

УДК 528.88:(551.248.2:628.4.038)/(477.4)

**ПРИМЕНЕНИЕ ДЗЗ/ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ
ПРИ ОЦЕНКЕ СОВРЕМЕННОЙ ГЕОДИНАМИКИ ТЕРРИТОРИЙ
В КОНТЕКСТЕ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ИЗОЛЯЦИИ
ОПАСНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ**

Азимов А.Т.

*Научный Центр аэрокосмических исследований Земли ИГН НАН Украины, Киев, Украина
E-mail: azimov@casre.kiev.ua*

На основе анализа элементов ландшафта по материалам дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) в пределах района Коростенского плутона определены основные индикаторы структур дизъюнктивного характера. Установлено, что на территории сеть линеаментов и их зон в целом отображает региональный геотектонический разломно-блоковый каркас фундамента и осадочного чехла. Используя геоинформационные системы (ГИС), составлена структурно-тектоническая схема района на современном этапе его развития. Она является основой дальнейшего изучения особенностей геологического строения территории с целью локализации участков, благоприятных для захоронения радиоактивных отходов (РАО). В пределах одного из них – Вереснянского – анализ пространственного распределения локальных областей развития деформаций растяжения и сжатия на современном этапе тектогенеза позволил предварительно наметить перспективные площадки для захоронения РАО.

Ключевые слова: дешифрирование, линеаменты, дизъюнктивные структуры, деформации, отходы.

*Авария на ЧАЭС произошла 25 лет тому назад – 26.04.1986 г.
Памяти героев-ликвидаторов Чернобыльской катастрофы посвящается.*

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

В результате Чернобыльской катастрофы образовались огромные объемы разнообразных радиоактивных отходов (РАО), основные из которых сосредоточены в объекте «Укрытие» (их суммарная активность $\sim 4,1 \cdot 10^{17}$ Бк [1]), а также в пределах зоны отчуждения (ЗО) ($\sim 2,8$ млн м³ без учета отходов снятия с эксплуатации ЧАЭС [2, 3]; общая активность радиоактивных веществ в природных объектах Зоны – в поверхностном слое почвы, донных отложениях водоемов, растительности и т. п. – составляет более $8,5 \cdot 10^{15}$ Бк [1]). Следовательно, на сегодняшний день в Украине назрела острая необходимость их централизованного сбора, сохранения и захоронения в геологическом хранилище.

Самой перспективной для геологической изоляции РАО структурой многими исследователями считается [4 и др.] Коростенский массив палеопротерозойских кристаллических пород, северо-восточные склоны которого погружаются в направлении ЗО с глубинами залегания кровли 50–600 м [5 и др.].

1. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Изучение структурных особенностей геологически закрытых регионов с помощью материалов аэрокосмических съемок (МАКС) базируется на представлениях об унаследованности современных и новейших тектонических движений от предыдущих этапов развития земной коры. Поэтому основные компоненты современного ландшафта (рельеф, гидросеть, литологический состав четвертичных отложений, почвенно-растительный покров и т. д.) отображают (конечно, с некоторым приближением) основные черты внутреннего строения геологической среды. Следовательно, последние могут быть выявлены на разнообразных материалах дистанционных съемок (МДС).

Применение аэрокосмических методов для выбора и обоснования участков, благоприятных для захоронения РАО в глубинных геологических формациях, которые являются самыми надежными природными барьером распространения радиоактивности, предусматривается на региональном и детальном этапах исследований. Наиболее пригодные для этого: 1) структурное, ландшафтно-геоморфологическое и геоиндикационное дешифрование аэрокосмоснимков видимого диапазона электромагнитных волн для выделения линеamentных зон, которые связаны с разломами земной коры; 2) дешифрирование снимков в инфракрасном диапазоне с целью выявления активных флюидопроводящих структур; 3) дешифрирование МДС в радиоволновом диапазоне, что дает возможность выделять зоны разуплотнения в горных породах, определять степень их влагонасыщения, глубины залегания грунтовых вод; 4) анализ спектров отражения растительности по многозональным МДС в зонах тектонических нарушений (картографирование гетерогенного строения последних относительно флюидопроницаемости) [6, 7].

Оценка развития флюидогеодинимических процессов на новейшем и современном этапах тектогенеза наиболее объективно и эффективно выполняется путем комплексирования разных видов дистанционных съемок с наземными геофизическими, геохимическими и гидрогеологическими работами, а также неотектоническими и морфометрическими построениями, количественным линеamentным анализом. Их совместное применение и моделирование процессов энергомассообмена на основе полученных данных позволяет уточнять и детализировать особенности разломно-блокового строения территорий, выделять относительно стабильные, моноклитные блоки земной коры, которые по своим геометрическим размерам удовлетворительны для создания хранилищ РАО, проанализировать безопасность последних с позиций неотектоники, а также выявлять неблагоприятные для захоронения участки развития горных пород с предположительно высокими фильтрационно-емкостными свойствами.

Предложенные методические подходы применялись во время исследования особенностей геологической структуры района Коростенского плутона и прилегающей территории ЗО ЧАЭС. Учитывая незначительную геолого-геофизическую изученность данной территории, МАКС служат дополнительным источником информации об основных чертах тектонического строения региона. В процессе дешифрирования МДС последовательно-параллельно были проанализированы, изучены и отдешифрированы материалы космической съемки,

аэрофотосъемки, а также топографические карты масштабов от 1:200 000 до 1:50 000 (на участке детальных исследований – 1:25 000).

Из материалов космосъемки использовались фотографические интегральные космические снимки (КС) со спутника серии «Космос» (20.07.1976 г.) масштаба 1:1 000 000, увеличенные к м-бу 1:200 000, радиолокационные КС со спутников «ERS-1» (25.08.1992 г., 10.08.1993 г.) и «Shuttle» (01.10.1994 г.), многозональные сканерные КС со спутников «LANDSAT» (07.09.1977 г., 14.04.1984 г., 31.05.1986 г., 28.05.1988 г. и 02.10.1999 г.), «SPOT» (14.07.1998 г.) и др.

Для целей структурного и геоиндикационного дешифрования закрытых территорий целесообразно применять дистанционные снимки раннего весеннего или позднего осеннего периодов года, которые содержат наиболее полные и четкие ландшафтные индикаторы структурных форм. Поэтому были проработаны материалы воздушной интегральной фотосъемки, проведенной в этот период в 1976, 1979 и 1986 годах. Исходя из ожидаемой размерности локальных структурных элементов кристаллического фундамента и осадочного чехла, наиболее полно использовались изготовленные из материалов контактной печати накладки монтажа масштаба 1:220 000, фотосхемы масштабов 1:100 000, 1:80 000, 1:50 000, 1:40 000, а для выявления дистанционных образов структур, их геоиндикаторов в ландшафте и для набора вспомогательных (морфологических, морфометрических) поисковых показателей – аэрофотоснимки (АФС) более крупного масштаба: 1:12 000–1:14 000.

Во время исследований выполнялось структурное и ландшафтно-геоиндикационное дешифрование МАКС, которое предусматривало последовательное решение следующих задач: 1) оценка взаимосвязи между особенностями строения современного ландшафта, физическими полями и структурой докембрийского фундамента и осадочного чехла территории; 2) определение характерных для ее ландшафтно-геологических условий геоиндикаторов внутренней структуры, отображающих напряженно-деформационное состояние вмещающих слоев; 3) количественный линеаментный анализ результатов дешифрования МДС и топокарт с целью оценки трещиноватости пород; 4) уточнение структуры изучаемого района и анализ характера деформаций по разноориентированным разломам и разрывам на основе использования МАКС и накопленных априорных геолого-геофизических данных [6–9].

Комплексная обработка данных ДЗЗ, их структурное дешифрирование, пространственное совмещение, сопоставление и анализ с накопленными материалами топо- и геолого-геофизических работ выполнялись с использованием специализированного программного продукта ERDAS Imagine, географической информационной системы (ГИС) MapInfo (тематические векторные и растровые слои априорных данных имелись в формате с расширением *.tab).

2. ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

2.1. Региональные исследования

Характерной особенностью рассматриваемой территории является невысокий уровень сохранных естественных ландшафтов. В связи с этим основная роль в геоиндикационных исследованиях уделялась компонентам ландшафта, которые меньше испытали антропогенное преобразование и вместе с тем являются

достаточно физиономическими и информационными. Главным образом, это рельеф и рельефообразующие процессы. Определенные участки района исследований (поймы рек, эрозийная сеть, первые надпойменные террасы, заболоченные участки водоразделов, лесные массивы естественного происхождения и т. п.) в значительной мере остались вне хозяйственной деятельности человека, что дало возможность в их пределах учитывать все компоненты ландшафта. Повсеместно изучались почвы – хоть и деципиентный, однако достаточно инертный к изменениям современными геологическими процессами (в связи с хозяйственной деятельностью человека) компонент ландшафта.

Во время изучения разрывных деформаций наибольшее внимание уделялось анализу результатов структурного дешифрования, направленного на выделение показателей дистанционных образов, которые индицируют разнопорядковые глубокозалегающие пликативные и дизъюнктивные структурные формы кристаллического фундамента и осадочного чехла. Прежде всего, анализировались линейные объекты – линеаменты, образующие сложную сеть. Все они на МДС выявлены по прямым (цвет (тон), рисунок (форма) и размеры) и непрямыми (рельеф, эрозийная сеть, растительность, типы почв и др.) признаками. Образование зон концентрации субпараллельных линеаментов часто не связано ни с литологией, ни с рельефом. Они простираются, пересекая как разные геологические структуры, так и разные формы рельефа (речные долины и водоразделы), и обусловлены современными зонами напряженно-деформационного состояния горных пород.

Отдельные предполагаемые структурные элементы геологической среды дизъюнктивного характера в пределах территории исследований на снимках высокого пространственного разрешения и топоматериалах определялись по ряду признаков (геоиндикаторов): границы участков с различной степенью расчлененности рельефа и динамикой эрозийных процессов; спрямленные участки границ гипсометрических ступеней, градиентных уступов в рельефе, речных долин, берегов озер и болот, эрозийной сети, впадин, логов, потяжин, вымоин, водоразделов; коленообразные изгибы русел водотоков и долин, линейно вытянутые цепочки суффозионных проседаний, микрозападин, эрозионно-денудационных останцов, песчаных гряд, а также границы комплексов четвертичных отложений и их литофаций и отрезки с развитием специфических фаций гигрофильной растительности и т. п. На МДС, по большей части, все они проявляются удлинненными линиями аномальной смены фототона изображения. Эти линеаменты опосредствованно характеризуют внутреннее геологическое строение и особенности гидрогеологии района работ. Во время интерпретации территория исследований разделялась по типам рельефа или по видовым характеристикам ландшафта, потому что в различных ландшафтных условиях подобные формы могут по-разному интерпретироваться, то есть быть или не быть индикаторами глубинного строения.

Применение масштабного ряда дистанционных снимков в процессе структурного дешифрования обеспечивало выявление полезной структурной информации при разбраковывании аномалий (линейных и площадных). Использование мелкомасштабных КС давало возможность проследить различные

предполагаемые дизъюнктивные и пликативные структурные формы, а более крупномасштабных – детализировать их и уточнять. Тщательное дешифрование АФС и картосхем “сжатого рельефа” на основе анализа структурно-индицирующих показателей (морфографического, гипсометрического) способствовало распознаванию особенностей разных геологических элементов, например выделению структурных линий, или элементарных линеаментов.

Полученная в процессе дешифрования схема линеаментного поля отличается большой насыщенностью в отображении линеаментов, поэтому, непосредственная идентификация по ним разрывных нарушений усложнена. Принимая во внимание различные аспекты определения и классификации линеаментов, которые рассмотрены в работах [10, 11 и др.], для установления закономерностей в распределении по рангам проводилась их типизация соответственно признакам проявления на дистанционных снимках или местности, их отношению к геологическим объектам, их простирания, ширины и пр.

При отнесении линеаментов к дизъюнктивам учитывались основные закономерности в проявлении разрывных нарушений. Последние обычно проявляются в виде полос повышенной плотности более мелких оперяющих разрывов и трещин, простирающихся вдоль основных разломов, которые, в свою очередь, могут состоять из нескольких кулисообразных сочленяющихся ветвей. Такие полосы называют [10] зонами разломов. Их выявление – одна из задач структурного дешифрования, т. к. к ним обычно приурочены складчатые структуры и флексуорообразные изгибы пород.

Обычно зоны линеаментов шире выявленных геолого-геофизическими методами зон разломов, которые они отображают. Зоны закартографированных дизъюнктивов пространственно находятся внутри линеаментных зон. Это давало возможность уточнять области (зоны) аномального геодинамического влияния (АГДВ) разломов, активизированных на новейшем этапе развития земной коры, что особенно важно при решении задачи выбора мест глубинного захоронения РАО.

Информативной оказалась и компьютерная обработка линеаментного поля для определения пространственной организации линейных элементов. В частности установлено, что в пределах района исследований линеаменты группируются в 8 одномодальных систем шириной от 17 до 27°: северо-западного направления с азимутами простирания 297–322° и 322–340°, субмеридионального – 340–357° и 357–22°, северо-восточного – 22–45° и 45–70°, субширотного – 250–277° и 277–297°. Они хорошо совпадают с системами разломов Украины, установленными различными методами [12, 13]. В каждой паре систем линеаментов, как и систем дизъюнктивов, одна выражена более четко, чем другая. Так, более четко представлены системы линеаментов по направлениям 297–322°, 357–22°, 45–70° и 277–297°.

Анализ схем плотности линеаментов четырех систем, которые наиболее четко отобразились, показал, что все они имеют много общего. На всех схемах выделяются ярко выраженные линейные зоны повышенных и максимальных значений плотности различной длины, которые совпадают с известными разломами. Эти зоны, как правило, сориентированы согласно с модальными значениями

распределений азимутов простирания линеаментов. Наряду с тем, встречаются и поперечные структуры, которые направлены под углом, близким к прямому, к структурам главного простирания. Такие элементы возникают как в местах сгущения отдельных продольных максимумов, так и отвечают зонам сдвига. Однако, последнее нуждается в дополнительных специальных исследованиях.

Установленные различия в особенностях распределения элементов ландшафта, которые свойственны для линеаментов разных систем, вероятно, связаны с характером тектонических деформаций по разноориентированным разрывным нарушениям. В пределах отдельных разломов характер распределения различных индикаторов линеаментов также неравномерный. Анализ данного пространственного распределения позволяет определить раскрытость структур на отдельных участках, что важно при оценке трещинной проницаемости пород.

Таким образом, установленные разрывные нарушения представляют собой каркас тектонической структуры территории исследований, а движения по ним определяют образование локальных блоков, поднятий. При дешифровании МАКС намечился общий рисунок сети разрывных нарушений и очертились области их АГДВ, выявились отдельные локальные разрывы. Эти данные легли в основу регионального структурно-тектонического районирования Коростенского плутона и прилегающей территории ЗО масштаба 1:200 000 (рис. 1).

По нашим данным [6–8 и др.], район работ расположен в пределах узла пересечения двух больших региональных структур субмеридионального и субширотного простирания. Первая структура отвечает известной Одесско-Брусиловской зоне глубинных разломов, которая, начиная с архея, имела влияние на строение Украинского щита (УЩ) в целом. Она контролирует многочисленные проявления гидротермально-метасоматических процессов. Формирование данной зоны связано с глубокой перестройкой земной коры [14].

На территории исследований в Одесско-Брусиловской зоне глубинных разломов выделяется ограничивающее ее региональную структуру Брусиловское нарушение. Кроме того, в зоне установлены еще несколько структур высшего порядка. Все линейные объекты субмеридионального простирания в большинстве своем плохо дешифрируются на МАКС. Каждая из них имеет относительно небольшую протяженность.

По данным обзорных материалов космосъемки субширотная структура в регионе прослеживается далеко на запад, фактически к побережью Атлантического океана, а также на восток. Без сомнения, это региональный глубинный разлом. В пределах данной структуры размещается Северо-Украинская горсто-грабеновая зона [15]. Структура имеет очень неоднородное строение, прошла сложный путь развития. Вертикальные перемещения пород по ней происходили, начиная с рифея, в течение всего фанерозоя, включая неотектонический и современный этапы.

Субширотные линейные объекты относительно равномерно расположены на всей территории, так что установить границы между отдельными из них достаточно сложно. На МАКС и топокартах они четко отображаются, легко дешифрируются, а соответствующие им индикаторы имеют значительную протяженность.

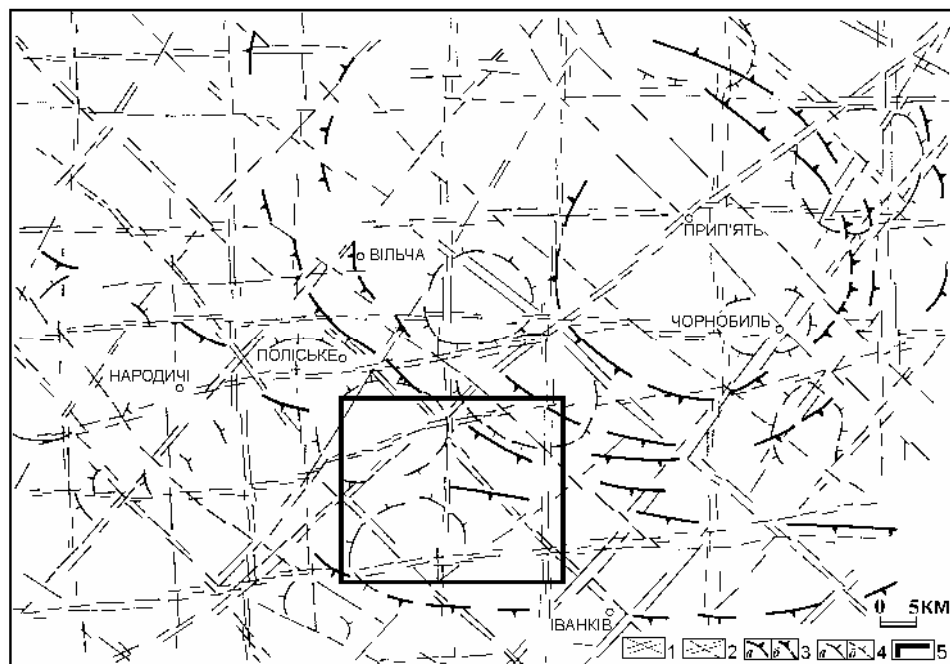


Рис. 1. Схема основных линеаментов и кольцевых структур района Коростенского плутона и прилегающей территории зоны отчуждения ЧАЭС (по результатам дешифрирования материалов дистанционных съемок): 1, 2 – линеаменты и их зоны, которые отображают разломно-блоковый каркас кристаллического фундамента и осадочного чехла: 1 – уверенно выделенные, 2 – неуверенно выделенные; 3 – контуры кольцевых и дугообразных элементов ландшафта, отдешифрированных на КС высокого уровня генерализации, которые вероятно отображают связанные с подкоровым магматизмом структуры: а) уверенно выделенные, б) неуверенно выделенные; 4 – криволинейные элементы ландшафта, выявленные на средне- и крупномасштабных КС и отображающие активизированные на новейшем этапе блоки кристаллического фундамента: а) уверенно выделенные, б) неуверенно выделенные; 5 – Вереснянский участок детальных исследований.

Еще одной крупной структурой, хоть и меньшей, чем вышеописанные, является Тетеревская северо-восточного простирания, соответствующая одноименной зоне глубинных разломов [5]. Это система мантийных дизъюнктивов, сформированных в раннем докембрии с многократной тектонической активизацией, включая неотектонический этап развития. Их активность отобразилась преимущественно в виде подъема территории, что фиксируется относительно повышенными значениями отметок поверхности фундамента. Тетеревская зона состоит из двух краевых разломов: Тетеревского-I и Тетеревского-II, которые ее ограничивают. Вдоль первого из них, который прослеживается в рассматриваемом районе, наблюдается изменение характера магнитного и гравитационного полей.

Северо-западные разломы в регионе имеют достаточно значительную протяженность. Они хорошо выделяются по комплексу индикаторов по результатам дешифрирования МАКС и топокарт. В отличие от структур субширотного и субмеридионального направлений, северо-западные и северо-восточные структуры имеют четкие границы.

Исходя из длины разрывных нарушений разного направления, их отображение в современном ландшафте описываемой территории, характера распределения разломов по площади, особенностей их строения и по аналогии с другими регионами УЩ и Восточно-Европейской платформы (ВЕП), дизъюнктивы субмеридионального простирания отнесены нами к структурам растяжения, по которым происходило опускание слоев земной коры. Субширотные нарушения являются типичными структурами сжатия, по которым происходило поднятие горных пород со значительной амплитудой, о чем свидетельствуют данные геологических исследований. Разломы северо-восточного и северо-западного направления – это структуры скола, на что указывает характер их отображения в элементах ландшафта.

Следовательно, формирование современных разломов территории исследований происходит в условиях субмеридионального сжатия и субширотного относительного растяжения. Аналогичная ориентировка тектонических напряжений установлена и в других районах УЩ и ВЕП.

Таким образом, комплексом исследований с применением МДС установлено, что в целом сеть линеаментов и их зон отображает региональный геотектонический разломно-блоковый каркас кристаллической основы и осадочного чехла, который определяет общий структурный план региона и схему расположения в его пределах отдельных геологических объектов.

2.2. Детальные исследования

Как отмечалось выше, анализ пространственной организации выявленных разрывных нарушений, областей их АГДВ дал возможность выделить блоковые поля рассматриваемого района. Ввиду конкретной тематической направленности исследований, особое внимание было обращено на относительно стабильные, монолитные блоки земной коры, отображение которых в ландшафте дневной поверхности характеризуется низкой степенью расчлененности рельефа и динамикой современных эрозийных процессов. В пределах данных блоков отсутствуют реки, другие постоянно действующие водотоки, градиентные уступы в рельефе и т. п. Поэтому по результатам дешифрирования МАКС и топокарт для них присущие минимальные значения плотностей дискретных элементарных линеаментов (структурных линий), которые в совокупности представляют собой соответствующее поле. В частности, в пределах восточного склона Коростенского массива кристаллических пород был выделен Вереснянский участок (рис. 1).

При исследовании данного участка за основу был принят вышеописанный каркас региональной тектонической структуры территории работ, который в первом приближении удалось детализировать, используя имеющиеся детальные высотные фотоснимки и топокарты. Так установлено, что линеаментные структуры

северо-восточной ориентации прослежены здесь по линиям соответствующих отрезков рек Вересня, Олешня, Термаховочка, Болотная и Бобер; северо-западного простирания – вдоль отрезков рр. Чертовец и Болотная. Зоны субмеридионального и субширотного направления выявлены по линейным индикаторам определенных отрезков долины р. Вересня.

При непосредственном изучении общей структуры поля элементарных линеаментов в пределах исследованного Вереснянского участка замечено, что разноориентированные, разъединенные линейные элементы группируются в линеаменты и их зоны, насыщая и отображая внутреннее строение последних. Они объединяются в закономерно построенные системы определенных направлений, главными из которых являются диагональные с преобладанием азимутов простирания от 305° до 330° (северо-западные) и $35-45^\circ$ (северо-восточные), а также ортогональные, направленные по азимуту $0^\circ \pm 5^\circ$ (субмеридиональные) и $270^\circ \pm 5^\circ$ и 255° (субширотные). Данные системы контролируют друг друга простиранием и размерами. Практически каждая из систем находит перпендикулярную к ней систему, образуя с ней динамопару. При этом подавляющее развитие имеет одна из них. В пределах той или другой локальной площади Вереснянского участка доминируют структурные линии, которые имеют то или иное направление (рис. 1, 2). По простираниям линейные элементы хорошо совпадают с установленными разными методами [12, 13] основными системами разломов Украины. Последние на платформенном этапе развивались сопряженно, образуя единственную динамическую систему соподчиненно связанных нарушений диагональной и ортогональной ориентации, которые стойко объединяются.

Вышеприведенные данные позволяют сделать правомерный вывод о том, что большинство отдешифрованных на МАКС линеаментов и их зон в пределах Вереснянского участка прослеживается вдоль осей разрядки напряженно-деформационного состояния горных пород. Тем самым они индицируют наличие локальных дизъюнктивных нарушений или составных разрывных структур разных морфогенетических типов более низкого ранга, которые развиты в земной коре района и являются границами основных блоковых полей. В пределах последних происходит локализация аномальных полей геодинамических напряжений.

Сравнительно со структурно-тектонической схемой района работ масштаба 1:200 000, которая была получена нами на региональном этапе исследований, в пределах Вереснянского участка на детальном уровне (масштаб 1:100 000) было уточнено внутреннее строение зон основных разломов (Брусилковского и Тетеревского-I), а также образованных ими блоков. Так, в пределах последних выявлен ряд субширотных (11–11, 12–12) неоднородных линейных зон (рис. 2).

По морфологическим признакам большинство уточненных разрывных деформаций в плане представлены типичными сдвигами (собственно сдвигами и трансформными дизъюнктивами), которые связаны с горизонтальным перемещением масс горных пород. Это вытекает из анализа внутреннего строения зон, представляющих собой полосы кулисно-расположенных продольных отдельных сколов, а также из пространственного их соотношения. Последнее ярко

выражено в узлах пересечения этих дислокаций, где результаты сдвиговых горизонтальных перемещений проявились наиболее четко.

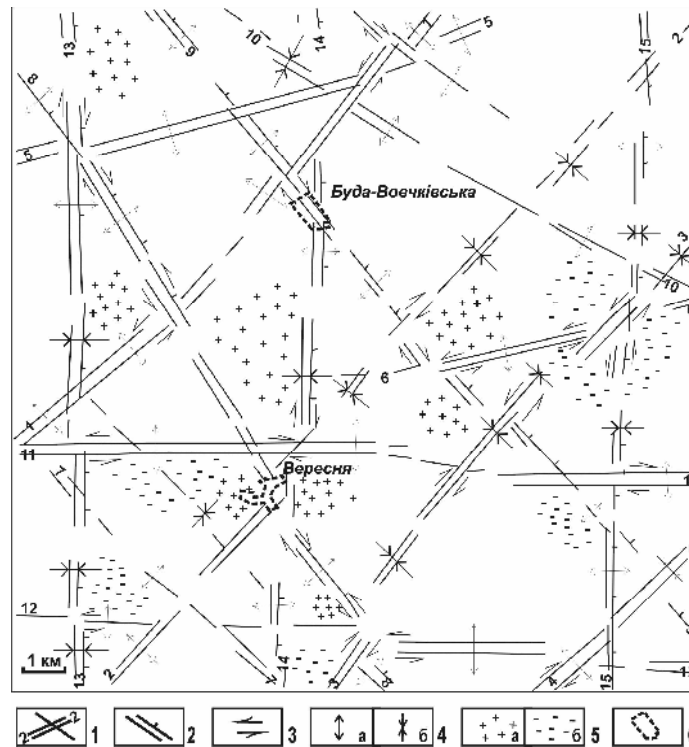


Рис. 2. Схема разломно-блокового строения Вереснянского участка с элементами современной геодинамики (по результатам дешифрирования материалов дистанционных съемок): 1 – линеаменты и их зоны, отображающие разломно-блоковый каркас кристаллического фундамента и осадочного чехла, 2 – предполагаемые направления падения плоскостей сбрасывателей дизъюнктивов, 3 – отрезки выявленных и предполагаемых разрывных нарушений с четко выраженной сдвиговой составляющей, 4 – прогнозируемые линейные зоны растяжения (а) и сжатия (б), 5 – локальные области подавляющего развития напряжений сжатия (а) и растяжения (б), 6 – контуры населенных пунктов.

В то же время по отдешифрированным геоиндикационным признакам (по большей части позитивные формы рельефа для висячего крыла и негативные – для лежащего) некоторые зоны северо-западного и субмеридионального направления интерпретируются как сбросо-сдвиги. И этот факт не противоречит имеющимся результатам геофизических работ, согласно с которыми в пределах территории исследований именно в северо-восточном и субширотном направлениях наблюдается медленное погружение поверхности докембрийского кристаллического фундамента и покрывающих его отложений чехла. Очевидно, по своей структурной выраженности эти нарушения отличаются небольшой

амплитудой вертикальных перемещений, морфологически представляясь согласными сбросами, образующими систему согласных уступов (ступеней).

Таким образом, на основе тектонофизической интерпретации имеющихся данных дешифрирования МАКС и геолого-геофизических работ в пределах района исследований выявлены закономерности системной организации разломно-блоковых структур. Более детальный анализ распределения разнонаправленных деформаций на Вереснянском участке позволил выделить локальные области преобладающего развития напряжений растяжения и сжатия, которые в основном тяготеют к узлам пересечения парагенетически связанных диагональных и ортогональных дизъюнктивов (рис. 2). Части локальных блоков, которые испытывают действие сил сжатия, в пределах участка, в частности, закартированы между 9–9 и 13–13, 1–1 и 13–13, 8–8 и 14–14, 2–2 и 6–6, 9–9 и 11–11, 2–2 и 11–11 и 11–11 и 14–14 зонами нарушений. В элементах ландшафта дневной поверхности для них присущие позитивные формы рельефа (в основном водоразделы), увеличение части песчаных литофаций и т. п. На наш взгляд, именно в пределах этих площадей необходимо в последующем детализировать структурно-тектонические особенности глубокозалегающих горизонтов земной коры, выполнять геодинамические реконструкции, но на другой, более высокоточной информационной основе.

Площади доминирующего развития деформаций растяжения на Вереснянском участке выявлены между 6–6 и 10–10, 3–3 и 15–15, 11–11 и 13–13, 9–9 и 15–15, 7–7 и 13–13, 3–3 и 14–14 зонами разрывов. Для них, соответственно, характерны негативные формы рельефа, что проявляется развитием площадного заболачивания, наличием мелких озер, небольших водоемов, равномерно расположенных микрозападин и суффузионных проседаний в результате бессточного характера поверхностных вод. На АФС, в частности, они индицируются наличием особых почвенно-геоботанических признаков, которые, преимущественно, отличаются аномальным (более темным) фототонном изображения от соседних площадей.

ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

Таким образом, по результатам проведенных исследований разломно-блокового строения рассмотренного района с применением ДЗЗ/ГИС-технологий создана уточненная структурно-тектоническая картосхема масштаба 1:200 000 для территории ЗО ЧАЭС, а для Вереснянского участка детальных работ – масштаба 1:100 000 (рис. 2). Эти схемы существенно дополняют аналогичные существующие карты, особенно в отображении объектов дизъюнктивного генезиса.

В пределах Вереснянского участка предварительно выделены перспективные площадки для захоронения РАО в глубинных геологических формациях. Однако, они еще нуждаются в последующей детализации, для чего необходима дополнительная проработка более качественных МАКС и совместная интерпретация результатов их дешифрирования с априорными данными геолого-геофизических работ, которые должны соответствовать требованиям масштаба исследований. Например, в условиях значительной залесенности территории, слабо расчлененного рельефа использование материалов разносезонной сканерной многозональной космической съемки высокого пространственного разрешения на

местности (в спутника «Ikonos» – 1 м в пикселе для панхроматического снимка и 4 м в зональных снимках; в спутника «IRS» – 5,8 и 23 м соответственно), современной детальной (масштаба 1:12 000 и крупнее) интегральной и спектрзональной аэрофотосъемки, тепловой и радиолокационной дистанционной съемки, а также детальных (масштаба 1:10 000) топокарт, применение универсального программного продукта обработки изображений ERDAS Imagine, компьютерных программ линеаментного анализа и т. п. будет значительно более эффективным, информативным и достоверным при уточнении структурно-геоморфологических особенностей, картографировании новых линейных и площадных структурных неоднородностей геологической среды, установлении локальных закономерностей их пространственной организации, типизации предполагаемых разрывных деформаций по морфологии, очерчивании области их АГДВ и дифференциации по степени раскрытости в пределах Вереснянского или других альтернативных участков.

Список литературы

1. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2006 році / [Шуфрич Н. І., Джарти В. Г., Патон Б. Є. та ін.]. – К.: Аг-во «Чорнобильінтерінформ», 2007. – 236 с.
2. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2007 році / [Шандра В. М., Філіпчук Г. Г., Данилишин Б. М. та ін.]. – К.: Аг-во «Чорнобильінтерінформ», 2008. – 229 с.
3. 20 років Чорнобильської катастрофи. Погляд у майбутнє: Національна доповідь України. – К.: Атіка, 2006. – 224 с.
4. Состояние проблемы захоронения радиоактивных отходов в Украине и геологические аспекты их изоляции / [Э. В. Соболевич, В. М. Шестопапов, Р. Я. Белевцев, Б. Г. Яковлев] // Проблемы Чорнобильської зони відчуження. – 1996. – Вип. 3. – С. 5–16.
5. Тектоника нефтегазоносных областей юго-запада СССР (Объясн. записка к Тектон. карте нефтегазоносн. областей юго-запада СССР с использованием материалов косм. съемок. – М-б 1:500 000) / [Гарецкий Р. Г., Глушко В. В., Крылов Н. А. и др.] – М.: Наука, 1988. – 85 с.
6. Застосування матеріалів дистанційних зйомок при виявленні ділянок, сприятливих для захоронення РАВ у Зоні відчуження / О. Т. Азімов, Ю. Ф. Руденко, А. Я. Ходоровський [та ін.] // Геохімія та екологія: Зб. наук. пр. ІГНС НАН та МНС України. – К., 2001. – Вип. 3/4. – С. 292–301.
7. Азімов О. Т. Комплексні аерокосмогеологічні дослідження території Зони відчуження ЧАЕС і прилеглої району Коростенського плутону при виборі локальних площадок, придатних для глибинного депонування радіоактивних відходів / О. Т. Азімов // Косм. наука і технологія. – 2002. – 8, № 2/3. – С. 134–142.
8. Азімов О. Т. Дослідження тектонічних особливостей району Коростенського масиву кристалічних порід та території зони відчуження ЧАЕС за даними дешифрування аеро- і космознімків з метою вибору перспективних площадок для глибинного захоронення РАВ / О. Т. Азімов // Сб. науч. тр. НГА України. – Днепропетровск, 2001. – № 12, т. 1. – С. 284–289.
9. Азімов О. Т. Дослідження особливостей тектонічної будови території Зони відчуження ЧАЕС за комплексом матеріалів дистанційного зондування Землі з метою виявлення ділянок, придатних для поховання радіоактивних відходів у глибинних геологічних формаціях / О. Т. Азімов // Сб. науч. стат. к X Юбил. междунар. науч.-техн. конф. «Экология и здоровье человека. Охрана водного и воздушного бассейнов. Утилизация отходов» (10-14 июня 2002 г., г. Щелкино, АР Крым). В 2-х т. – Харьков: Фирма «Курсор», 2002. – Т. 2. – С. 520–523.
10. Кац Я. Г. Основы линеаментной тектоники / Я. Г. Кац, А. И. Полетаев, Э. Ф. Румянцева. – М.: Недра, 1986. – 140 с.
11. Космическая информация в геологии / Под ред. В. Г. Трифонова [и др.]. – М.: Наука, 1983. – 534 с.

12. Чебаненко І. І. Розломна тектоніка України / І. І. Чебаненко. – Київ: Наук. думка, 1966. – 179 с.
13. Чебаненко И. И. Теоретические аспекты тектонической делимости земной коры (на примере Украины) / И. И. Чебаненко. – Киев: Наук. думка, 1977. – 84 с.
14. Соллогуб В. Б. Земная кора Украины / В. Б. Соллогуб // Геофиз. сб. – 1982. – 4, № 4. – С. 3–25.
15. Гойжевський О. О. Північно-Українська горстovo-гребенова зона у межах Українського щита / О. О. Гойжевський // Геол. журн. – 1972. – 32, вип. 5. – С. 81–88.

Азімов О. Т. Застосування ДЗЗ/ГІС-технологій при оцінці сучасної геодинаміки територій у контексті вирішення проблеми геологічної ізоляції небезпечних промислових відходів / О. Т. Азімов // Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія: Географія. – 2011. – Т.24 (63). – № 3 – С. 3-15.

На основі аналізу елементів ландшафту за матеріалами дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) у межах району Коростенського плутону визначені основні індикатори структур диз'юнктивного характеру. Встановлено, що на території мережа лінементів та їх зон загалом відображає регіональний геотектонічний розломно-блоковий каркас фундаменту й осадочного чохла. Використовуючи геоінформаційні системи (ГІС), складено структурно-тектонічна схема району на сучасному етапі його розвитку. Вона є основою подальшого вивчення особливостей геологічної будови території з метою локалізації ділянок, сприятливих для захоронення радіоактивних відходів (РАВ). У межах однієї з них – Вереснянської – аналіз просторового розподілу локальних областей розвитку деформацій розтягнення і стиснення на сучасному етапі тектогенезу дозволив попередньо намітити перспективні площадки для захоронення РАВ.

Ключові слова: дешифрування, лінементи, диз'юнктивні структури, деформації, відходи.

Azimov O. T. RSE/GIS-technologies applying for recent geodynamics assessment of territories in the context of the geological isolation problem of the dangerous industrial waste / O. T. Azimov // Scientific Notes of Taurida National V. I. Vernadsky University. – Series: Geography. – 2011. – Vol. 24 (63). – № 3 – P. 3-15.

Analysis of the landscape units using of remote sensing of the Earth (RSE) data for the Korostensky pluton region shows the main indicators of the structures with disjunctive character. It was determined that lineaments network and their zones as a whole within the territory in question represents the regional geotectonic fault-block frame of the basement and sedimentary cover. Using geoinformation system (GIS) it was compiled the structure-tectonic scheme for the region at the recent stage of its evolution. The scheme is a base of the subsequent study for the territory's geological structure features to localize the sites appropriate for the radioactive waste (RAW) disposal. Within one of them – the Veresnia site – the analysis of a space allocation of local areas with process of tension and contraction deformations at the recent tectogenesis stage allows to outline the long-term grounds for the RAW disposal.

Keywords: decoding, lineaments, disjunctive structures, deformations, waste.

Поступила в редакцію 15.04.2011 г.