельно-меловых залежей следует учитывать особенности локализации гляциодислокаций на участках положительных структурных форм кристаллического фундамента и платформенного чехла, в приразломных зонах. Среди поисковых критериев можно выделить фрагменты ледниковых ложбин, скибовые формы и отторженцы, достаточно отчетливо проявляющиеся в рельефе и на МДС. Ведущее поисковое значение имеют складчато-чешуйчатые дислокации с крупными запасами мергельно-меловых пород. Подобные залежи выявлены у гг. Волковиск, Порозово, Мир, Береза и в других местах Республики Беларусь.

Космогеологическими исследованиями устанавливаются в современном рельефе Припятского прогиба проявления структурных форм девонских соленосных формаций, к которым приурочены залежи каменных и калийных солей. В пределах Старобинского месторождения калийных солей на основе дешифрирования МДС (радиолокационных, многозональных) выявлены неотектонические блоки, разрывные и складчатые дислокации верхней толщи платформенного чехла, сопоставляемые со структурными формами верхнефаменских соленосных отложений [Тяшкевич, 1985]. В данном случае поисковый интерес представляют новейшие структуры, обнаруживающие связь с синклиналями и мульдами, интенсивно развивавшимися одновременно с накоплением калиеносной субформации.

Перспективными в отношении поисков подземных минеральных вод являются участки значительной трещиноватости кристаллического фундамента Белорусской антеклизы, дешифрируемые на МДС в виде фотоаномалий эшелонированных систем линеаментов. Признаками артезианских пресных вод нередко служат погребенные ложбины ледникового выпаживания и, входящие в их состав, замкнутые переуглубления. Водоносные горизонты здесь обычно перекрыты и подстилаются водоупорными моренными пластами. Ледниковые ложбины, заполненные разновозрастными четвертичными отложениями, имеют поисковое значение при прогнозе песков, песчано-гравийного материала, глин и иного строительного сырья.

Таким образом, комплексный анализ результатов дешифрирования МДС и геолого-геофизических данных позволяет выявить новые геологические критерии размещения залежей нефти, бурых углей, железных и полиметаллических руд, мергельно-меловых пород и других полезных ископаемых. Дальнейшее совершенствование космогеологических методов при прогнозировании минерально-сырьевых ресурсов Республики Беларусь связано с внедрением новых материалов дистанционного зондирования с высоким пространственным разрешением, полученных как в оптическом диапазоне, так и в невидимой области электромагнитного спектра: инфракрасной (ИК), радиоволновой (РЛ) и др. Установленные на спутниковых системах ИК-радиометры и газоанализаторы способствуют прямому выявлению углеводородов путем обнаружения аномалий теплового потока над продуктивными структурами и в зонах активных разломов, служащих путями миграции флюидов из залежи. В связи с прогнозированием каустобиолитов и других видов минерального сырья информативен структурный анализ перспективных территорий на основе дешифрирования многозональных оптико-электронных, ИК- и РЛ-изображений земной поверхности.

Великое достижение научного метода состоит в том, что на поверку, казалось бы, заурядное, просто любопытное явление может стать ключом к пониманию тайн природы.

Д. Томсон [1970, с.8]

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Перспективы космической геологии

Третье тысячелетие открыло новый этап в развитии высокоинформативных технологий и методов дистанционного зондирования Земли. Дальнейшее совершенствование региональных геологических исследований (РГИ) на основе современных аэрокосмических съемок и геоинформационных систем позволит выявить новые закономерности в строении литосферы, обеспечит моделирование (3D, 4D) геодинамических обстановок, повысит надежность прогноза на различные полезные ископаемые, будет способствовать выяснению эколого-геологических особенностей территории и организации литомониторинга. Сегодня крайне актуальна подготовка специалистов высшей квалификации в области космической геологии.

Прогрессивным методом РГИ является *космогеологическое картографирование* — создание геологических моделей на базе космической информации и данных о строении литосферы, полученных традиционными (геолого-геофизическими, геохимическими и др.) методами. Этот специализированный вид РГИ должен проводиться в масштабах 1 : 500 000 — 1 : 200 000, а в отдельных случаях 1:100 000. В результате подобного картографирования достигается возможность составить качественно новые геологические модели: космоктонические, космогеодинамические, космомирагенические и др. Они могут служить региональной основой для тектонических, геодинамических, инженерно-геологических,

геоморфологических, эколого-геологических и иных построений, ведения геологосъемочных работ, а также существенно дополнить геологогеофизические критерии прогнозирования месторождений полезных ископаемых.

Космогеологическое картографирование играет исключительную роль в изучении строения литосферы совместно с материалами глубинного сейсмического зондирования. Постановка таких исследований целесообразна в северной части Беларуси в пределах крупного тектонического элемента субширотного простирания — Полоцко-Курземского пояса разломов. По мнению ведущих белорусских геофизиков и тектонистов, рассматриваемая зона корово-мантийных дизъюнктивов представляет собой структуру растяжения, сформировавшуюся одновременно со всей системой рифейских структур Восточно-Европейского кратона [Гарецкий, Каратаев, 2006; Полоцко-Курземский..., 2002]. При этом поисковый интерес представляют участки, примыкающие к глубинным разломам и узлам их пересечения — очагам потенциальной рудоносности (железные и полиметаллические руды) и зонам возможного накопления углеводородов. Итогом комплексного анализа дистанционных и геолого-геофизических данных явится создание космогеологических моделей Полоцко-Курземского пояса разломов в масштабах 1 : 200 000 — 1 : 100 000.

Космогеологические карты среднего масштаба могут быть использованы при поисках коренных месторождений алмазов в трубках взрыва, выполненных кимберлитами и лампроитами. По данным В. С. Конищева [2006], на территории Беларуси наибольший интерес в алмазоносном отношении представляет центральная часть Витебской кольцевой мегаструктуры. В этом регионе первоочередными для постановки поисковых работ являются мелкие изометричные космообъекты, осложненные системами локальных линейментов сдвигового характера.

Важную роль в современных РГИ будет играть прогнозирование месторождений полезных ископаемых на основе комплексирования дистанционных, геолого-геофизических и геохимических методов с использованием современных компьютерных технологий. При этом возможно создание новых геотектонических моделей, являющихся базовыми для выделения потенциально рудоносных или

нефтегазоносных районов и зон, выделение перспективных участков для поисков. В подобных прогнозно-минерагенических исследованиях особое место будет занимать наземная проверка космогеологических объектов геолого-геофизическими методами, предусматривающая выяснение природы дешифрируемых на МДС структурных форм, установление их связи с возможными рудопроявлениями и потенциальными нефтегазоносными структурами.

Перспективы дистанционного зондирования в геологии тесно связаны с организацией *космического литомониторинга*. Подобные исследования предусматривают оперативный анализ и картографирование состояния геологической среды (ГС), особенно территорий с негативной экологической ситуацией (районы разработки Старобинского месторождения калийных солей, добычи нефти в Припятском прогибе и др.), прогнозирование изменений ГС и обеспечение природоохранных мероприятий в городских агломерациях (Минск, Витебск и др.), в районах размещения крупных инженерных сооружений, изучение динамики и разработка прогнозов развития нежелательных (опасных) экзогенных геологических процессов. Литомониторинг предполагает создание системы регламентированных периодических дистанционных и наземно-контактных (в том числе режимных) наблюдений за состоянием ГС и ее пространственно-временными изменениями [Ковалев и др., 1998; Мониторинг..., 1996].

Космический литомониторинг должен осуществляться на региональном, локальном и детальном уровнях в пределах полигонов трех категорий. Наиболее крупными по площади являются полигоны первой категории (региональный уровень), представляющие собой территории с определенным видом техногенного воздействия на ГС, например, освоение Старобинского месторождения калийных солей шахтным способом. Частота космосъемки этих полигонов составляет 1—2 раза в год. Картографической основой для ведения подобного мониторинга являются материалы гидрогеологических, инженерно-геологических и ландшафтных съемок масштаба 1 : 200 000 — 1 : 100 000. В пределах регионального полигона обособляются полигоны локального уровня, где оценка состояния ГС выполняется с применением МДС масштаба 1 : 100 000 и крупнее. Частота наблюдений составляет здесь 3—4 раза в год.

Наиболее точные и полные количественные данные о состоянии и динамике ГС могут быть получены на полигонах третьей категории (детальный уровень). Они выбираются в пределах локальных полигонов и оборудуются для инструментальных исследований специальными измерительными приборами. Частота наблюдений здесь не реже чем ежемесячно, вплоть до непрерывной регистрации происходящих изменений ГС. На полигонах третьей категории должны проводиться повторная крупномасштабная и перспективная аэрофотосъемки, фототеодолитная съемка, космогеодезические измерения на основе GPS, специализированное наземное обследование участков в масштабе 1 : 5 000 — 1 : 2 000 и крупнее. Организация литомониторинга на детальном уровне изучения ГС целесообразна в пределах освоения промышленных залежей доломитов (Руба), месторождений строительного и облицовочного камня (Микашевичи, Глушкевичи), других видов полезных ископаемых (пески, песчано-гравийные породы, глины), разрабатываемых карьерным способом.

Университетское образование в сфере космической геологии тесно связано с обеспечением геологической отрасли квалифицированными кадрами. Важную роль в удовлетворении потребности в инженерах-геологах играет географический факультет Белорусского государственного университета. Студенты кафедры динамической геологии обучаются по специализациям “геологическая съемка, поиски и разведка полезных ископаемых”, “тектоника и физика Земли”. Необходимые сведения из области космической геологии рассматриваются в учебных дисциплинах: “Геологическая съемка и картографирование”, “Дистанционные методы в геологии”, “ГИС-технологии в геологии”, “Экологическая геология” и др. Студентами выполняются контролируемые самостоятельные работы по геологическому дешифрированию МДС. По данным аэрокосмического зондирования изучаются литолого-стратиграфические комплексы горных пород, структурные формы литосферы, составляются схемы геологического дешифрирования с элементами прогноза полезных ископаемых, выявляются эколого-геологические ситуации в условиях техногенеза. Большое внимание уделяется получению студентами космогеологических знаний в период про-

хождения учебных полевых и производственных практик в экспедициях РУП “Белгеология”, БелНИГРИ, Институте геохимии и геофизики НАН Беларуси, Республиканском научно-техническом центре дистанционной диагностики природной среды “Экомир”. В 2007 году кафедрой динамической геологии БГУ разработан новый государственный образовательный стандарт подготовки инженеров-геологов, в котором предусмотрена учебная дисциплина — “Основы космической геологии”.

Космическая геология открывает широкие возможности в познании литосферного пространства и геодинамических процессов, прогностировании месторождений полезных ископаемых (нефть, калийная и каменная соли, железные и полиметаллические руды, подземные воды, минеральное строительное сырье и др.), организации и проведении мониторинга геологической среды. Космогеология будет играть все большую роль в университетском образовании при подготовке высококвалифицированных специалистов для геологической отрасли и других природно-ресурсных направлений.

ЛИТЕРАТУРА

Айзберг Р.Е. Геодинамическая эволюция Припятского палеорифта // Докл. АН БССР. 1986. Т.30. №5. С. 460—463.

Айзберг Р.Е., Гарецкий Р.Г., Синичка А.М. Сарматско-Туранский линеамент земной коры // Проблемы теоретической и региональной тектоники. М., 1971. С. 41-51.

Аксаментова Н. В., Данкевич И. В. Внутреннее строение кристаллического фундамента // Геология и нефтегазоносность запада Восточно-Европейской платформы. Мн., 1997. С. 28—40.

Аллисон А., Палмер Д. Геология. М.: Мир, 1984. 568 с.

Амурский Г. И., Соловьев Н. Н. Кольцевые фотоаномалии — предвестники антиклинальных структур // Сов. Геология. 1982. № 9. С. 36—43.

Астахов В. И. Гляциотектоника Западной Сибири в связи с проблемами нефтяной геологии // Геоморфология. 1986. № 3. С. 56—63.

Башилов В.И. Некоторые вопросы использования снимков из космоса для изучения геологического строения закрытых территорий // Проблемы геологии Европейского севера. М., 1984. С. 55—66.

Бобринев В. И., Данкевич И. В. Системы разломных структур Старобинского месторождения калийных солей по геолого-геофизическим данным // Геофиз. журн. 1988. Т. 10. С. 78—86.

Будько В. М. Геологическое дешифрирование космических снимков Антарктиды // Исслед. Земли из космоса. 1983. № 6. С. 52—59.

Буш В.А. Проблема кольцевых структур Земли / Итоги науки и техники ВИНТИ. Сер. Общ. геология. Т. 22. М., 1986. 116 с.

Буш В. А., Яхимович Н. Н., Терехов В. И. О возможном происхождении кольцевых структур закрытых районов (на примере Оренбургской области и прилегающих территорий) // Исслед. Земли из космоса. 1983. № 2. С. 5—13.

Былинский Е. Н. Валообразные гляциоизостатические поднятия литосферы и их возможное воздействие на расположение залежей нефти и газа на севере Европы // Геоморфология. 1990. № 4. С. 3—13.

Быстревская С. С. Основные структурные элементы докембрия и некоторые аспекты металлогении Среднего Приднепровья (по аэрокосмическим и геолого-геофизическим материалам). Киев: Наукова думка, 1988. 53 с.

Веремьев П. С. Геологическая природа космографических линейных элементов (по материалам Украинского щита) // Геол. журн. 1986. Т. 46. № 5. С. 3—17.

Веретенников Н. В., Илькевич Г. И. Логойский метеоритный кратер // Основы геологии Беларуси. Мн., 2004. С. 305—309.

Веретенников Н. В., Илькевич Г. И., Махнач А. С. Логойская погребенная котловина — древний метеоритный кратер // Докл. АН БССР. 1979. Т. 23. № 2. С. 156—159.

Вернадский В. И. Размышления натуралиста. Ч. 1. Пространство и время в неживой и живой природе. М.: Наука, 1975. 173 с.

Вольская Л. С., Корзун В. П., Ажгиревич Л. Ф. Палеовулканы девона северо-востока Припятского прогиба (с использованием материалов аэрофотосъемки) // Аэрокосмические съемки при изучении глубинного строения регионов СССР. Л., 1990. С. 102—110.

Гарбар Д. И. Две концепции ротационного происхождения регматической сети // Геотектоника. 1987. № 1. С. 107—108.

Гарецкий Р. Г. Модель строения литосферы по Центрально-Белорусскому геотрансекту // Докл. НАН Беларуси. 1999. Т. 43. № 1. С. 88—91.

Гарецкий Р. Г. Академик Яншин — дорогой мой учитель и друг. М.: Наука, 2005. 192 с.

Гарецкий Р. Г., Карасев О. И. Кольцевые структуры земной коры Белоруссии и Прибалтики // Докл. АН БССР. 1980. Т. 24. № 8. С. 722—725.

Гарецкий Р. Г., Каратаев Г. И. Комплексное изучение литосферы Беларуси аэрокосмическими и геофизическими методами // Дистанционное зондирование природной среды: теория, практика, образование. Матер. III Междунар. научн.-практ. конф., Мн., 2006. С. 10—13.

Гарецкий Р. Г., Коженев В. Я. Балтийско-Украинская полоса поднятий — главная меридиональная тектоническая ось Восточно-Европейской платформы // Тектонические исследования в Белоруссии. Мн., 1983. С. 50—58.

Геология Беларуси / А. С. Махнач, Р. Г. Гарецкий, А. В. Матвеев и др. Мн.: Ин-т геол. наук НАН Беларуси, 2001. 815 с.

Геология Маневичской кольцевой структуры / С. И. Кириклица, Л. Т. Шевырев, О. Н. Тарасюк и др. Киев: Наукова думка, 1985. 104 с.

Голыздра Г. Я. Геологическое проявление напряжений в земной коре Доно-Днепровского прогиба по результатам дешифрирования космических снимков // Докл. АН УССР. Сер. Б., 1978. № 7. С. 7—10.

Горелик З. А., Синичка А. М. Разрывные нарушения Припятского грабена и их роль в распространении полезных ископаемых. Мн.: Наука и техника, 1986. 179 с.

Горецкий Г. И. Особенности палеопотамологии ледниковых областей (на примере Белорусского Понеманья). Мн.: Наука и техника, 1980. 288 с.

Гридин В. И. Некоторые вопросы теоретического обоснования аэрогеологического и морфометрического методов // Стратиграфия, литология и полезные ископаемые БССР. Мн., 1966. С. 221—233.

Гридин В. И. Днепровско-Припятская газонефтеносная провинция // Космическая информация в геологии. М., 1983. С. 428—438.

Губин В. Н. Анализ информативности материалов дистанционных съемок для геоиндикации в области древнематерикового оледенения // Современные рельефообразующие процессы. Мн., 1986. С. 73—83.

Губин В. Н. Геодинамика новейшего этапа развития земной коры территории Беларуси по космогеологическим данным // Палеогеодинамика нефтегазоносных бассейнов Восточно-Европейской платформы. Мн., 1994. С. 88—99.

Губин В. Н. Отражение гляциоструктуры плейстоцена в рельефе Беларуси // Изв. Рус. геогр. об-ва. 2000₁. Т. 132. Вып. 2. С. 40—48.

Губин В. Н. Ротационно-планетарные причины фрактальности литосферы // Бюллетень Белорус. горн. академии. 2000₂, № 1 (4). С. 6—9.

Губин В. Н. Космическая геология Беларуси // Выбранные научные работы Беларуси. дзярж. ун-та. Т. 7. Біялогія. Геаграфія. Мн., 2001. С. 223—242.

Губин В. Н., Данкевич И. В. Космогеологические линейные элементы и особенности ротационной геодинамики территории Беларуси // Геологическое строение и развитие платформенного чехла Беларуси. Мн., 1992. С. 161—173.

Губин В. Н., Ковалев А. А., Кузьмин В. Н. Космическое зондирование в геологии // Первый Белорусский космический конгресс. Матер. конгр. Мн., 2003. С. 239—241.

Губин В. Н., Коркин В. Д. Кольцевые и линейные структуры в рельефе центральной Белоруссии и их связь с особенностями геологического строения // Морфогенез на территории Белоруссии. Мн., 1983. С. 129—134.

Губин В. Н., Левков Э. А. О геологической природе параллельно-полосчатого рисунка аэрокосмического фотоизображения областей древнематерикового оледенения // Исслед. Земли из космоса. 1983. № 6. С. 60—65.

Губин В. Н., Левков Э. А., Карабанов А. К. Неотектоническое районирование территории Белоруссии на основе космической информации // Исслед. Земли из космоса. 1988. № 5. С. 50—56.

Губин В. Н., Михайлов В. И. Анализ новейшей геодинамики картографо-аэрокосмическим методом // Исслед. Земли из космоса. 1991. № 4. С. 52—58.

Гуров Е. П., Громов Е. И. Особенности строения импактных структур в двухслойной мишени // Геол. журн. 1988. № 6. С. 115—122.

Дистанционное зондирование природной среды: теория, практика, образование. Материалы III Междунар. научн.-практ. конф., Минск, 21—23 ноября 2006 г. / Ред. И. И. Пирожник, В. Н. Губин, А. А. Ковалев и др. Мн. : РИВШ, 2006. 204 с.

Дистанционное картографирование природной среды / А. А. Ковалев, В. Н. Губин, А. И. Павловский и др. Мн. : Ин-т геол. наук АН Беларуси, 1995. 176 с.

Зверев А. Т., Кац Я. Г. Дешифрирование кольцевых структур на космических снимках и их корреляция с геофизическими полями и строением земной коры территории СССР // Исслед. Земли из космоса. 1986. № 1. С. 43—50.

Зусь М. Е. Новогрудская возвышенность. Мн. : Навука і тэхніка, 1991. 126 с.

Капельщиков Н. А. Зональность юга Припятского прогиба по структурно-геоморфологическим данным // Сов. геология. 1989. № 5. С. 83—90.

Карабанов А. К. Неотектоника Беларуси: Автореф. дис. ... докт. геол.-минер. наук. Мн., 2002. 44 с.

Карта современных вертикальных движений земной коры Восточной Европы масштаба 1:2 500 000 / Под ред. Ю. А. Мещерякова. М. : ГУГК, 1973.

Каттерфельд Г. Н. Планетарная трещиноватость и линеаменты / Геоморфология. 1984. № 3. С. 3—15.

Кац Я. Г., Полетаев А. И., Румянцева Э. Ф. Основы линеаментной тектоники. М. : Недра, 1986. 140 с.

Кац Я. Г., Тевелев А. В., Полетаев А. И. Основы космической геологии. М. : Недра, 1988. 235 с.

Ковалев А. А. Спектрально-оптические методы дистанционного зондирования как основа экологического мониторинга природной среды: Автореф. дис. ... докт. физ.-мат. наук. Мн., 2001. 44 с.

Ковалев А. А., Губин В. Н., Денисова Н. Ю. Геоэкологическое картографирование. Мн. : Беларуская навука, 1998. 95 с.

Козлов В. В. Анализ систем разломов на основе аэрокосмических методов: Автореф. дис. ... докт. геол.-минер. наук. М., 1982. 43 с.

Кольцевые структуры Земли: миф или реальность / Я. Г. Кац, В. В. Козлов, А. И. Полетаев, Е. Д. Сулиди-Кондратьев. М. : Наука, 1989. 188 с.

Кольцевые структуры континентов Земли / В. Н. Брюханов, В. А. Буш, М. З. Глуховский и др. М. : Недра, 1987. 184 с.

Кольцевые структуры территории Беларуси / А. В. Матвеев, Л. Ф. Ажгиревич, Л. С. Вольская и др. Мн. : Навука і тэхніка, 1993. 82 с.

Конищев В. С. Возможности использования аэрокосмических методов при поисках месторождений алмазов в Беларуси // Дистанционное зондирование природной среды: теория, практика, образование. Матер. III Междунар. научн.-практ. конф., Мн., 2006. С. 127—131.

Космическая информация в геологии / Под ред. В. Г. Трифонова, В. И. Макарова, Ю. Г. Сафонова, П. В. Флоренского. М. : Наука, 1983. 536 с.

Космическая фотосъемка и геологические исследования / Под ред. Г. Б. Гонина, С. И. Стрельникова. Л. : Недра, 1975. 416 с.

Космогеология СССР / Под ред. В. Н. Брюханова, Н. В. Межеловского. М. : Недра, 1987. 240 с.

Космотектоническая карта Белоруссии масштаба 1 : 2 000 000 / Под ред. Р. Г. Гарецкого. Мн. : ИГиГ АН БССР, 1988.

Кронберг П. Дистанционное изучение Земли: Основы и методы дистанционных исследований в геологии. М. : Мир, 1988. 343 с.

Левков Э. А. Гляциотектоника. Мн. : Наука и техника, 1980. 280 с.

Левков Э. А., Карабанов А. К. Неотектоническое районирование территории Белоруссии // Докл. АН БССР. 1987. Т. 31. № 9. С. 821—824.

Левков Э. А., Карабанов А. К. Проявление гляциоизостатических движений в краевой зоне последнего оледенения на территории Белоруссии // Литология, геохимия и стратиграфия континентальных кайнозойских отложений Белоруссии. Мн., 1988. С. 203—208.

Левков Э. А., Карабанов А. К. Реликтовый пинго на территории Беларуси // Докл. АН БССР. 1990. Т. 34. № 5. С. 463—465.

Левков Э. А., Карабанов А. К. Неотектоника Беларуси // Літасфера. 1995. № 1. С. 119—126.

Лопатин Д. В. Анализ структур фундамента Восточно-Европейской платформы дистанционными методами // Исслед. Земли из космоса. 1981. № 6. С. 35—40.

Макаров В. И. Линеаменты (проблемы и направления исследований с помощью аэрокосмических средств и методов) // Исслед. Земли из космоса. 1981. № 4. С. 109—115.

Матвеев А. В. Ледниковая формация антропогена Белоруссии. Мн.: Наука и техника, 1976. 160 с.

Матвеев А. В., Нечипоренко Л. А. Линеаменты территории Беларуси. Мн. : Ин-т геол. наук НАН Беларуси, 2001. 124 с.

Мирошниченко В. П., Березкина Л. И., Леонтьева Е. В. Планетарная трещиноватость осадочного чехла литосферы. Л. : Недра, 1984. 216 с.

Мониторинг природной среды дистанционными и геодезическими методами / Под ред. А. А. Ковалева, В. Н. Губина. Мн. : Ин-т геол. наук АН Беларуси, 1996. 156 с.

Неотектоника территории Припятского прогиба / А. В. Матвеев, Н. Н. Абраменко, Э. А. Левков, А. А. Костко. Мн. : Наука и техника, 1980. 106 с.

Нечаева И. А. Черты сходства и отличия в следах покровного оледенения и космогенных взрывов // Сов. геология. 1991. № 1. С. 66—71.

Николаев Н. И. Новейшая тектоника и геодинамика литосферы. М. : Недра, 1988. 491 с.

Новейшая тектоника и геодинамика Центральной Европы / Р. Г. Гарецкий, Р. Е. Айзберг, А. К. Карабанов и др. // Геотектоника, 1999. № 5. С. 3—14.

Общее сейсмическое районирование Белорусско-Прибалтийского региона / Р. Г. Гарецкий, Р. Е. Айзберг, А. Г. Аронов и др. // Докл. АН Беларуси. 1997. Т. 41. № 4. С. 99—103.

Основы геологии Беларуси / Под общ. ред. А. С. Махнача, Р. Г. Гарецкого, А. В. Матвеева, Я. И. Аношко. Мн. : Ин-т геол. наук НАН Беларуси, 2004. 392 с.

Павловская И. Э. Полоцкий ледниково-озерный бассейн: строение, рельеф, история развития. Мн. : Навука і тэхніка, 1994. 128 с.

Петров А. И. О механизме образования структур центрального типа // Сов. геология. 1968. № 9. С. 139—145.

Петров В. Г. Особенности строения Калужской кольцевой структуры и её положение в Московской синеклизе: Автореф. дис. ... канд. геол. минер. наук. М., 1974. 21 с.

Полезные ископаемые Беларуси / Ред. П. З. Хомич, С. П. Гудак, А. М. Синичка и др. Мн. : Адукацыя і выхаванне, 2002. 528 с.

Полоцко-Курземский пояс разломов / Р. Г. Гарецкий, Г. И. Каратаев, В. Н. Астапенко, И. В. Данкевич // Докл. НАН Беларуси. 2002. Т. 46. № 6. С. 85—89.

Попков В. И. О сейсмотектонической природе некоторых кольцевых фотоаномалий, фиксируемых дистанционными методами // Исслед. Земли из космоса. 1984. № 1. С. 38—40.

Порошин С. В. Анализ информативности геологических карт и космических снимков // Изв. АН СССР. Сер. геол., 1981. № 5. С. 114—123.

Разломы земной коры Беларуси / Под ред Р. Е. Айзберга. Мн. : Красико Принт, 2007. 172 с.

Разницын В. А. О кольцевых структурах Днепровско Донецкой впадины // Изв. вузов. Геол. и разведка. 1985. № 3. С. 16—21.

Рельеф Белорусского Полесья / А. В. Матвеев, В. Ф. Моисеенко, Г. И. Илькевич и др. Мн. : Наука и техника, 1982. 131 с.

Сидоров В. А., Скарятин В. Д. О проявлении современных вертикальных движений земной коры в зонах линеаментов // Аэрокосмическое изучение современных и новейших тектонических процессов. М., 1988. С. 120—124.

Соловьев В. В. Структуры центрального типа территории ССР по данным геолого-морфологического анализа. Л. : ВСЕГЕИ, 1978. 111 с.

Старчик Т. А. Особенности развития главных тектонических зон Припятского прогиба в девоне: Автореф. дис. ... канд. геол.-минер. наук. Мн., 1985. 26 с.

Стрельников С. И. Структура Русской платформы по данным дешифрирования космических снимков // Геологическое строение СССР и закономерности размещения полезных ископаемых. Т. I. Русская платформа. Л., 1985. С. 30—33.

Тектоника Белоруссии / Под ред. Р. Г. Гарецкого. Мн.: Наука и техника, 1976. 200 с.

Тектоника запада Восточно-Европейской платформы / Под ред. Р. Г. Гарецкого. Мн. : Навука і тэхніка, 1990. 166 с.

Тихомиров С. Н. Разломы и кольцевые структуры фундамента Восточно-Европейской платформы // Геология и перспективы рудоносности фундамента древних платформ. Л., 1987. С. 138—144.

Томсон Д. Дух науки. М. : Знание, 1970. 176 с.

Трофимов Д. М. Линейные дислокации и изометричные структуры Восточно-Европейской платформы (по космическим данным и результатам их геолого-геофизической интерпретации): Автореф. дис. ... докт. геол. -минер. наук. М., 1984. 43 с.

Трофимов Д. М. Об узлах пересечения разрывных дислокаций и их роли в строении земной коры // Методы дистанционных исследований для решения природоведческих задач. Новосибирск, 1986. С. 9—12.

Тяпкин К. Ф. Изучение разломных и складчатых структур докембрия геолого-геофизическими методами. Киев: Наукова думка, 1986. 168 с.

Тяшкевич И. А. Дистанционные методы при изучении месторождений калийных солей Белоруссии // Геологическое строение и развитие территории БССР. Мн., 1985. С. 85—101.

Хаин В. Е. Общая геотектоника. М. : Недра, 1973. 512 с.

Шевырев Л. Т. Кольцевые структуры (гранитные купола) юго-востока Воронежского кристаллического массива // Изв. вузов. Геол. и разведка. 1980. № 10. С. 79—84.

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|-----|
| Предисловие | 5 |
| Введение в космическую геологию | 7 |
| Кольцевые структуры литосферы | 12 |
| Региональные закономерности | 13 |
| Геологическая природа | 24 |
| Линеamentная тектоника | 42 |
| Линейные структуры и их связь с разломами | 43 |
| Планетарные системы линеamentов | 61 |
| Новейшая геодинамика | 69 |
| Динамика плейстоценовых оледенений | 69 |
| Проявления неотектонических движений | 82 |
| Прогнозирование месторождений полезных ископаемых | 90 |
| Заключение. Перспективы космической геологии | 105 |
| Литература. | 110 |

Научное издание

Валерий Николаевич Губин
Александр Андреевич Ковалев

КОСМИЧЕСКАЯ ГЕОЛОГИЯ БЕЛАРУСИ

Редактор *В. Круглик*
Художественный редактор *Е. Круглик*
Набор и верстка текста *В. Кузмич*
Корректор *Е. Борисенок*

Подписано в печать 07.09.2007. Формат 60×90/16. Бумага
офсетная. Гарнитура Times. Печать офсетная. Усл. печ. л. 7,5.
Уч.-изд. л. 7,0. Тираж 150 экз. Зак.

ООО “Лазурак”. Лицензия № 02330/0133289 от 30.04.2004.
220005, г. Минск, ул. Р. Люксембург, д. 143, оф. 5а

Республиканское унитарное предприятие
“Информационно-вычислительный центр
Министерства финансов Республики Беларусь”.
ЛП № 02330/0056683 от 29.03.2004.
220004, г. Минск, ул. Кальварийская, 17