

## Информационное обеспечение экологического изучения территорий на основе аэрокосмических материалов

А.Н. Платэ

*Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН  
(ИГЕМ РАН),  
119017 Москва, Старомонетный пер., 35  
E-mail: plate@igem.ru*

Рассматривается система порталов GeoSINet, созданная в процессе работ над проектом «Электронная Земля». Система порталов используется для сбора, накопления и обработки аэрокосмических данных, необходимых для изучения экологических процессов. Значительное внимание уделяется анализу экологических ситуаций по аэрокосмическим материалам в прибрежной зоне, и прогнозу аварийных экологических ситуаций. Рассматриваются вопросы создания и функционирования интегрального банка данных, общего для всей системы порталов, для решения проблемы аэрокосмического обеспечения контроля и прогноза экологических ситуаций.

**Ключевые слова:** система порталов, экологические ситуации, аэрокосмические материалы, прогноз, интегральный банк данных, прибрежная зона

В последние годы все большую роль играют космические исследования в процессе изучения экологических процессов и ситуаций. Интересы общества стали все настойчивее требовать баланса экономических и экологических факторов, перехода от региональных экологических наблюдений к комплексному анализу и построениям моделей эколого-экономической ситуации. Также необходим локальный контроль и прогноз состояния прибрежных сооружений (жилых и производственных зданий, плотин, дамб, мостов, дорог и др.), учет экологического риска, связанного с глобальными процессами климатического характера (потепление, затопление, стихийные факторы). Получение космической информации, одновременное извлечение данных о структуре территории на больших площадях, часто недоступных другим методам мониторинга, позволило повысить точность оценки и контроля функционирования различного оборудования в сложных климатических и географических условиях прибрежной полосы.

В качестве технологического инструментария сбора, накопления и обработки аэрокосмических данных используется система порталов GeoSINet, созданная в процессе работ над проектом «Электронная Земля» [1]. Данная система порталов в этом случае выполняет следующие функции:

- обработка и интерпретация данных разведки обстановки техническими средствами космического базирования;
- систематизация данных экологического спутникового мониторинга объектов;
- аналитическая обработка пространственных данных аэрокосмоснимков для подготовки информации, обеспечивающей эффективные и экологически чистые методы освоения и эксплуатации окружающей среды;
- информационное обеспечение широкого круга пользователей, заинтересованных в контроле, анализе состояния, моделировании и прогнозе поведения антропогенных сооружений; поддержка принятия решений в этой области звеньями управления;
- информационно-экологическое сопровождение транспортировки людей и грузов, аварийных и поисково-спасательных работ, монтажа строительных конструкций и оборудования;

- использование аэрокосмической информации и данных наземных наблюдений для оценки экологического риска освоения и эксплуатации объектов; моделирование и информационное обслуживание планирования мероприятий по реагированию на чрезвычайные ситуации, подготовка сценариев возможного развития событий в контролируемых районах;
- проведение экспертизы степени экологических безопасности и устойчивости районов расположения строительных сооружений, имеющегося и проектируемого оборудования;
- интеграция данных об изначальных природных условиях (история района) с текущими сведениями для оценки территории регионов, имеющих прибрежную полосу, уникальную геологию, климат, гидрогеологию, растительность и животный мир; учет таких особенностей как подтопление территории, связанное с потеплением климата, гидрогеологической специфики - встречающихся озер, болот и заболоченных местностей и др.;
- уточнение и формирование новых цифровых ландшафтных карт территорий расположения контролируемых объектов; экстраполяция деталей высокого разрешения на мелкомасштабные изображения и экологические карты;
- проверка данных путем сопоставления различных источников и сравнения снимков высокого разрешения с фрагментами снимков низкой разрешающей способности, причем база данных геоинформационной системы и полученные с ее помощью оценки экстраполируются на обширные географические районы;
- выявление и отображение на электронных картах критически важных экологических ситуаций в зависимости от времени года с учетом значительных изменений в уровнях воды, вызванных весенними паводками, геологических особенностей местности, экологической уязвимости участков территории и пр.
- построение математических моделей местности и внедрение технологии передачи и обработки цифровых космоснимков с предварительной оценкой запрашиваемой информации.
- риска и аварийных ситуаций, управления и планирования, принятия соответствующих решений.

В интегральном банке данных (ИБнД), общим для всей системы порталов, для решения проблемы аэрокосмического обеспечения контроля и прогноза экологических ситуаций обоснованы применяемые методы и средства получения и обработки информации, функции пополнения и актуализации сведений интегрального банка данных. Предусматривается работа в интерактивных режимах с локальными базами данных различного характера с тематической направленностью, соответствующей поставленным целям и включение их в состав банка, а также построение системы по иерархическому принципу с возможностью получения на верхнем уровне обобщенных данных нижнего уровня; использование стандартизованных методических, программных и аппаратных продуктов, технологий и коммуникационной среды; обеспечение достоверности данных, которая основывается на ответственности юридических и физических лиц за своевременно предоставляемую требуемую информацию; сопоставимость данных, достигаемая применением единой топографо-геодезической основы, систем классификации и кодирования, согласованных форматов и структур данных; этапность в создании, наполнении и ведении интегрального банка данных; открытость системы, поддерживающей банк, для включения новых видов

информации; ориентация на имеющиеся передовые серийно выпускаемые виды технологии и техники, возможность межплатформенной интеграции; анализ и использование международного опыта; оперативность доступа к данным и услугам системы; обеспечение защиты данных от несанкционированного доступа и возникающих сбоев в работе.

Предусматривается функционирование системы в рамках информационного пространства наук о Земле, формируемого с учетом сочетания принципа децентрализации информационных ресурсов в территориальном плане с принципом комплексирования и накопления данных (создание фондов) в координационном центре. Аэрокосмическая информация поступает в основном на верхний уровень системы.

Анализ экологических ситуаций отличаются особенности, повышающие уровень технических требований к системе. Высокий уровень развития и возросшая значимость проблем экологии сочетаются с отсутствием точных, в том числе теоретических, представлений, возмещаемых большими объемами эмпирических данных, смысл которых проявляется для решения конкретных задач при достаточно глубоком анализе и многоаспектной обработке массивов информации. Экологические оценки завершают исследования, практически интегрируя группы научных дисциплин о поверхности Земли. Вовлекаемые в анализ сведения имеют преимущественно качественный (описательный) характер, причем анализируются графические и цифровые модели объектов. Принцип подобия в этом случае ненадежен и возникают непреодолимые трудности с экспериментальной проверкой выводов. Основным решением является использование экспертных методов оценки на основе ГИС- и Интернет-технологий.

Ситуация, сложившаяся на мировом информационном рынке, характеризуется тем, что цены на аналитические информационные продукты и услуги примерно на два порядка выше цен на информационное сырье. Такое положение дел связано с взрывным развитием глобальных информационных сетей (Интернет). Следствием этой ситуации является предъявление высоких требований в части организации сложных по структуре и мощных потоков информации, аналитической обработки разнородных данных, цифрового экологического моделирования "поведения" объектов в условиях рационального природопользования, оперативного получения целевых сведений, соответствующих конкретным запросам пользователей.

Основными источниками информации для системы порталов являются данные аэрокосмического дистанционного зондирования Земли, включая изображения (космические снимки) высокого разрешения (1-2 м), данные наземного наблюдения за контролируемыми объектами, сведения о разработке, функционировании и снятия с эксплуатации антропогенных объектов. Также в систему поступают тематические сведения о геологических характеристиках, инфраструктуре, растительности, фауне, строительных сооружениях. К видам информации относятся карты, схемы, таблицы, аэрокосмические снимки, изображения. Архивные данные, отражающие состояние природной среды в конкретном районе расположения антропогенных объектов, нефтегазового оборудования, могут относиться к периоду нескольких десятилетий и используются в качестве точки отсчета при изучении временных изменений (серий). Для исследований в прибрежных районах и контроля промышленного загрязнения акватории и береговой линии также используются тематические карты растительности, почвенного покрова и нарушенности территории масштабов 1:100 000, 1:200 000 и 1:500 000.

Важность и актуальность использования аэрокосмической информации, данных дистанционного зондирования для анализа и мониторинга аварийных экологических си-

туаций в прибрежной акватории подтверждается современными экологическими катастрофами, происходящими достаточно регулярно. К таким катастрофам относится взрыв нефтяной буровой платформы 20 апреля 2010 года в Мексиканском заливе в достаточной близости от прибрежной полосы США. В результате взрыва образовалось огромное нефтяное пятно, которое ежедневно увеличивается.

На Интернет-сайте Института космических исследований РАН ([http://www.iki.rssi.ru/asp/dep\\_mex.html](http://www.iki.rssi.ru/asp/dep_mex.html)) представлена оперативная спутниковая информация, отражающая распространение нефтяного пятна по поверхности Мексиканского залива. Данные представлены в хронологическом порядке по мере поступления новой информации, и дают весьма наглядное представление обо всей ситуации.

Ряд отказов и катастрофических явлений, связанных с нарушениями земной коры (поверхностного характера) локализованы в сложных тектонических узлах пересечения крупных трансрегиональных геологических систем дислокаций, часто проявленных на поверхности фрагментарно или в завуалированном виде. Достоверное выявление подобных поясов систем дислокаций и узлов их пересечения стало возможным лишь с появлением космической информации. Современные аспекты и некоторые специфические методические приемы дешифрирования разномасштабных космических снимков позволяют выявить скрытые причины и механизмы развития опасных в экологическом отношении процессов на основе накопления, сравнительного анализа и моделирования данных в геоинформационных системах, математической обработки информации. В соответствии с изложенным выше при построении ГИС учитываются вопросы:

- 1) дешифрирования космических снимков территорий и объектов с геологических позиций;
- 2) дешифрирование линейных кольцевых структур и узлов повышенной тектонической проработки на космических снимках в целях прогноза аварий оборудования и экологических катастроф;
- 3) особенности методического подхода к дешифрированию космических снимков с целью контроля функционирования инженерных сооружений и оборудования;
- 4) заверка результатов дешифрирования космических снимков и использование математических методов при обработке заверочной информации.

В процессе дешифрирования космических снимков разного масштаба на специальных картах выявляются несколько важнейших типов тектонических структур: а) линейные структуры (линеаменты), ограничивающие блоки земной коры различных размеров, б) узлы пересечения подобных структур между собой и с линейными структурами более низкого ранга, в) кольцевые структуры различного размера, как коровые, так и наложенные на структуры земной коры, г) узлы пересечения этих структур между собой и с линеаментами. Опыт показал, что все перечисленные образования с одной стороны могут быть выявлены в полном объеме лишь на космических снимках, а с другой стороны - являются объектами, которые и рассматривает концепция информационного обеспечения контроля нефтегазовых объектов.

Изучение особенностей сквозных систем дислокаций позволяет сделать заключение, что среди них могут быть выделены структуры различных порядков. Они представляют собой как бы глубинный каркас нашей планеты. Будучи структурами глубокого заложения, сквозные дислокации часто проявляются на поверхности фрагментарно или в завуалированном виде и трассируются аэрокосмическими, геологическими, геофизическими, геохимическими, петрохимическими и другими аномалиями. Эти зоны интересны

тем, что являются областями интенсивной глубинной проницаемости, они выводят в верхние горизонты земной коры мантийные магматические эманации и флюиды. По ширине среди них различаются структуры, представляющие собой системы крупных блоков, достигающих 500-1000 км и более. Эти пояса обычно включают в себя две или три совпадающие с ними по простиранию системы второго порядка, достигающие 200-300 км в поперечнике, внутри которых локализованы зоны разломов шириною 20-80 км, а также 5-10 км. Большинство подобных линейных элементов имеют либо широтное, либо меридиональное простирание. В пределах различных регионов то или иное направление играет более значительную роль.

Исследования показали, что линейные зоны скрытых сквозных тектонических нарушений влияют в местах подобных пересечений на нестабильность коровой поверхности, усугубляемые климатическими изменениями, соответствующего профиля, которые локализуются в узлах пересечения этих структур различного масштаба, часто с участием кольцевых образований разного размера.

Дешифрирование линейных кольцевых структур и узлов повышенной тектонической проницаемости на космических снимках приобретает особое значение в целях прогноза аварийных ситуаций на прибрежных объектах. С тех пор, как в распоряжении геологов появились космические снимки, получаемая при их анализе новая обширная информация быстро проникла во все области геологических исследований. Дешифрирование космических материалов открыло новые важные возможности для выявления структурных особенностей регионов при геологическом картировании. Путем дешифрирования были уточнены границы крупных геоструктурных объектов, наложенных тектонических зон, в том числе на участках недоступных прямому наблюдению, выделены протяженные зоны глубинных нарушений, глубинные зоны разломов, проявленные на земной поверхности в завуалированном виде. Космические материалы позволили заглянуть в глубинные части планеты.

На космических снимках возникает специфический эффект от совокупности различного рода аномалий, который позволяет выделять указанные выше разломы. Среди геологических аномалий важнейшее значение приобретают: изгибы или зоны расщепления разломов, виргации складок, ориентирование в соответствии с описываемыми структурами полей эффузивных образований, длинные оси интрузивных массивов, наложенных впадин и т.п. Все эти признаки, суммированные на специальных картах геологических аномалий, трассируют скрытые системы нарушений, которые почти всегда поэтому хорошо видны на космических снимках.

В данном случае исследователи столкнулись с одним из благоприятных свойств космического зондирования поверхности Земли. Анализ дистанционных материалов позволяет придать сложным геологическим объектам, обычно выявляемым при длительном и детальном картировании, характер наблюдаемых фактов. В этом случае космическое зондирование особенно перспективно при проверке и контроле функционирования нефтегазовых объектов. В отличие от этого традиционные концепции информационного обеспечения функционирования строительных сооружений базировались на визуальном анализе геологических карт и выделении зон и узлов, отчетливо проявленных на поверхности земли.

Очень эффективным оказалось использование космических снимков при изучении узлов пересечения линейных структур - узлов повышенной тектонической проницаемости, а также кольцевых, в том числе и очаговых структур. Было установлено, что кольцевые структуры играют важную роль в геологическом строении многих регионов, а на дис-

танционных материалах разного масштаба могут быть выявлены кольцевые структуры различных размеров. Изучение космических снимков, их дешифрирование и позволило получить новые данные о строении и границах таких структур, влияющих на экологические характеристики территории.

Таким образом, дешифрирование космических снимков с целью выявления нарушений поверхностных слоев земной коры, влияющих на повышение вероятности аварийности в работе антропогенных объектов, сводится к дешифрированию линейных структур, в том числе скрытого типа, узлов их пересечений и кольцевых структур.

На космических снимках линейные структуры (линеаменты) выявляются на основе следующих признаков: а) протяженные границы, разделяющие на снимках области с различной тональностью, рисунком и текстурой изображения; б) смещение полей однотипной или разной дешифрируемости; в) прямолинейные формы рельефа или ландшафта; г) самостоятельные линейные геологические образования.

Кольцевые структуры (по результатам дешифрирования) пользуются широким развитием во всех регионах мира с различным геологическим строением. На снимках кольцевых структуры обнаруживаются либо по круговым очертаниям, либо по наличию положительных или отрицательных форм рельефа. Внутренне строение их может быть концентрическим, либо радиально блоковым. У крупных структур встречаются и более сложные рисунки внутреннего строения.

## Литература

1. Электронная Земля: использование информационных ресурсов и современных технологий для повышения достоверности научного прогноза на основе моделирования решений в интегральных информационных полях / Отв.редакторы – Ю.М.Арский, Е.П.Велихов, А.Б.Жижченко, Н.П.Лаверов, А.И.Савин – М.: ВИНТИ РАН, 2009. – 478 с.

## Providing with information of ecological studying of territories on the basis of space materials

Alexey N. Plate'

*Institute of ore deposits geology, petrography, mineralogy and geochemistry RAS  
(IGEM RAS)*

*119017 Moscow, 35 Staromonetny per.*

*E-mail: plate@igem.ru*

The system of portals GeoSINet created in the course of works on the project «Electronic Earth» is considered. The system of portals is used for gathering, accumulation and processing of the space data necessary for studying of ecological processes. The considerable attention is given to the analysis of ecological situations on space materials in a coastal zone, and to the forecast of emergency ecological situations. Questions of creation and functioning of an integrated databank, the general for all system of portals, for the decision of a problem of space maintenance of the control and the forecast of ecological situations are considered.

**Keywords:** system of portals, ecological situations, space materials, the forecast, an integrated databank, a coastal zone.