

УДК 528.83/.88:550.8.05:(55:004)

**КОНЦЕПЦИЯ СОЗДАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ОБРАБОТКИ–
ДЕШИФРИРОВАНИЯ–ИНТЕРПРЕТАЦИИ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО
ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ НА ОСНОВЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ**

Азимов А.Т.

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

Охарактеризована разработанная концептуальная обобщенная технологическая модульная схема обработки, дешифрирования и геологической интерпретации материалов аэрокосмических съемок в комплексе с данными геолого-геофизических исследований на основе использования геоинформационных технологий.

Ключевые слова: технологическая схема, геоинформационные технологии, пространственно распределенные данные.

ВВЕДЕНИЕ

Анализ большинства опубликованных специализированных источников [1–4 и др.], а также предыдущий многолетний опыт исследований автора свидетельствует о том, что традиционная методика использования данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) при решении различных геологосъемочных, геологоразведочных и геологопоисковых работ имела следующую структуру (технологическую последовательность): сбор необходимых архивных и заказанных материалов аэрокосмических съемок; проблемно ориентированный анализ и обработка данных ДЗЗ, результатом которых является создание дистанционной основы той или иной геологической карты; тематическое дешифрирование дистанционной основы; интерпретация схем дешифрирования; составление тематических карт и схем с легендами или условными обозначениями; передача и бережение указанных карт и схем. Однако, при этом фактор внедрения и применения компьютерных технологий обработки/интерпретации данных различной физической природы имел незначительный уровень.

Тем не менее, в последние годы в связи с активным развитием геоинформационных технологий их достижения все шире используются при геологических работах различного масштаба и целевого назначения. Это же касается и современных аэрокосмогеологических исследований (АКГИ) различного тематического направления. Об этом говорят и изложенные в последние годы в литературе их основные результаты [5–8 и др.]. Главный итог этих АКГИ можно сформулировать так: в общем, определена концепция и разработан ряд технологических схем преобразования/интерпретации данных ДЗЗ, в большинстве

своем при реализации конкретных тематических разработок, в частности, при нефтегазопроисловых работах.

Вместе с тем решение проблемы внедрения геоинформационных технологий в практику дистанционных методов изучения геологического строения территорий выдвигает ряд более общих как научных, так и собственно технических задач. Среди них, прежде всего, не разработана общепринятая концепция и не создана универсальная технологическая схема обработки, дешифрирования и геологической интерпретации данных ДЗЗ на основе применения компьютерных средств и программ. Исследования в этой сфере продолжаются. Таким образом, целью данной статьи является рассмотрение предложенной автором [9, 10] концепции создания обобщенной схемы обработки/интерпретации материалов ДЗЗ с привлечением геоинформационных технологий при работах геологического профиля, а также основных составляющих этой схемы. Новизна разработки заключается именно в том, что схема по сравнению с предыдущими аналогами имеет обобщающий характер при выполнении АКГИ самых разнообразных направлений, а не сугубо узкотематических.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА ИССЛЕДОВАНИЙ

Автор на протяжении ряда лет изучал дизъюнктивные структуры, связанные с ними процессы и другие геологические объекты (например, залежи углеводородов – УВ, рудные тела и пр.), придерживаясь при этом признанных теоретико-методологических основ проведения АКГИ, технологической последовательности использования данных ДЗЗ. Учитывая и обобщая известные компьютеризованные методы, методические подходы и приемы работы с комплексом материалов аэрокосмических съемок и априорных результатов геолого-геофизических работ, также основные этапы их выполнения и последовательность соответствующих операций как следствие была разработана концептуальная обобщенная технологическая модульная схема обработки, дешифрирования и геологической интерпретации данных ДЗЗ (рис. 1). Она разработана на основе использования геоинформационных технологий. Главной тематической направленностью схемы (ее целью) является выявление и определение характеристик дизъюнктивных дислокаций земной коры. Эта схема реализуется в своеобразной геоинформационной системе, основными составляющими которой являются база знаний (БЗ), база данных (БД) и программное обеспечение, предназначенное для управления БД и тематической обработкой данных. Подобные подходы также исповедуют другие специалисты [5, 6 и др.]. В целом схема состоит из четырех основных этапов: постановки задачи, формирования БЗ и БД, обработки и анализа данных на основе использования географических информационных систем (ГИС), комплексного анализа и геологической интерпретации интегрированной в ГИС информации. Ниже охарактеризуем их более детально.

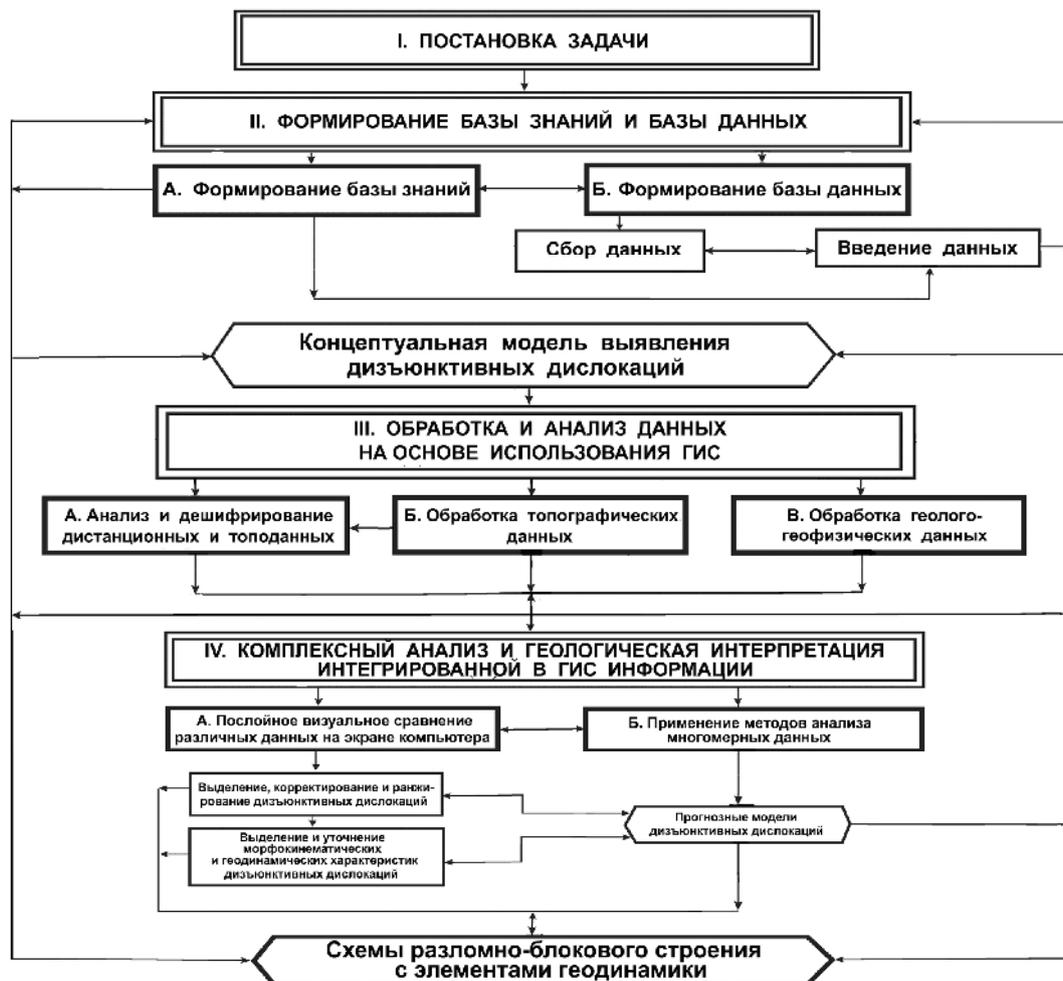


Рис. 1. Концептуальная технологическая модульная схема преобразования, дешифрирования и геологической интерпретации данных ДЗЗ на основе использования геоинформационных технологий с целью выявления и определения характеристик дизъюнктивных дислокаций земной коры (упрощенный вариант).

Этап постановки задачи

В зависимости от этапа и стадии геологоразведочных работ, при которых используются данные ДЗЗ, с помощью разработанной технологии могут решаться задачи различного масштабного уровня:

тектоническое районирование и районирование территории по перспективности на какие-то полезные ископаемые (другие объекты поиска) с

выделением основных разломов, разрывов, участков/площадей, перспективных на выявление каких-то полезных ископаемых (других объектов поиска или исследования);

– выделение разломно-блоковых полей, нефтегазо- или рудовмещающих локальных структур в их пределах, иных целевых объектов с определением очередности их последующего изучения разными геолого-геофизическими методами и поисковым бурением;

– детальное изучение перспективных площадей (нефтегазо- или рудоперспективных, благоприятных на поиски других разнообразных тематических объектов) для более рационального размещения разведывательных скважин и выделения участков, в пределах которых возможны осложнения (например участков, связанных с дизъюнктивной тектоникой) при бурении, других горных работах.

Формирование базы знаний

БЗ включает знания специалистов-экспертов о предмете исследований, методике использования и обработки данных ДЗЗ, моделях объектов исследований и причинно-следственных связях их образования и развития, которые необходимы для решения поставленных задач. В частности, БЗ для целей различения дизъюнктивных деформаций содержит сведения об их рангах, генезисе, глубине проникновения (затухания), морфокинематических характеристиках, времени их заложения, активизации, ремобилизации, особенностях новейшей и современной активности, а также о складчатых структурах и вещественных комплексах, которые связаны с ними как пространственно, так и по происхождению.

Необходимо выполнение типизации (классификации) разноранговых объектов поиска (например, разломов, разрывных нарушений высшего порядка, ловушек УВ, рудовмещающих зон и т.п.) как по геологическим признаками, так и по ландшафтной (в частности геоморфологической) и дистанционной их выраженности, степени неотектонической активности. Необходимо также проведение анализа геоиндикационных связей рельефа, компонентов ландшафта в целом, рисунка изображения на данных ДЗЗ с одной стороны и особенностей геологического строения с другой.

Формирование базы данных

БД представляет собой совокупность данных, которые отображают состояние объектов исследований и их отношений, необходимых для решения поставленных задач. Она формируется в зависимости от содержания заданий прогноза (поиска) объектов изучения, а также от иерархического уровня этих объектов и должна отвечать БЗ. БД в целом включает аэрокосмосъемочные, широкий спектр геолого-геофизических (в частности геохимические, гидрогеологические и т.п.) и ландшафтных (включая геоморфологические и др.) данных. Главным образом они представляются в виде картографических материалов.

Целесообразно составлять несколько БД на одну и ту же территорию в разных масштабах. Так, для выделения регионального разломно-блокового каркаса,

прогнозирования зон нефтегазонакопления, рудоконтролирующих зон и построения соответствующих схем и карт (в частности, тематического районирования) необходимы БД в масштабах 1:1 000 000 и 1:500 000, для выявления дизъюнктивов зонального ранга, прогнозирования зон развития и конкретных локальных нефтегазо- и рудоперспективных структур – в масштабах 1:200 000, 1:100 000 и крупнее, для детального изучения площадей и месторождений – в масштабах 1:50 000, 1:25 000 и крупнее.

Аэрокосмические цифровые данные заносятся в БД в растровом формате, т. е. в виде матрицы значений, которые передают информацию о яркости или тепловых свойствах земной/водной поверхности в диапазоне значений от 0 до 255 (байтовое выражение). Фотоизображения и картографические материалы на бумажных носителях преобразуются в электронный формат (вводятся в компьютер с помощью сканера). Затем картографические данные оцифровываются (векторизируются).

В целом, чем больше геолого-геофизической и ландшафтной информации содержится в БД (в разумных пределах) и чем выше ее достоверность, тем лучшим, обычно, является качество моделей прогнозных или исследуемых объектов.

Концептуальные модели прогнозируемых или исследуемых объектов формируются, исходя из анализа БЗ и БД (рис. 1). На их основе выбираются методы и методические приемы тематической обработки данных и соответствующее программное обеспечение для ее выполнения и управления БД.

Обработка и анализ данных на основе использования ГИС

Первой стадией анализа является визуальное дешифрирование данных ДЗЗ в разных зонах спектра электромагнитных волн, которое проводится для определения самых информативных диапазонов съемки, построения схем основных тектонических элементов и схем геоморфологического районирования. Основываясь на визуальном дешифрировании, анализируются особенности отображения глубинных геологических структур в рельефе, других компонентах ландшафта, а также на данных ДЗЗ, выделяются разрывные нарушения и разделенные ими блоки земной коры с разными ландшафтными характеристиками и различными типами выраженности прогнозных объектов, определяются методы последующей цифровой обработки материалов.

Важной стадией обработки многозональных (гиперспектральных) данных ДЗЗ является анализ соответствующих снимков, который включает метод цветных композиций, арифметические операции с разными каналами изображений. Первый из них основывается на синтезе в псевдоцветах пространственно совмещенных изображений, полученных в отдельных узких диапазонах электромагнитного спектра и которые передают яркостные параметры природных объектов в этих зонах.

Методы, использующие арифметические операции, относительно данных ДЗЗ в разных зонах спектра делают возможными выделение более тонких отличий в отображении разнообразных природных образований на изображениях этих зон спектра.

Известно, что рельеф земной поверхности является одним из весомых геоиндикаторов глубинной структуры изучаемых территорий. Обычно абсолютные отметки рельефа, а также геологические (включая геохимические, гидрогеологические, др.) и геофизические данные представляются на картах в форме изолиний. С целью интеграции в комплексную цифровую обработку данных их необходимо иметь (или нужно превратить) в формате матрицы значений. Причем это представление (трансформация) должно быть с шагом, который равняется размеру пикселя цифрового дистанционного снимка. То есть необходимо получить цифровую модель рельефа земной поверхности, структурных горизонтов земной коры, цифровые модели геофизических, геохимических полей и т. п.

Одной из стадий обработки результатов дешифрирования данных ДЗЗ является линеаментный анализ. Он относится к самым эффективным методам изучения внутреннего строения территорий. Основное его задание в наших исследованиях – определение зон разломов и разрывов, разделенных ими блоков земной коры, характеризующихся разной пространственной организацией поля линеаментов.

Комплексный анализ и геологическая интерпретация интегрированной в ГИС информации

Для установления связей между моделями, полученными на этапе обработки данных, и глубинными геологическими структурами, а также с целью определения самых информативных геоиндикаторов для формирования прогнозных или исследуемых моделей выполняется комплексный анализ информации. Он разделяется на два подэтапа.

На первом подэтапе на основе концептуальной модели анализируются отдельные признаки: исходные данные ДЗЗ, результаты их обработки, схемы геоиндикаторов и их характеристики. На втором подэтапе анализируются отдельные схемы и модели, которые построены по нескольким признакам.

Комплексный анализ информации реализуется разными способами (рис. 1):

- визуальным послойным сопоставлением различных данных на экране компьютера;
- методами анализа многомерных данных.

Первый из них является самым быстрым и самым простым способом комплексного анализа. Он может выполняться с помощью любой векторной ГИС. Последовательное наложение векторных слоев позволяет выявить самые общие закономерности размещения разломно-блоковых полей, месторождений и проявлений полезных ископаемых, проследить степень выраженности прогнозных объектов во всех анализируемых слоях. Выделенные новые характеристики объектов, отличающиеся от концептуальных либо уточняющие их, включаются в БД и БЗ.

Методы анализа многомерных данных (классификация, главных компонент, корреляционный, регрессионный, факторный анализ и т. п. [5, 6, 11–13 и др.]) применяются с целью оценки структуры и взаимозависимости используемых данных, их роли в отображении разноранговых геологических объектов, а также с целью установления признаков для построения моделей прогноза или исследования.

ВЫВОДЫ

Таким образом, предложенная нами концептуальная технологическая схема имеет модульный характер. То есть в зависимости от уровня задач исследования поисковых объектов (глобальный, региональный, зональный или локальный), их сложности и полноты, а также от объема имеющихся дистанционных и геолого-геофизических материалов могут применяться отдельные ее модули (составляющие части).

Охарактеризованная технологическая схема разработана, опытно-методически апробирована и практически реализована при исследовании характеристик разрывных нарушений земной коры в различных условиях ландшафтно-геологического строения Украины в рамках решения ряда научных и прикладных задач недропользования и геоэкологии. В дальнейшем есть смысл целенаправленно модифицировать ее для решения актуальных проблем поисковой геологии, в частности выделения потенциальных нефтегазовых ловушек, различных рудных тел, оценки их продуктивности и т. п.

Список литературы

1. Временные методические рекомендации по применению материалов космической съемки при геологическом изучении платформенной части УССР / [Николаенко Б. А., Веремьев П. С., Кубышкина Л. К. и др.]. – Киев : ЦТЭ, 1983. – 77 с.
2. Временные методические рекомендации по аэрокосмогеологическим исследованиям и использованию их при нефтегазопроисловых работах / [Готынян В. С., Кострюков М. И., Лаврусь В. П. и др.]. – М. : ИГиРГИ, 1987. – 158 с.
3. Глубинные разломы и методика аэрокосмогеологических исследований при нефтегазопроисловых работах в Днепровско-Припятском авлакогене / [Чебаненко И. И., Готынян В. С., Жиловский Н. И. и др.]. – Киев : Ин-т геол. наук АН УССР, 1988. – 55 с. – (Препринт / АН УССР, Ин-т геол. наук ; 88-31).
4. Карта линейных и кольцевых структур Украинской ССР (по материалам космических съемок). М-б 1:1 000 000 / [Николаенко Б. А., Быстревская С. С., Воловик В. Т. и др.]. – Киев : ЦТЭ, 1989. – 113 с.
5. Смирнова И. О. ГИС-технология обработки и интерпретации материалов дистанционного зондирования для изучения тектонических критериев размещения месторождений углеводородов / И. О. Смирнова, А. А. Русанова // Отечественная геология. – 1999. – № 6. – С. 32–40.
6. Аэрокосмические методы геологических исследований / Под ред. А. В. Перцова. – СПб. : Изд-во СПб картфабрики ВСЕГЕИ, 2000. – 316 с.
7. Веклич Ю. М. Розробка та вдосконалення методики геокартування та складання цифрових геологічних карт, включаючи їх дистанційну основу / Веклич Ю. М., Целік В. В., Янцевич О. О. : Звіт про НДР 604 (заключний) / УкрДГРІ. – № ДР У-03-135/40. – К., 2005. – Книга 1. Текст. – 295 с.
8. Розробка методичних рекомендацій з аэрокосмогеологічних досліджень та використання їх результатів при геологорозвідувальних роботах. / [Мичак А. Г., Філіпович В. С., Тарангул Д. О. та ін.] Звіт про НДР / ЦАКДЗ ІГН НАН України. – № ДР 0105U000753. – К., 2005. – 184 с.
9. Азімов О. Т. Дослідження диз'юнктивних дислокацій земної кори аэрокосмічними методами (на прикладі регіонів України) : дис. д-ра геол. наук : 04.00.01 “Загальна та регіональна геологія” / Азімов Олександр Тельманович / ІГН НАН України. – К., 2008. – 485 с.

10. Азімов О. Т. Геоінформатика у проблемі створення технологічної схеми обробки/інтерпретації даних аерокосмічних зйомок при вирішенні геологічних завдань / О. Т. Азімов // Матеріали ІХ Міжнар. наук. конф. «Моніторинг геологічних процесів» (м. Київ, 14-17 жовт. 2009 р.). – К. : КНУ ім. Т. Шевченка, 2009. – С. 235–238.
11. Геоиндикационное моделирование (с использованием материалов аэро- и космических съемок) / [Можаев Б. Н., Афанасьев Н. Ф., Астахов В. И. и др.]. – Л. : Недра, 1984. – 247 с.
12. Системний підхід до вивчення нафтогазоносних територій дистанційними методами на прикладі ДК «Укргазвидобування» / [В. В. Дячук, А. В. Лизанець, В. В. Бабаєв та ін.] – Геоінформатика. 2002. – № 1. – С. 70–76.
13. Бусыгин Б. С. ГИС-технология поисков золота в Западном Узбекистане / Б. С. Бусыгин, С. Л. Никулин, В. А. Бойко – Там само. – 2006. – № 1. – С. 44–49.

Азімов О. Т. Концепція створення технологічної схеми обробки–дешифрування–інтерпретації даних дистанційного зондування Землі на основі геоінформаційних технологій для вирішення геологічних завдань / О. Т. Азімов // Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія: Географія. – 2010. – Т.23 (62). – №2 – С. 22-29.

Охарактеризовано розроблену концептуальну узагальнену технологічну модульну схему оброблення, дешифрування і геологічної інтерпретації матеріалів аерокосмічних знімків у комплексі з даними геолого-геофізичних досліджень на підставі використання геоінформаційних технологій.

Ключові слова: технологічна схема, геоінформаційні технології, просторово розподілені дані.

Azimov O. T. Conception of generation of the flowchart of transformation, decoding and geologic interpretation of remote sensing data on a based of geoinformation technologies for geologic objectives solving / O. T. Azimov // Scientific Notes of Taurida National V. Vernadsky University. – Series: Geography. – 2010. – Vol. 23 (62). – №2 – P. 22-29.

The designed conceptual generic modular flowchart of transformation, decoding and geologic interpretation of remote sensing data in the complex with geological and geophysical data is characterised. The flowchart is based on geoinformation technologies application.

Keywords: flowchart, geoinformation technologies, spatial data.

Поступила в редакцію 19.04.2010 г.