

РАЗЛОМЫ ЗЕМНОЙ КОРЫ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА СТРОИТЕЛЬСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЮ ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Канд. техн. наук, доц. МИХАЙЛОВ В. И.

Белорусский национальный технический университет

Материалы исследований последних десятилетий свидетельствуют о том, что в земной коре континентального типа повсеместно наблюдается густая, построенная по решетчатому типу сеть субвертикальных разломов, дробящих земную кору на многочисленные блоки, размеры которых измеряются километрами или десятками километров. Наличие этой системы трещинно-проницаемых разломов устанавливается и подтверждается различными методами. Наиболее эффективный из них – это структурное дешифрирование материалов аэрокосмической съемки в сопоставлении с геолого-геофизическими данными.

Не является исключением в этом плане и территория Беларуси, где по материалам космических съемок установлены разнопорядковые линейные структуры (линеаменты), отражающие особенности разломной тектоники [1]. Характерная черта суперрегиональных линеаментов – их связь с глубинными (мантийными) разломами, активно проявившимися в различное геологическое время. Наиболее отчетливо на космических снимках выражены линеаменты, сопоставляемые с разломами, образованные в условиях растяжения земной коры шириной от 10 до 50 км (рис. 1). Повышенной трещиноватостью и проницаемостью коры, мобильностью проявления геодинамических процессов отличаются участки пересечения линеаментов.

Установлено, что зоны разломов земной коры оказывают большое влияние на жизнедеятельность человека и, в частности, на строительство и эксплуатацию инженерных сооружений. На III Международной научно-практической конференции по дистанционному зондированию природной среды (ноябрь 2006 г.) приводились такие данные. Количество аварий на автодорогах про-

исходит больше в тех местах, где трассу пересекают системы разломов (геопатогенные зоны), а процент онкологических заболеваний оказался больше у людей, проживающих в населенных пунктах, расположенных вблизи суперрегиональных разрывных нарушений. Ураганы и смерчи прошлых лет были направлены преимущественно вдоль новейших геодинамических зон земной коры и аномалий магнитного и гравитационного полей Земли [2].

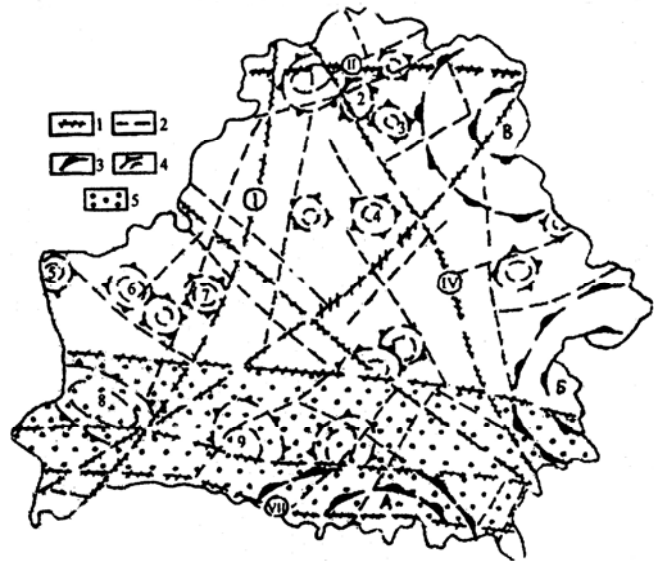


Рис. 1. Карта линеаментов и кольцевых структур территории Беларуси по данным космических съемок: 1 – суперрегиональные линеаменты: I – Балтийско-Украинский, II – Полоцко-Курземский, III – Брестско-Велижский, IV – Двинско-Черниговский, V – Ошмянско-Речицкий, VI – Северо-Припятский, VII – Южно-Припятский; 2 – региональные и локальные линеаменты; 3 – кольцевые мегаструктуры: А – Полесская, 2 – Ветринская, 3 – Ушачская, 4 – Борисовская, 5 – Гродненская, 6 – Щучинская, 7 – Новогрудская, 8 – Березовская, 9 – Лунинецкая; 5 – фрагмент зоны Сарматско-Туранского трансконтинентального линеамента

Можно выделить промышленные объекты, на которые могут оказывать влияние зоны тектонических разломов на территории Беларуси. Это атомные, гидро- и тепловые электростанции, химические комбинаты, комбинаты по переработке нефти, производству цемента и других материалов, горнодобывающие предприятия, нефте- и газопроводы, подземные газохранилища, автотрассы.

Последствия, к которым приводят тектонические разломы в связи со строительством и эксплуатацией инженерных сооружений, – негативные. В одних случаях они нарушают вертикальность или герметичность соединений, в других – могут привести к катастрофическим последствиям.

Важным фактором в районе Игналинской АЭС, расположенной в приграничной с Республикой Беларусь зоне, является неотектоническая активность разломов [3]. Среди них выявлена сложная система активных линейных зон с преобладающей ортогональной ориентировкой. Игналинская АЭС расположена в пределах Друкшайской системы разломов различной ориентировки. В таком узле тектоническая активность может проявиться особенно интенсивно, и это может стать причиной нарушения устойчивости Игналинской АЭС.

До недавнего времени считалось, что подавляющее число аварий на особо ответственных и экологически опасных объектах обусловлено в основном техногенными причинами. Однако анализ большого объема данных (2000) на Восточно-Европейской платформе, куда входит и Республика Беларусь, показал, что места наибольшей концентрации аварий до 90 % (РАН, 2001) приурочены к зонам влияния активных разломов земной коры [4].

По данным Проматомнадзора МЧС Республики Беларусь, аварийность на территории Беларуси только на магистральных трубопроводах за 1986–2002 гг. составляет 43 случая, в том числе разрывы в девяти случаях связаны с геодинамическими процессами в зонах влияния активных в настоящее время разломов.

В последние годы на полигонах Газпрома РФ получены принципиально новые данные. Оказалось, что имеют место современные суперактивные деформации земной поверхности со скоростями до 50–70 мм в год (а не 1–5 мм,

как считалось ранее), которые приурочены к активным зонам разломов. Причем наибольшая интенсивность геодинамических аномалий наблюдается в платформенных зонах, куда относится и территория Беларуси [4].

Приведенные примеры показывают очевидность роли тектоники для строительства и эксплуатации разных промышленных объектов, однако ее последствия учитываются только при появлении различных аварийных ситуаций, а не тогда, когда выбираются площади для строительства.

Существующие инженерно-геологические и структурно-геоморфологические карты не отражают негативные геологические процессы и не отвечают современным требованиям в выявлении опасных тектонических разломов. Отсутствуют специальные карты таких зон. Действующие нормы и правила не включают в себя необходимость учета геодинамических факторов при изысканиях, проектировании, строительстве и эксплуатации различных инженерных сооружений.

Поэтому при выборе промплощадок под строительство особо важных объектов тектонические зоны разломов должны выделяться на структурно-геоморфологических и других аналогичных картах не только по их достоверности, но и с указанием таких характеристик, как длина, глубина проникновения, ширина зоны влияния, амплитуды смещения, густота отдельных систем трещин, карстовые процессы, проседание слоев горных пород над выработанными пространствами подземных горных выработок, которые могут вызывать местные землетрясения.

В качестве примера может быть рассмотрен Солигорский горнопромышленный район с нарушенной геологической средой [5]. В связи с отражением на космических съемках (КС) большого количества линеаментов, различных по величине и интенсивности, возможно получение дополнительных сведений об особенностях структурно-неотектонического плана района и связанных с ним проявлений местной сейсмичности. Реагируя на новейшие тектонические движения, землетрясения способствуют обновлению старой системы трещиноватости и образованию новой, часто выраженной в ландшафте. При этом локальные трещины, разрывы, просад-

ки и западины, возникшие в результате совместного действия эндогенных факторов и подработок калийных горизонтов, подчиняются общим тектоническим закономерностям региона.

Эти некоторые методические предпосылки относительно проявлений локальной сейсмичности положены в основу рабочей гипотезы при исследовании особенностей местных землетрясений Солигорского промрайона по картам и КС. Базовой моделью структурных элементов служит схема неотектоники (рис. 2), построенная по данным индикационного дешифрирования КС локального уровня генерализации, характеризующихся значительным объемом информации о новейшей структуре и глубинном строении территории. Аэроснимки более крупных масштабов привлекались для детализации трансформированных локальных структурных элементов вследствие проявлений местной сейсмичности. При этом дешифрирование трещиноватости осуществлялось по разновременным снимкам. Для картографического анализа и совместной интерпретации с результатами дешифрирования аэрокосмических снимков использовались: схема тектонического районирования по кровле подсолевых отложений (рис. 3), карта явного остаточного рельефа (рис. 4); карта изолиний оседания земной поверхности, построенная по данным технического нивелирования (рис. 5); карта аномалий магнитного поля.

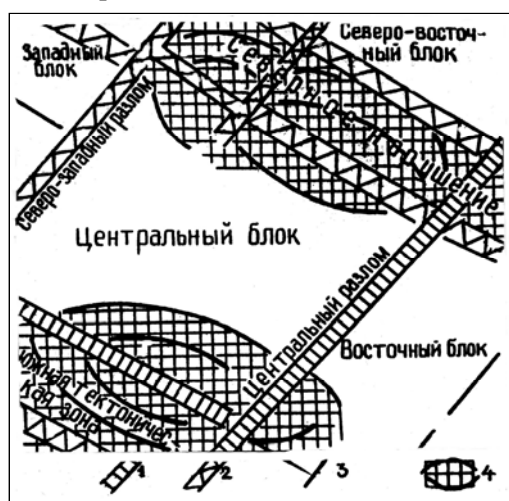


Рис. 2. Фрагмент схемы неотектонического строения Старобинского месторождения калийных солей (составил И. А. Тяшкевич): 1 – разломы значительной активности; 2 – активные разломы; 3 – прочие разломы; 4 – локальные аномалии предположительно пликативного характера, характеризующиеся тектонической активностью и являющиеся сейсмоопасными

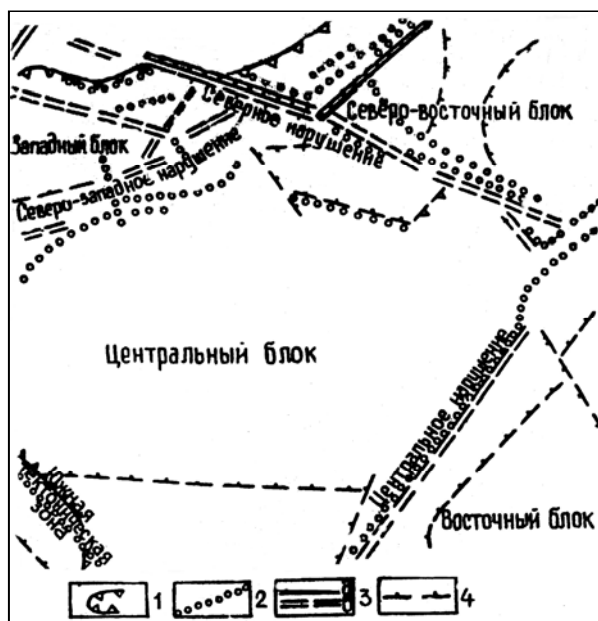
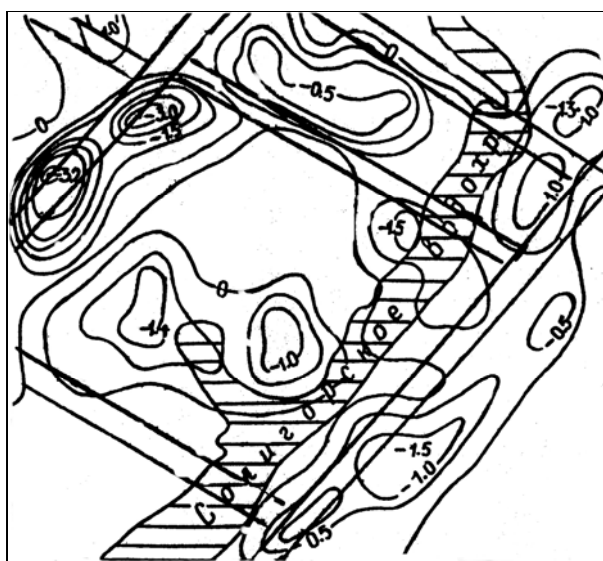


Рис. 3. Фрагмент схемы тектонического районирования Старобинского месторождения калийных солей по кровле «подсолевых» отложений (составили И. Д. Елозин, В. Н. Вишневецкий с изменением и дополнением И. А. Тяшкевича): 1 – граница расположения верхнекамбрийских соленосных отложений; 2 – разрывные нарушения, трассируемые по данным сейсморазведки в кровле подсолевых отложений; 3 – блокообразующие разломы со значительным смещением поверхности кристаллического фундамента по данным комплексной интерпретации грави- и магнито-разведки; 4 – прочие разломы



Рис. 4. Фрагмент карты явного остаточного рельефа: 1 – явный остаточный рельеф; 2 – западины; 3 – предполагаемые линии разрывных нарушений



1 – 1,4 2 (–1.0) 3 – //

Рис. 5. Фрагмент карты изолиний оседания земной поверхности (по материалам ВФ ВНИИГ): 1 – максимальные оседания реперов в метрах; 2 – изолинии фактического оседания земной поверхности в результате подработки калийных горизонтов; 3 – тектонические разломы

Исследуемый район расположен в пределах северо-запада Припятского прогиба, зон сочленения восточных склонов Полесской седловины, северных погребенных склонов Микашевичско-Житковичского выступа и Белорусской антеклизы. Кристаллический фундамент характеризуется сложным строением. Он разбит разрывными нарушениями субширотного и северо-восточного простираний на отдельные блоки. Строение осадочного чехла в общих чертах отражает структуру фундамента. Разрывные нарушения по фундаменту повторяются на уровне третьего калийного горизонта и проявляются в надсолевых отложениях, что является достаточным доказательством активности глубинных разломов на продолжительном этапе геологического развития региона и изостатической нескомпенсированности его отдельных блоков.

Результаты индикационного анализа КС позволили нанести на схему неотектонического строения (рис. 2) тектонические блоки, поднятия и разграничивающие их разломы различной интенсивности в новейшем этапе. Сопоставление данных дешифрирования КС и схемы тектонического районирования по кровле подсолевых от-

ложений (рис. 3) показывают на хорошее совпадение в плане простираний древних и современных линейных структурных элементов. Из этого следует, что основные разломы проявляются в осадочном чехле и современного рельефа и ландшафте. По результатам анализа материалов космической съемки детализировано строение Северного нарушения и Южной тектонической зоны, представляющих собой сочетание тектонических поднятий значительной интенсивности с различными нарушениями, трассирующихся в виде отдельных зон. Совместный анализ данных дешифрирования и геолого-геофизических материалов, а также степень выраженности изучаемых линеаментов в ландшафте позволили дифференцировать выделенные разломы по их активности на неотектоническом этапе. Глубинные разломы значительной активности: Центральный разлом, ограничивающий с востока Центральный блок и Южная тектоническая зона; активные: Северо-западный разлом, два разлома, ограничивающие Северное нарушение, остальные отнесены к прочим разрывным нарушениям.

Более детального изучения требует Центральный блок, в пределах которого находятся шахтные выработки калийного месторождения. По данным геологических исследований, блок представляет собой пологую синклиналь северо-восточного падения. Кристаллический фундамент погружается в этом направлении от 1500 до 2100 м. Изучая схему неотектонического строения, можно заметить, что резкое погружение фундамента вызывает деформацию осадочного чехла с образованием перегибов и депрессионных зон, которые отразились в ландшафте в виде линеаментов и изометрических поднятий Северного нарушения и Южной тектонической зоны. На КС Центральный блок выделяется по светло-серому тону изображения. В южной части рельеф блока представлен водно-ледниковой равниной, в северной – конечно-моренными грядами, среди которых встречаются эоловые образования и заторфованные понижения. Блок ограничен региональными глубинными разломами, различными по величине и протяженности. При этом на космофотоизображении по спрямленным границам компонентов ландшафта наиболее уверенно индуцируются Северная и Южная тектонические зоны и Центральный разлом, которому в рельефе соответствуют прямолинейные очертания русла

и поймы р. Случь. Магнитное поле Центрального блока дифференцировано. На карте аномалий магнитного поля значение изолиний изменяется от -400 до плюсовых значений. Переходу к положительным значениям изолиний соответствует зона Центрального разлома. Заметная контрастность гравитационного поля блока отражает большое разнообразие строения земной коры, а также дифференцированность ее новейших движений. Из анализа магнитного поля можно предположить, что Центральный разлом делит два блока фундамента, которые имеют разные петрографические характеристики.

Строение аномального магнитного поля в некоторой степени отражает распределение явного остаточного рельефа (рис. 4), характеризующего локальное гипсометрическое поле и предположительно имеющего связь со вторыми производными силы тяжести. Положительным значениям изолиний соответствуют большие площади явного остаточного рельефа, сосредоточенные вдоль Центрального разлома и Северного тектонического нарушения. В северной части изучаемого района массив явного рельефа выражен в виде конечно-моренной гряды времени московского ледника, что не исключает наличие связи с четвертичными гляциодислокациями. Отрицательному изостатическому полю соответствует относительно ровная слабонаклонная на юго-запад поверхность. Субмеридиональная и субширотная ориентировка большинства остаточных форм рельефа хорошо согласуется с простиранием основных структурно-тектонических элементов района. Это позволило в его строении наметить линии, отражающие дизъюнктивные деформации. Еще одна важная закономерность отражена на данной карте. Заметное различие в плотности явного остаточного рельефа наблюдается на юго-западе и северо-востоке, разделенных Центральным разломом. Это позволяет предположить, что Восточный блок испытывает поднятие, а Центральный – опускание на неотектоническом этапе.

Выявленные особенности в строении явного остаточного рельефа хорошо согласуются с картой современных проседаний земной поверхности (рис. 5), построенной по результатам технического нивелирования. Было установлено, что среднегодовое проседание земной поверхности в среднем достигает 10 см. С начала разработки

месторождения зарегистрированы проседания с амплитудой до 3,5 м. На карте пространственное расположение мульд оседания повторяет очертание Центрального блока. Причем наименьшие значения просадок приурочены к участкам неотектонических поднятий, тогда как максимальные (более 3 м) располагаются в пределах Центрального блока, усиление геологической активности которого может быть вызвано техногенными факторами. Образование пустот (отработанные горизонты), а также сосредоточенное скопление на земной поверхности крупнотоннажных галитовых отвалов шлама и водохранилища обуславливают гравитационную нескомпенсированность различных блоков и перераспределение напряжений в платформенном чехле. Размеры землетрясений, зарегистрированных в последние четыре года, могут соответствовать проседанию всего массива платформенного чехла в пределах с радиусом сферы около 600 м, что с учетом разломной тектоники района возможно и в результате подработки месторождения. Поэтому техногенный фактор существенен, хотя главной причиной следует считать разломную тектонику региона.

Зарегистрированные землетрясения имеют тенденцию к возрастанию их энергетического класса и активизируются в периоды смен сезонов года. Возрастание энергетического класса Земли во времени не позволяет отнести их к афтершоковым последствиям. На территории изучаемого района можно ожидать землетрясения более высокого энергетического класса, которые предвзяются в настоящее время форшоками, интенсивностью до 5 баллов. На первый взгляд, величина землетрясений свидетельствует об их локальном характере, и можно предположить, что они спровоцированы техногенной деятельностью. Однако энергетический потенциал землетрясений указывает на то, что техногенная деятельность может быть только «спусковым механизмом» для разрядки напряжений в изостатически нескомпенсированной земной коре, нарушенной сложной системой разломов, проявляющейся на всю мощность геологического разреза на неотектоническом и современном этапах. Поэтому на фоне медленных опусканий Центрального и других аналогичных блоков, происходящих унаследовано по существующим разломам, наблюдаются техногенные просадки, кото-

рые подчиняются общим тектоническим закономерностям и в целом осложняют структурно-неотектонический план региона и связанные с ними сейсмические явления локального характера.

Все отмеченные структурно-тектонические закономерности на анализируемых картах нашли свое отражение на схеме неотектонического строения (рис. 2), которая в комплексе с результатами геолого-геофизических исследований может быть использована для прогнозирования относительно высокобалльных и местных сейсмических явлений. На схеме нанесены контуры, охватывающие зоны сочленения разломов различной интенсивности и локальных аномалий предположительно пликативного характера, характеризующихся максимальной неотектонической активностью. Эти участки нами отнесены к наиболее сейсмоопасным, не исключена вероятность активизации местных сейсмических явлений, вызванных техногенными факторами, вдоль северо-западного разлома, совпадающего с наибольшими значениями современных проседаний земной поверхности.

ВЫВОДЫ

1. Предложен способ выделения и изучения зон разломов повышенной тектонической активности, представляющий собой комплексный анализ результатов дешифрирования аэрокосмических снимков и серии карт геолого-геофизической, структурно-геоморфологической и геодезической изученности района.

2. Разработанный способ построения схемы неотектонического строения Солигорского месторождения калийных солей может быть использован в качестве аналога для создания специальных карт потенциально опасных тектонических разломов и их зон на территории Беларуси.

3. Изложенный способ изучения и прогнозирования местных сейсмических явлений по карте и аэрокосмическим снимкам в комплексе с геолого-геофизическими и геодезическими материалами на примере Солигорского горнопромышленного района может также использоваться в аналогичных районах с нарушенной геологической средой.

4. При проектировании, строительстве и эксплуатации инженерных сооружений, в том числе трубопроводного транспорта и автодорог, необходимо учитывать особенности геодинамических факторов территории. Для этого в существующие нормы и правила следует внести соответствующие изменения.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Космогеология** на современном этапе: региональные исследования, литомониторинг, образование / В. Н. Губин [и др.] // Дистанционное зондирование природной среды: теория, практика, образование. – Минск, 2006. – С. 14–18.

2. **Тяшкевич, И. А.** 40 лет развития методов дистанционного зондирования природных ресурсов в Республике Беларусь / И. А. Тяшкевич // Дистанционное зондирование природной среды: теория, практика, образование. – Минск, 2006. – С. 6–10.

3. **Разломы** района Игналинской АЭС / И. Юкняпис [и др.] // Проблемы экологической геологии в Прибалтике и Белоруссии. – Вильнюс, 1990. – С. 194–197.

4. **Святогор, А. А.** Дистанционная диагностика зон потенциальной аварийности инженерных сооружений (зон риска), связанных с современной геодинамической активностью / А. А. Святогор, Н. Н. Абраменко // Дистанционное зондирование природной среды: теория, практика, образование. – Минск, 2006. – С. 159–162.

5. **Михайлов, В. И.** Изучение местных сейсмических явлений по картам и аэрокосмическим снимкам / В. И. Михайлов, И. А. Тяшкевич, А. М. Боборькин // Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 1991. – № 5. – С. 111–118.

Поступила 24.04.2008