

К ПРОБЛЕМЕ АЭРОКОСМИЧЕСКОЙ ИНДИКАЦИИ ГЕОДИНАМИКИ РЕЛЬЕФА ОБЛАСТЕЙ ДРЕВНЕМАТЕРИКОВОГО ОЛЕДЕНЕНИЯ

Геодинамическая оценка рельефа аэрокосмическими методами предполагает выявление с помощью материалов дистанционных съемок (МДС) изменений, вызываемых на земной поверхности тектоническими структурами и тектоногеодинамическими процессами на новейшем этапе развития земной коры. При этом для равнинно-платформенных областей, покрывавшихся плейстоценовыми ледниковыми покровами, наиболее информативен ландшафтно-индикационный [1], или геоиндикационный [2, 3] метод. Такова западная часть Восточно-Европейской равнины (Белоруссия и сопредельные области), характеризующаяся слабой интенсивностью позднеолигоцен-антропогеновых движений, унаследованным развитием структур, активной экзарационно-аккумулятивной деятельностью плейстоценовых ледников, ограниченным развитием коррелятных отложений.

В основе геоиндикационного дешифрирования МДС в областях древнематерикового оледенения лежит ландшафтная концепция о природно-территориальных комплексах (ПТК) как динамических природных системах различных иерархических уровней. Формирование структуры ПТК ледниковых равнин во многом связано с деятельностью плейстоценовых ледников, контролировавшей тектоно-геодинамическими процессами. Позднеолигоцен-антропогеновые деформации земной коры, хотя их скорости были незначительны, например на территории Белоруссии они составляли $\pm 1 - 3$ мм/год, отразились во внутризональных особенностях ПТК.

Особенности ландшафтных взаимосвязей и способность к саморегулированию являются причинами постоянного стремления ПТК к равновесию [4]. В древнеледниковой области ПТК, выведенный из состояния динамического равновесия гляциодинамическими и неотектоническими процессами, постепенно восстанавливается на новом уровне. Различия ландшафтной структуры, вызванные подобными пространственно-временными изменениями геолого-геоморфологических условий, служат показателями геодинамической обстановки позднеолигоцен-антропогенового этапа. Чем больше унаследованность новейшего структурного плана структурами платформенного чехла и фундамента, тем информативнее геоиндикационный анализ ПТК.

Механизм отражения структурных форм земной коры в ландшафтах весьма дискусионен вследствие слабой изученности на наземных стационарах (полигонах). Опыт структурного дешифрирования космических снимков (КС) платформенных областей позволил ряду исследователей [5, 6] сделать вывод о непосредственном проявлении на МДС глубоко погруженных структур. Причины этого явления были вскрыты с помощью комплексного подхода к изучению механизма проявления структурных элементов платформенного чехла и фундамента с учетом многофакторности рассматриваемой проблемы [2, 7—12]. Погребенные структуры отразились в ПТК благодаря их унаследованному развитию и дифференцированным позднеолигоцен-антропогеновым деформациям земной коры (эндогенным и ротационным). Влияние также оказали неоднородности геофизического поля, геохимические процессы и гляциодинамические явления.

Разнонаправленные движения блоков фундамента по разломам и деформации земной коры вызывают появление в верхней толще платформенного чехла зон повышенной тектонической напряженности или мезотрещиноватости — своеобразных «парагенетических ассоциаций» разномасштабных дислокаций, среди которых преобладают тектонические нарушения без видимого смещения пород [7]. В результате блоковых подвижек образуются также плотностные неоднородности чехла и связанные с ними аномалии гравитационного, электрического и магнитного полей. Изменение физико-механических параметров деформирующихся пород

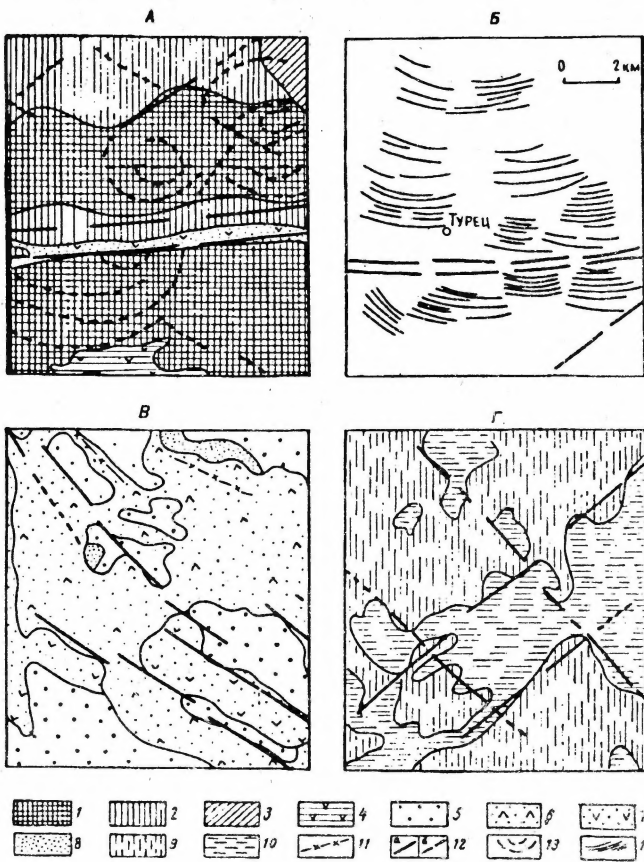


Рис. 1. Индикаторы геодинамики рельефа территории сводовой части Белорусской антеклизы по данным дешифрирования материалов дистанционных съемок
 Холмисто-моренно-эрозионный ландшафт. А — распределение конечных морен в условиях позднеантропогенных поднятий блока кристаллического фундамента; Б — проявление гляциодислокаций складчато-чешуйчатого типа в особенностях почвогрунтов над локальным неотектоническим поднятием; В — аллювиальный террасированный ландшафт.
 Система эшелонированных линейментов в зоне новейшей активизации Налибокского регионального разлома; Г — озерно-аллювиальный ландшафт. Формирование заболоченных урочищ в пределах Налибокского блока, испытывающего позднеантропогенные опускания: 1 — среднехолмисто-увалистые моренные возвышенности; 2 — волнистые моренные равнины с редкой сетью ложбин и мелких водотоков; 3 — волнистые водно-ледниковые равнины; 4 — волнистые первые надпойменные террасы с песчаными грядами и заболоченными участками; 5 — волнистые пойма; 6 — плоские пойма; 7 — то же, заболоченные; 8 — песчаные гряды и бугры; 9 — плоские озерно-аллювиальные равнины; 10 — то же, заболоченные; 11 — спрямленные участки русел; 12 — линейменты; а — соответствующие ландшафтными границам, б — намеченные по фотоаномалиям; 13 — пликативные деформации, дешифрируемые по фотоизображению; 14 — линии гляцигенных деформаций

и геофизических характеристик оказывает влияние на перенос вещества, гидрогеологические и экзогенные процессы в ПТК. Хорошим примером являются встречающиеся в Белорусском Полесье невысокие (1,0 — 2,5 м) длинные песчаные гряды. Их формирование В. П. Гридин [10] объясняет влиянием на эоловые процессы перепадов величины силы тяжести над разломами, вдоль которых эти гряды вытянуты.

Степень проявления погребенных структур зависит от интенсивности неотектонических процессов. На юго-востоке Белоруссии, где суммарные амплитуды позднеолигоцен-антропогенных движений достигают 150 — 170 м, разрывные дислокации достаточно хорошо выражены в ландшафтах. Например, уверенно

Ландшафт	Индицируемые геодинамические условия	
	позднеантропогенные относительные перемещения блоков земной коры	суммарные амплитуды неотектонических деформаций (м) и скорости современных вертикальных движений, (мм/год — в скобках) по геологическим данным
Холмисто-моренно-эрозионный, дренированный, с широколиственно-еловыми лесами на дерново-подзолистых, реже дерново-палево-подзолистых почвах	Интенсивное поднятие	60—110(0,5—1,5)
Вторично-моренный, умеренно дренированный, с широколиственно-еловыми и сосновыми лесами на дерново-подзолистых, реже заболоченных почвах	Умеренное поднятие	60—80(0,5—1,0)
Моренно-зандровый, слабодренированный, с широколиственно-еловыми и сосновыми лесами на дерново-подзолистых, часто заболоченных почвах	Слабое поднятие	50—80(0—1,0)
Вторичный водно-ледниковый, умеренно дренированный, с сосновыми, вторичными мелколиственными лесами на дерново-подзолистых почвах	То же	50—80(0—1,0)
Аллювиальный террасированный, слабодренированный, с широколиственными лесами на дерново-подзолистых почвах, с лугами и болотами	Относительная стабилизация движений и слабое поднятие	40—50(0—0,5)
Озерно-аллювиальный, слабодренированный, с вторичными мелколиственными лесами на дерново-подзолистых заболоченных почвах и сосновыми лесами на дерново-подзолистых почвах	То же	20—50(0—0,5)

дешифрируются дизъюнктивы в Припятском прогибе, особенно те, направление которых согласуется с простираем изобаз суммарных неотектонических деформаций. На северо-западе республики неотектонические деформации незначительны (до 50 м) и разломы в ландшафтах отражаются слабее.

На характер отражения структурных элементов в ландшафте влияют также геохимические процессы, происходящие под влиянием взаимодействия глубинных газово-жидких компонентов (флюидов) с геохимическим полем ПТК [12]. Неравномерная проницаемость земной коры, обусловленная структурными особенностями, способствует появлению различий в геохимической обстановке. Особенно интенсивны газовые, водные и тепловые потоки в зонах разломов, где формируются гидрогеохимические и гидродинамические условия, отличающиеся от смежных участков. Так, одним из результатов профильной геохимической съемки в Припятском прогибе было выявление аномальных участков повышенного содержания в грунтах и водах метана, тяжелых углеводородов, пропан- и бутанокисляющих бактерий и закисного железа. Они совпадают с зонами Речицко-Вишанского, Червонослободско-Малодушинского и других разломов, активных на неотектоническом этапе. Подобные аномалии сопряжены также с участками повышенной мезотрещиноватости, выявленными по МДС над некоторыми локальными поднятиями прогиба.

На геодинамическую обстановку областей, покрывавшихся плейстоценовыми оледенениями, повлияли также гляциоизостатические движения. По данным Э. А. Левкова [11] прогибание под тяжестью льда территории Белоруссии могло достигать 100 м и более, а после снятия нагрузки происходило быстрое ее

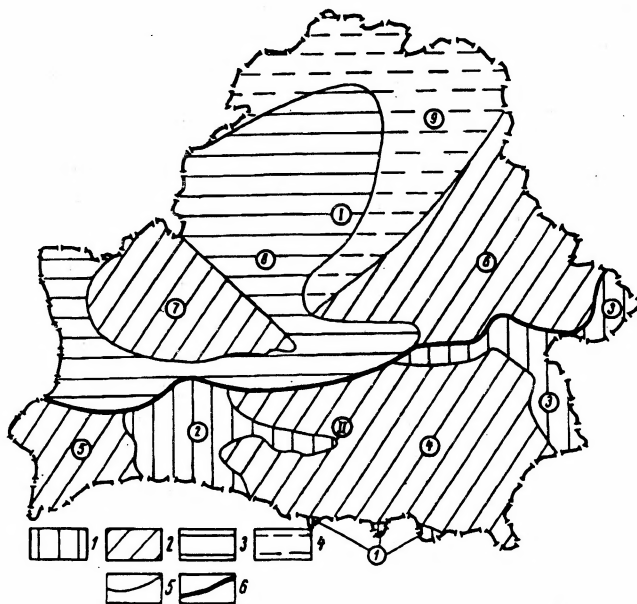


Рис. 2. Схема районирования территории Белоруссии по условиям геоиндикационного дешифрирования материалов дистанционных съемок
Категории дешифрируемости МДС: 1 — надежная, 2 — удовлетворительная, 3 — слабая, 4 — фрагментарная.

Границы: 5 — районов, 6 — областей

Районы: 1 — Украинский, 2 — Полесский, 3 — Жлобинско-Воронежский, 4 — Припятский, 5 — Брестский, 6 — Могилевский, 7 — Центрально-Белорусский, 8 — Вилейско-Волковысский, 9 — Витебский.

Области: I — Северо-Белорусская, II — Южно-Белорусская

воздымание на такую же величину. Возникавшие значительные напряжения приводили к возрождению прежде стабилизированных разломов и образованию новых, оживлению соляной тектоники и т.п.

Постоянный обмен веществом и энергией в земной коре, контролируемый структурным планом, приводит к изменениям в режиме грунтовых и поверхностных вод, а также интенсивности постседиментационных процессов (выщелачивания, механического разрушения горных пород и т.п.). При этом геодинамический режим определяет ландшафтную дифференциацию региона, способствует формированию геоиндикационных черт ПТК: закономерно ориентированных (спрямленных, изометричных) ландшафтных границ, участков сгущения контуров ПТК и других признаков, фиксируемых на МДС (рис. 1, таблица).

В области древнематерикового оледенения наиболее геоинформативными являются гляцигенные индикаторы: гляциодислокации, а также ложбины ледникового выпаживания и размыва. Среди гляциодинамических структур достоверными показателями динамики рельефа являются дислокации складчато-чешуйчатого типа, сконцентрированные в пределах структур платформенного чехла и фундамента, испытавших позднеолигоцен-антропогенную активизацию. Они уверенно дешифрируются по дугообразному параллельно-полосчатому рисунку аэрокосмоизображения. В этом случае деформированные породы самого разного возраста — от кембрийских до антропогенных — выходят на земную поверхность либо перекрыты покровными образованиями малой мощности.

Геоиндикаторами служат также ложбины ледникового выпаживания и размыва, широко развитые в областях древнематерикового оледенения. Они объединены в системы погребенных и полупогребенных форм, локализующихся вдоль дизъюнктивов, активизированных на неотектоническом этапе. Погребенные ложбины

дешифрируются в том случае, если они унаследованы современной гидросетью либо проявляются в особенностях развития термокарста, суффозии, процессов заболачивания. На МДС они выглядят извилистыми полосами с мелкопятнистым до точечного рисунком темно-серого фототона. Системы крупных ледниковых ложбин уверенно опознаются на космических снимках.

Проведено районирование территории Белоруссии по условиям геоиндикационного дешифрирования (рис. 2). В качестве основной таксономической единицы принят район, характеризующийся определенным единством геологического строения, неотектонического режима и общностью ландшафтной структуры. За более крупную единицу районирования принята область, отличающаяся особенностями распределения ледниковых отложений. Граница между Северо-Белорусской и Южно-Белорусской областями соответствует границе сожского оледенения.

По дешифрируемости структурных элементов каждой из выделенных районов отнесен к одной из четырех категорий: надежной, удовлетворительной, слабой и фрагментарной. Надежно дешифрируются МДС (от 40 до 60% структурной информации) Полесского, Украинского и Жлобинско-Воронежского районов с неглубоким (абс. отметки до $-0,5$ км и выше) фундаментом, иногда прикрытым только маломощным покровом четвертичных отложений. Высокая интенсивность новейших движений (суммарные амплитуды свыше 100 м) на этой территории — причина проявления в ландшафтах многих структурных элементов фундамента.

Удовлетворительной дешифрируемостью МДС (от 20 до 40%) характеризуются Припятский, Брестский и Могилевский районы с довольно значительной неотектонической активностью (80—100 м). Поверхность фундамента в них находится на глубинах от $-0,5$ до $-5,5$ км. Важную роль в отражении платформенных структур в ландшафтах Припятского района на новейшем этапе играет соляной тектогенез. Соляные купола дешифрируются на МДС увереннее, чем локальные поднятия без проявлений соляной тектоники. Также удовлетворительна дешифрируемость для Центрально-Белорусского района с неглубоко погруженным фундаментом (до $-0,3$ км), элементы структуры которого маскируются мощными ледниковыми отложениями.

Слабой (до 20%) и фрагментарной дешифрируемостью МДС отличаются соответственно Вилейско-Волковысский и Витебский районы. Низкая степень проявления в ландшафте структурных элементов связана здесь со слабой интенсивностью новейших движений (до 40—60 м), мощным покровом ледниковых отложений, в том числе поозерских (вюрмских), относительно большими глубинами залегания поверхности фундамента (от $-0,5$ до $-1,6$ км).

Таким образом, аэрокосмическое изучение геодинамики рельефа областей древнематерикового оледенения тесно связано с анализом геотектонических свойств ландшафтной структуры по МДС. Ландшафт — динамическая система, в которой отражены новейшие тектонические структуры и тектоно-геодинамические процессы. Характер проявления геодинамики рельефа на МДС обусловлен особенностями позднегоцен-антропогенных деформаций земной коры (эндогенных и ротационных), неоднородностей геофизического поля, активизации геохимических процессов, а также гляциодинамических явлений. Наиболее информативными дешифровочными признаками новейшей геодинамики являются гляцигенные индикаторы. Районирование территории Белоруссии по условиям геоиндикационного дешифрирования МДС повышает достоверность аэрокосмического изучения геодинамики рельефа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аэроландшафтно-индикационные методы при региональных инженерно-геологических исследованиях/Под ред. Викторова С. В., Садова А. В. М.: Недра, 1981. 203 с.
2. Губин В. Н., Коркин В. Д., Марцинкевич Г. И. Перспективы аэрокосмической геоиндикации на территории Белоруссии. Минск: БелНИИНТИ, 1988. 47 с.
3. Можаяев Б. Н., Жученко А. Г. Геоиндикационный метод дешифрирования аэро- и космических снимков — состояние и перспективы//Сов. геология. 1984. № 8. С. 60—65.

4. Дедков А. П., Мозжерин В. И. Современная геоморфология: основные направления развития//Геоморфология. 1988. № 4. С. 3—8.
5. Башилова И. И., Еремин В. К., Махин Г. В. Некоторые результаты применения телевизионных изображений Земли, переданных из ближнего космоса, для изучения региональных геологических структур//Сов. геология. 1972. № 1. С. 6—13.
6. Флоренская Т. В. Состояние геофизических полей и космических изображений в южной части Сибирской платформы//Исследование природной среды космическими средствами. Геология и геоморфология. Т. 5. М.: Наука, 1976. С. 250—260.
7. Амурский Г. И., Абраменок Г. А., Соловьев Н. Н. Анализ мезотрещиноватости по космическим снимкам — актуальное направление изучения нефтяных и газовых месторождений//Исследование Земли из космоса. 1984. № 6. С. 36—41.
8. Астахов В. И. К методике геологической интерпретации космических снимков закрытых районов//Исследование Земли из космоса. 1982. № 3. С. 47—52.
9. Альбова А. М., Башилов В. И., Галактионов А. Б. и др. Геологические исследования в закрытых районах с применением аэрометодов. М.: Недра, 1983. 152 с.
10. Гридин В. И. Некоторые вопросы теоретического обоснования аэрогеологического и морфологического методов//Стратиграфия, литология и полезные ископаемые БССР. Минск: Наука и техника, 1966. С. 221—233.
11. Левков Э. А. Гляцистектоника. Минск: Наука и техника, 1980. 280 с.
12. Макаров В. И. О методических основах геологического дешифрирования космических снимков//Изв. АН СССР. Сер. геол. 1981. № 8. С. 118—131.

Белорусский научно-исследовательский
геологоразведочный институт

Поступила в редакцию
14.02.91

ON THE PROBLEM OF THE RELIEF'S GEODYNAMICS INDICATION WITHIN AREAS OF ANCIENT ICE SHEETS USING AERIAL AND SPACE METHODS

V. N. GUBIN

Summary

Geoindication features are considered which have been used in the study of relief endogenous dynamics in a formerly glaciated region using aerial and space technique. It has been inferred that the nature of geodynamic manifestations on the remote sensing materials is controlled by the neotectonic movements (endogenous and rotational) of the Earth's crust, heterogeneities of the geophysical field, activation of geochemical processes as well as by the glaciodynamic events.

УДК 551.435.11

О. П. ЕРМОЛАЕВ, С. Г. КУРБАНОВА

СТРУКТУРА БАССЕЙНОВОЙ ЭРОЗИИ В ПРИРОДНО-АНТРОПОГЕННЫХ ЛАНДШАФТАХ РЕЧНЫХ БАССЕЙНОВ

Поясная структура бассейновой эрозии (СБЭ) обусловлена закономерностями формирования склонового поверхностного стока. Любое проявление эрозионно-аккумулятивного процесса на склонах — отражение водного баланса в различных частях склона. Вопросам формирования стока посвящен целый ряд фундаментальных работ [1—5]. Многовариантность природно-климатических и антропогенных условий формирования стока существенно усложняет построение математической модели талого и ливневого стока. Однако основные факторы, влияющие на сток, хорошо известны. Краткий анализ составных элементов водного баланса склонов свидетельствует о нарастании объемов стока в направлении от водораздела вниз по склону.

Нарастание массы стекающей воды вдоль определенных линий вследствие концентрации потоков, изменение энергетических характеристик склонового стока