

ПРЕДИСЛОВИЕ

В настоящее время благодаря современным аэросъемкам и зондированию Земли из космоса стало реальным комплексное познание земной поверхности и недр, прогнозирование природных ресурсов, изучение состояния и изменений окружающей среды под воздействием техногенеза, организация оперативного мониторинга важнейших природных сред Земли. Методы дистанционного зондирования открыли широкие перспективы для географических, геолого-геофизических, гидрологических, почвенных и ландшафтных исследований, во многом предопределили пути развития тематической картографии.

Вот уже четыре десятилетия методы дистанционного зондирования широко применяются в изучении природных ресурсов в Республике Беларусь. В 1966 году при Институте геологических наук (г. Минск) была организована Лаборатория аэрокосмического и морфометрического методов (ныне Научно-производственное предприятие «Космоаэрогеология» НАН Беларуси), родоначальником которой является известный белорусский и российский геолог профессор В. И. Гридин. Он создал школу аэрогеологов, многие из которых и в настоящее время успешно развивают дистанционные методы исследований.

Сегодня в Республике Беларусь уделяется большое внимание внедрению методов дистанционного зондирования при решении проблем геологии, геоэкологии и рационального природопользования, для лесохозяйственных целей, ведения земельного и водного кадастров. Подобные работы выполняет Республиканский научно-технический центр дистанционной диагностики природной среды «Экомир», Научно-производственное предприятие «Космоаэрогеология», Белорусский государственный университет, ряд институтов НАН Беларуси и отраслевые организации. Реальный вклад в совершенствование природопользования, познание земельных недр, обеспечение экологической безопасности и мониторинга окружающей среды, а также в развитие других сфер науки, техники и экономики внесет использование спутниковой информации.

В сборник включены материалы Международной научной конференции «Дистанционное зондирование природной среды: теория, практика, образование». Представлены результаты исследований различных аспектов теоретических и прикладных проблем аэрокосмического зондирования Земли, выполненных белорусскими и зарубежными учеными. Освещены методы и технологии дистанционного зондирования, а также применяемые географические информационные системы. Большое внимание в сборнике уделено аэрокосмическим исследованиям природных ресурсов и мониторингу окружающей среды. Ряд докладов конференции посвящены проблемам преподавания дистанционных методов, картографии и ГИС-технологиям в высшей школе.

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

В. И. Гридин

Российский государственный университет нефти и газа им. И. М. Губкина,
Москва

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СИСТЕМНО-АЭРОКОСМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ

Системно-аэрокосмические исследования сформировались в качестве одного из направлений дистанционного зондирования в 70-х годах XX века. Их теоретической основой служат представления о преобладающей роли физических полей в развитии ландшафтных индикаторов, методологией – системный анализ, технологической базой – эшелонированная система сопряженного (подземно-наземно-аэрокосмического) мониторинга.

Широкомасштабное производственное применение системно-аэрокосмических методов в 80–90 гг. способствовало развитию теории, методики и технологий дистанционного изучения природных и техногенных объектов. К настоящему времени исследовано влияние тангенциальных составляющих физических полей на формирование и становление систем разноранговых ландшафтных индикаторов, разработаны предложения по системной организации сопряженных (подземно-наземно-аэрокосмических) информационно-аналитических работ и эшелонированной системе сопряженного мониторинга. Совершенствование технических средств и программно-аппаратного обеспечения способствовало созданию пакета новых технологий обработки комплексной информации. Проверка производственными работами подтвердила эффективность технологий системно-геодинамического дешифрирования аэро- и космических изображений, системно-геодинамического 2D- и 3D-моделирования, физико-геологического 2D- и 3D-моделирования, космобиоритмических исследований и тематического 4D-моделирования, системно-аэрокосмического изучения акваторий, сопряженного (подземно-наземно-аэрокосмического) мониторинга, сопряженной обработки комплексной информации, инвентаризации природных ресурсов и техногенных объектов, составления сопряженных баз данных.

Применение новых технологий позволило выявить ранее неизвестные особенности современных геодинамических и физико-геологических процессов в пределах равнинных нефтегазоносных регионов. Установлено диагонально-решетчато-блоковое их распределение. Закартированы системы разноранговых зон геодинамически активных флексурно-разрывных нарушений и узлов их пересечений в качестве новых объектов нефтегазопроисловых работ, в качестве зон современных флюидоперетоков и нефтегазоподводящих каналов, а также в качестве участков с повышенным

риском возникновения чрезвычайных ситуаций. Выявлены локальные геодинамически активные аномалии, перспективные для поисков углеводородного сырья. Результатами последующих нефтегазопоисковых работ подтверждено от 40–50 % до 65–75 % рекомендованных аномалий.

Перспективы дальнейшего применения системно-аэрокосмических методов:

- совершенствование технологий и расширения объемов работ по инвентаризации природных ресурсов и техногенных объектов;
- развитие системы сопряженного горно-экологического мониторинга;
- фундаментальная разработка прогнозных 2D-, 3D- и 4D-моделей земных недр, современного ландшафта, переноса загрязнений, опасных геодинамических и физико-геологических процессов;
- разработка и постоянное пополнение системы сопряженных баз данных с целью перехода от фиксации изменений в природной среде к их прогнозированию.

Ведущую роль в развитии дистанционных методов играет новая парадигма системно-аэрокосмического мониторинга:

- XXI век – эра наблюдения Земли как системы;
- системный подход предопределяет необходимость иерархически упорядоченного и минимально необходимого комплекса направлений работ;
- для практической реализации этих направлений необходимо совершенствование эшелонированной системы мониторинга на основе использования не отдельных спутников, самолетов, вертолетов, а их систем, обеспечивающих сопряженное получение и совместную обработку комплексной информации;
- применение новых методов зондирования (гиперспектрального, многоуглового, ИК, РЛ, лазерно-локационного, цифрового) и развитие сети региональных центров приема и обработки информации предопределяют необходимость кадрового сопровождения их внедрения.

Новые методы и технологии позволяют оперативно получать и обрабатывать огромные объемы информации. Однако их применение существенно отстает от запросов производства. Основная причина – недостаток квалифицированных специалистов. Необходимо воспитание нового поколения специалистов, которое должно уметь и хотеть использовать мощный арсенал средств современного и перспективного системно-аэрокосмического зондирования.

Многолетний опыт кадрового сопровождения новых методов свидетельствует о целесообразности расширения подготовки и профессиональной переподготовки отраслевых специалистов, повышения квалификации руководителей, подготовки операторов визуально-инструментальных наблюдений в наземном, вертолетном, самолетном и космическом вариантах. Разработаны и проверены многолетним опытом новые учебные комплексы

(учебные планы, учебные программы, учебно-методические пособия), обеспечивающие необходимый уровень профессиональной переподготовки отраслевых специалистов по направлению «Исследование природных ресурсов аэрокосмическими средствами».

И. А. Тяшкевич

Научно-производственное республиканское унитарное предприятие
«Космоаэрогеология» НАН Беларуси, Минск

40 ЛЕТ РАЗВИТИЯ МЕТОДОВ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

В основе дистанционных методов лежат представления о взаимосвязи и взаимозависимости всех явлений и процессов, совершающихся в земной коре и на ее поверхности. Впервые в Беларуси эти закономерности отметил крупный ученый-тектоник З. А. Горелик, опубликовав ряд классических работ: «О связи современного рельефа БССР с тектоническими структурами (1957 г.)», «Связь современного рельефа Полесской низменности с тектоническими структурами (1958 г.)», «Основные тектонические структуры БССР и их влияние на формирование современного рельефа (1959 г.)», «О происхождении Мозырской гряды» (1959 г.), «О влиянии соляных структур Припятской впадины на распределение гидрографической сети и некоторые данные об их развитии в мезокайнозой» (1961 г.), «О времени и причинах формирования Полесской низменности» (1965 г.) и другие.

Впервые аэрогеологические и морфометрические методы при геологосъемочных исследованиях были применены В. И. Гридиным при проведении работ в рамках Речицкой геологосъемочной партии Белорусской гидрогеологической экспедиции, Управления геологии при СМ БССР. Дальнейшее развитие аэрогеологического и морфометрического методов продолжилось в Институте геологических наук (ныне БелНИГРИ) в 1965–1966 гг. при выполнении темы № 37 «Структурно-геоморфологические особенности Припятской впадины». В это время В. И. Гридиным обобщены теоретические вопросы обоснования аэрогеологического и морфометрического методов (1966 г.).

Официальный отчет применения методов дистанционного зондирования природных ресурсов Беларуси связан с приказом № 153 от 13 сентября 1966 года по Институту геологических наук Министерства геологии СССР. Параграф 2 приказа гласит: «На основании приказа № 296 Министерства геологии СССР от 22 июня 1966 года организовать с 10 сентября 1966 года при отделе региональной геологии Лабораторию аэрогеологического и морфометрического методов с включением в структуру Института. Основное внимание в работе Лаборатории уделить разработке ме-

тодических руководств для поисков нефтегазоносных структур и геологического картирования. И. о. начальника Лаборатории аэрогеологического и морфометрического методов назначить Гридина Виталия Ивановича». Немного позднее в Белорусской гидрогеологической экспедиции была создана Опытно-методическая аэрогеологическая партия, у истоков которой стояли А. А. Святогоров, И. С. Коврижкина и другие.

Насущные задачи геологоразведочных работ в Беларуси потребовали выбрать направления применения дистанционных методов при прогнозировании таких важных полезных ископаемых, как нефть, бурый уголь неогена и калийные соли. Впервые для территории Беларуси было осуществлено дистанционное зондирование горнорудных районов на примере Старобинского месторождения калийных солей.

С 1967 года начались широкомасштабные исследования по оценке нефтеперспективности территории Припятской впадины. В пределах восточной части впадины были проведены детальные аэрогеологические исследования с целью прогнозной оценки нефтеносности Речицкой, Осташковичской, Тишковичской, Давыдовской, Первомайской, Барсуковской и других структур. Результаты исследований были внедрены и использовались в практике проведения геофизических и геологоразведочных работ. Кроме того, были проведены аэрогеологические исследования в районах Припятской впадины, практически не изученных геолого-геофизическими методами (Туровская депрессия). В результате исследований были выделены отдельные региональные и локальные структуры, часть из которых были подтверждены в дальнейшем геолого-геофизическими материалами. В этих исследованиях под руководством В. И. Гридина принимали участие Н. Н. Абраменко, Л. С. Гирилович, В. Н. Губин, Н. А. Капельщиков, В. Я. Коженев, Ю. М. Обуховский, И. А. Тяшкевич, А. В. Шевченко и другие.

Параллельно с этими исследованиями проводилась оценка перспективности территории Припятской впадины на бурый уголь неогена. Работы велись синхронно с бурением разведочных скважин, проводимых Белорусской геологоразведочной экспедицией Управления геологии при СМ БССР. В результате аэрогеологических исследований выделены перспективные районы на бурый уголь неогена: Краснослободский, Пасека, Кольно, Большой Малышев, а также углепроявления и месторождения Бринев, Житковичи и другие. Кроме того, в пределах Подляско-Брестской впадины выполнена на основе аэрокосмических технологий и морфометрического метода оценка перспективности на бурый уголь. К сожалению, в пределах этого региона буровые геологоразведочные работы не проводились и не представляется возможность оценить эффективность аэрогеологических исследований.

В 1970–1972 гг. Лабораторией аэрогеологического и морфометрического методов БелНИГРИ выполнены «Структурно-геоморфологические

исследования в северо-западной части Припятской впадины в помощь геофизическим работам». Впервые по результатам исследований в пределах Старобинской депрессии, в том числе и в пределах шахтных полей Старобинского месторождения калийных солей, выделены зоны разрывных нарушений поперечного (северо-восточного) простирания – Случская, Краснослободская, Чепельская и другие. В дальнейшем эти зоны были подтверждены геофизическими и горнопроходческими работами. В частности, Чепельская зона (северо-западный разлом) по терминологии геофизиков отрезала 1/3 II шахтного поля, что потребовало проходки отдельного шахтного ствола с целью отработки заразломной зоны (Краснослободский участок).

Опытно-методической гидрогеологической экспедицией УГ при СМ БССР аналогичные исследования выполнены по территории V шахтного поля Старобинского месторождения калийных солей (Нежинский участок). В пределах V шахтного поля выделены зоны разрывных нарушений субширотного и поперечного (северо-восточного) простираний.

В 1974 году Лаборатория аэрогеологического и морфометрического методов БелНИГРИ в соответствии с приказом по Министерству геологии СССР была передана в статус Лаборатории аэрометодов (г. Ленинград). Минский отдел Лаборатории аэрометодов, который возглавил канд. геол.-мин. наук О. И. Карасев, в течение 1974–1992 гг. занимался оценкой нефтеперспективности на основе аэрокосмических технологий многих регионов СССР – Белоруссии, Прибалтики, Ростовской области, Краснодарского края, Восточной Сибири, Дальнего Востока и других. В результате этих исследований были разработаны методика и технология обработки аэрокосмических снимков для изучения природных ресурсов, прежде всего нефти.

Кроме Минского отдела ЛАЭМ широкое применение аэрокосмические снимки получили в различных организациях Беларуси, занимающихся вопросами геологии, лесного хозяйства, изучения почвенного покрова, ландшафтной геоиндикации и другими.

В Белорусской гидрогеологической экспедиции УГ при СМ БССР Н. Н. Абраменко, В. Н. Губиным, И. Ф. Пастернацким, А. А. Святогоровым разрабатывались методы дешифрирования аэрокосмических снимков для нужд геологии. Итогом этих работ явилось построение космотектонических карт Беларуси масштаба 1:1 000 000 (1981 г. и 1983 г.). В БелНИГРИ была создана группа дистанционных методов под руководством В. Н. Губина. Дальнейшее развитие получили методика и технологии аэрокосмических исследований, которые отрабатывались на полигонах «Селява», «Полесский» и др.

Ф. Е. Шалькевичем и А. А. Лепешевым (Институт почвоведения и агрохимии) выполнены исследования по картографированию почвенного по-

крова на основе дистанционных методов. Основное внимание было уделено почвам, расположенным в пределах пойм крупных рек.

В ИПИПРЭ НАН Беларуси Ю. М. Обуховским разработана методика ландшафтной индикации природных объектов. Им опубликовано ряд монографий, в которых показаны региональные особенности лито- и гидроиндикации в Беларуси, а также основы индикации экзогенных процессов с применением аэрокосмических снимков.

В рамках Государственной научно-технической программы 72.03.p «Дистанционная диагностика» РНТЦ «Экомир» НАН Беларуси и Минприроды Республики Беларусь под руководством А. А. Ковалева выполнены комплексные дистанционные исследования по различным сферам природной среды: атмосфера, почвы, земельные и лесные ресурсы, геология и др. По результатам исследований опубликовано большое количество научных статей и ряд монографий.

В Институте экспериментальной ботаники НАН Беларуси А. Р. Понтусом была разработана система аэрокосмического мониторинга динамики природных и антропогенных экосистем Беларуси (на примере Березинского биосферного заповедника и Солигорского промышленного района). В работе использованы ретроспективные аэрофотоснимки (полученные с 1949 года) и космоснимки высокого и среднего разрешения, полученные в 80–90-х годах прошлого столетия. Результаты работ используются и в настоящее время в ряде организаций Республики Беларусь, в том числе в системе Министерства лесного хозяйства.

Министерство лесного хозяйства Республики Беларусь начало применять космические снимки с 1997 года после прохождения самого разрушительного урагана, вызвавшего массовые ветровалы и буреломы. С целью их оперативного картографирования были применены оперативные космические снимки. В этих работах участвовали РУП «Белгослес», УО «БГТУ», РУП «Геоинформационные системы» НАН Беларуси, РУП «Космоаэрогеология» НАН Беларуси, ГУ «Беллесозащита» и ГУ «Беллесавиа». Кроме картирования и оперативной диагностики ветровалов, с помощью аэрокосмических средств решаются такие проблемы лесного хозяйства, как картографирование усыхающих еловых и сосновых насаждений, вырубок, зон подтопления, пожаров и др. Доказана приуроченность ветровалов и усыхания ельников к новейшим геодинамическим зонам земной коры и аномалиям магнитного и гравитационного полей Земли. С апреля 2002 года в РУП «Белгослес» установлена и работает в штатном режиме станция приема космической информации «Сканэкс», с помощью которой ежедневно осуществляется прием космических снимков Метеор ЗМ (Россия) и Terra MODIS (США).

Нельзя не отметить белорусскую школу создателей космической аппаратуры – ИФ НАН Беларуси, ИТК (ОИПИ) НАН Беларуси, ИПФП БГУ, предприятие «Пеленг» и др.

По результатам дистанционных исследований изучения природных ресурсов и их охране белорусскими учеными защищены 13 кандидатских и 4 докторских диссертации – В. И. Гридин, А. А. Астровский, Л. С. Гиррилович, В. Н. Губин, М. А. Ильючик, Н. А. Капельщиков, А. А. Ковалев, В. Я. Коженев, А. А. Лепешев, В. И. Михайлов, З. А. Ничипорович, Ю. М. Обуховский, А. Р. Понтус, А. А. Топаз, Ф. Е. Шалькевич.

В июле 2006 года планируется запуск белорусского спутника БелКА. Наземный сегмент готов принимать космическую информацию. Белорусский спутник даст значительный импульс развитию дистанционных методов в различных отраслях народного хозяйства Беларуси.

Р. Г. Гарецкий, Г. И. Каратаев

Институт геохимии и геофизики НАН Беларуси, Минск

КОМПЛЕКСНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ЛИТОСФЕРЫ БЕЛАРУСИ АЭРОКОСМИЧЕСКИМИ И ГЕОФИЗИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

Для решения тектонических задач важнейшей информацией, получаемой из аэрокосмических данных, являются прежде всего кольцевые (концентрические) структуры и линеаменты. Аналогичного порядка обобщенной характеристикой комплекса геофизических данных служит типизация земной коры по ее глубинному строению и вещественному составу основных слоев, выраженная районированием территории по геофизическим типам земной коры. На рис. 1 характеристики аэрокосмических и геофизических данных приведены в сопоставлении для территории Беларуси по материалам, опубликованным в [1–6].

Нетрудно видеть, что обе характеристики хорошо отражают главные тектонические коллизии. Так, Белорусско-Прибалтийскому гранулитовому поясу, являющемуся юго-восточной оконечностью Фенноскандинавского сегмента, и Витебскому гранулитовому массиву, расположенному в зоне сочленения Сарматского и Волго-Уральского геосегментов Восточно-Европейского кратона, соответствуют один и тот же тип земной коры (А) и кольцевые структуры первого и второго порядков. Полоцкий на севере и Южно-Ратновский и Южно-Припятский субширотные разломы на юге Беларуси, разделяющие области разнотипного геофизического строения земной коры, характеризуются цепочкой кольцевых структур первого и второго порядков.

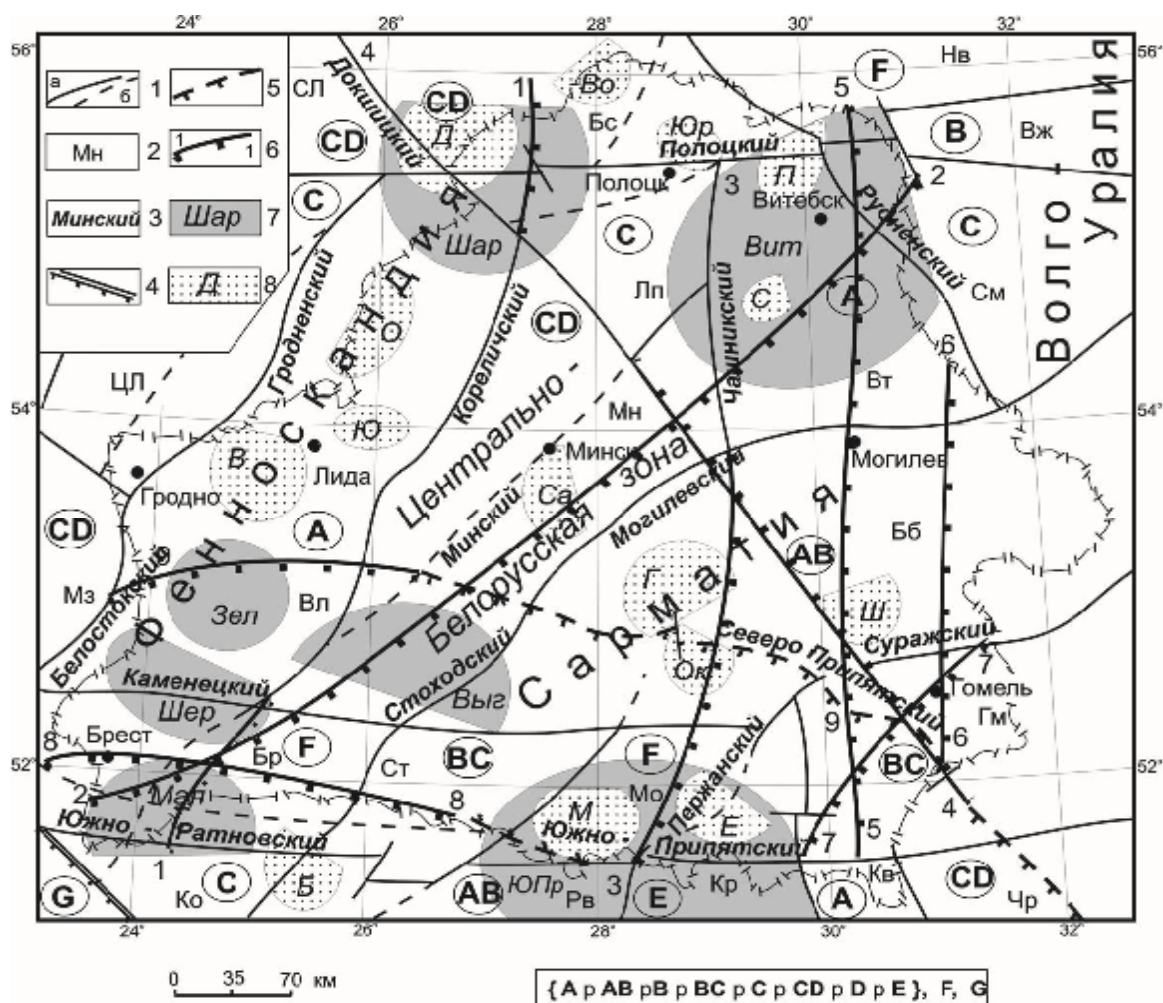


Рис. 1. Схема геофизических блоков земной коры, линеаментов и кольцевых структур Беларуси

Геофизические типы земной коры $\{(A \text{ } p \text{ } AB \text{ } pB \text{ } pC \text{ } pD \text{ } pE), F, G\}$ [5]: А – мощность нижнего слоя (б) существенно больше мощности среднего (д) и верхнего (г) слоев, $b \gg d, b \gg g$; значительная мощность земной коры (более 55 км); граница Мохо образует крупную впадину с амплитудой около 15 км. В – $b > d, b > g$; мощность земной коры около 55 км; граница Мохо – впадина амплитудой около 10–12 км с горстообразной локальной структурой в центральной части. С – $b \approx d, b \approx g$; мощность земной коры около 50 км; граница Мохо имеет ступенчатый характер с амплитудами до 15 км. D – $b < d, b < g$; мощность земной коры около 45 км; граница Мохо субгоризонтальная, пологая, возможны ступени не более 5 км. Е – $b \ll d, b \ll g$; мощность земной коры меньше 40 км; граница Мохо – поднятие с амплитудой 8–10 км. F – коры со слоем «коро-мантийной смеси»; $b \approx d, b \approx g$; две границы Мохо (на глубинах 50–53 км (раннего формирования) и 35–40 км (более позднего формирования)). G – тип, характеризующий шовные зоны: мощность коры 40–55 км, мощности нижнего и среднего слоев примерно одинаковы (с некоторым преобладанием мощности среднего слоя), ступени в рельефе Мохо с амплитудой 5–15 км. АВ, ВС, CD – промежуточные типы;

Условные обозначения: 1 – а) глубинные разломы мантийного заложения, разграничивающие блоки земной коры с различным геофизическим типом, б) – внутриблоко-

вые глубинные разломы мантийного заложения; 2 – наименование геофизических блоков земной коры (СЛ – Средне-Литовский, Бс – Браславский, Нв – Невельский, ЦЛ – Центрально-Литовский, Лп – Лепельский, Вт – Витебский, Вж – Велижский, См – Смоленский, Мз – Мазовецкий, Вл – Вильнюсский, Мн – Минский, Бб – Бобруйский, Бр – Брестский, Ст – Столинский, Мо – Мозырский, Гм – Гомельский, Ко – Ковельский, Рв – Ровенский, Кр – Коростенский, Кв – Киевский, Чр – Черниговский); 3 – названия главнейших глубинных разломов; 4 – граница Восточно-Европейской платформы; 5 – Северо-Припятский и Южно-Припятский краевые разломы; 6 – линеаменты [1], [2]: 1 – Кореличский, 2 – Клецко-Велижский, 3 – Убортско-Шашникский, 4 – Днепровский, 5 – Брагинско-Лоевский, 6 – Киевско-Демидовский, 7 – Лоевско-Суражский, 8 – Южно-Припятский, 9 – Северо-Припятский; 7, 8 – кольцевые структуры [3]: 7 – первого порядка (Шар – Шарковщинская, Вит – Витебская, Зел – Зельвянская, Мал – Малоритская, Шер – Шерешевская, Выг – Выгонощанская, ЮПр – Южно-Припятская); 8 – второго порядка (Д – Даугауляйская, Во – Ворзовская, Юр – Юровичская, П – Прудовская, С – Сенненская, О – Островецкая, Ю – Юратишшинская, В – Василишшинская, Са – Самохваловичская, Г – Глушская, Б – Бронницкая, Ок – Октябрьская, Ш – Шиловичская, М – Милашевичская, Е – Ельская).

В центральной части Беларуси по аэрокосмическим данным выявлена цепочка кольцевых структур северо-западного простирания. Северное ее окончание совпадает с Налибокским и Ошмянским разломами девонского заложения. Обратим внимание, что в пределах белорусского участка Полоцко-Курземского пояса разломов рифей-вендского заложения выявлены кольцевые структуры также второго порядка; такая же картина наблюдается и в Припятско-Брестском субширотном поясе разломов. А вот Центрально-Белорусская сутура, являющаяся зоной сочленения Фенноскандинавского и Сарматского сегментов, четко фиксируемая в геофизических полях, слабо покрывается кольцевыми структурами первого и второго порядков.

В целом, если привлечь еще кольцевые структуры третьего порядка [3], то из всех крупных тектонических элементов наибольшей плотностью распространения кольцевых структур всех трех порядков характеризуется Белорусско-Прибалтийский гранулитовый пояс и Витебский гранулитовый массив, для которых характерны большая мощность земной коры и «толстый» нижний («базальтовый») слой. Отметим, что для этих структур характерна высокая плотность разломов консолидированной коры [4].

На основании этого можно сделать предварительный вывод, что кольцевые структуры обязаны своим происхождением длительному формированию земной коры с активной разломной тектоникой.

Аэрокосмические данные и геофизические поля являются индикаторами разломов. В связи с этим рассмотрена взаимосвязь глубинных разломов, выделенных по геофизическим данным [6], с топо- и космолинеаментами [1], [2], [4]. Большинство глубинных разломов мантийного заложения, разделяющие блоки геофизической типизации, хорошо со-

гласуются с Кореличским, Полоцким, Чашникским, Южно-Припятским разломами. Днепровскому линеamentу отвечает Докшицкий и Жлобинский разломы. Для рассматриваемого класса глубинных разломов отмечаются узлы повышенной плотности разнонаправленных линеamentов. Наиболее высокая их плотность в Припятско-Брестском субширотном поясе разломов, а наименьшая – в зоне, ограничивающей с юго-запада Лепельский блок. Плотность линейных деформаций различна и в пределах блоков [7].

Авторы [4] отмечают, что сравнительно высокой плотностью линейных деформаций обладают субширотно ориентированные зоны – Припятско-Брестская и Полоцко-Курземская. Но если первая изучена более или менее удовлетворительно, то вторая изучена весьма слабо. Заметим, что Полоцко-Курземский пояс разломов как новая тектоническая единица Восточно-Европейской платформы выделена сравнительно недавно [7]. Ее минерально-сырьевые перспективы, судя по литовско-латвийской части пояса, могут быть довольно высокими.

Изложенные закономерности, выявленные по старым аэрокосмическим данным, свидетельствуют, что новые спутниковые данные, будучи полученные с помощью космического аппарата «БелКА», позволят не только уточнить глубинную структуру земной коры Беларуси и смежных регионов России и Украины, но и подойти к расшифровке природы кольцевых структур и крупных линеamentов.

Список литературы

1. *Гарецкий, Р. Г.* Кольцевые структуры земной коры Белоруссии и Прибалтики / Р. Г. Гарецкий, О. И. Карасев // Доклады АН БССР. – 1980. – Т. XXIV. – № 8. – С. 722–725.
2. *Гарецкий, Р. Г.* Линеamentы и кольцевые образования запада Восточно-Европейской платформы / Р. Г. Гарецкий, О. И. Карасев, Э. А. Левков, А. А. Святогоров // Космическая информация в геологии / под общ. ред. В. Г. Трифонова [и др.]. – М., 1983. – С. 185–189.
3. *Матвеев, А. В.* Кольцевые структуры территории Беларуси / А. В. Матвеев, Л. Ф. Ажгиревич, Л. С. Вольская [и др.]. – Минск, 1993. – 80 с.
4. *Матвеев, А. В.* Проявление особенностей строения земной коры в рельефе Беларуси / А. В. Матвеев, Л. А. Нечипоренко // Літасфера. – 1999. – № 10–11. – С. 91–94.
5. *Гарецкий, Р. Г.* Геофизические поля и динамика тектоносферы Беларуси / Р. Г. Гарецкий, Г. И. Каратаев, В. Н. Астапенко, И. В. Данкевич. – Минск, 2002. – 166 с.
6. *Гарецкий, Р. Г.* Разломы консолидированной литосферы Беларуси по геофизическим данным / Р. Г. Гарецкий, Г. И. Каратаев, И. В. Данкевич // Літасфера. – 2005. – № 2 (23). – С. 102–114.
7. *Гарецкий, Р. Г.* Полоцко-Курземский пояс разломов / Р. Г. Гарецкий, Г. И. Каратаев, В. Н. Астапенко, И. В. Данкевич // Доклады НАН Беларуси. – 2002. – Т. 46. – № 6. – С. 85–89.

*В. Н. Губин *, И. И. Пирожник *, А. А. Ковалев **, В. Д. Коркин ****

** Белорусский государственный университет, ** РНТЦ «ЭКОМИР»,*

**** Департамент геологии Министерства природных ресурсов
и охраны окружающей среды, Минск*

КОСМОГЕОЛОГИЯ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ: РЕГИОНАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ, ЛИТОМОНИТОРИНГ, ОБРАЗОВАНИЕ

Космогеология – комплекс высокоинформативных технологий и методов изучения закономерностей строения и развития литосферы с космических аппаратов визуально или различными приборами путем дешифрирования записи физического поля Земли. Развитие космических методов тесно связано с региональными геологическими исследованиями, проведением мониторинга геологической среды в районах разработки месторождений полезных ископаемых. В настоящее время крайне актуальна подготовка специалистов в области космической геологии.

В Республике Беларусь имеются технические средства для приема необходимой информации дистанционного зондирования Земли с двух американских спутников «NOAA» и «TERRA», а также с российского космического аппарата «Метеор-ЗМ». Белорусскими учеными и специалистами Российского авиационно-космического агентства разработана концепция создания Белорусской космической системы дистанционного зондирования («БелКА»). Запуск первого отечественного искусственного спутника Земли внесет реальный вклад в совершенствование региональных геологических исследований и мониторинга геологической среды, будет способствовать подготовке геологов высшей квалификации.

Региональные геологические исследования (РГИ) на основе космического зондирования и геоинформационных систем позволяют выявить новые закономерности в строении земной коры, обеспечивают моделирование геодинамических обстановок, повышают надежность прогноза на различные полезные ископаемые, способствуют выяснению эколого-геологических особенностей территории и организации литомониторинга. Прогрессивным методом РГИ является космогеологическое картографирование – создание геологических моделей на базе космической информации и данных о строении земной коры, полученных традиционными (геолого-геофизическими, геохимическими и др.) методами. Первой подобной моделью явилась Космотектоническая карта Беларуси, составленная коллективом ведущих ученых Института геохимии и геофизики Национальной академии наук, Минского отдела ВНИИКАМ и БелНИГРИ [1].

В пределах запада Восточно-Европейской платформы (ВЕП) по материалам космических съемок установлены разнопорядковые линейные структуры (линеаменты), отражающие особенности разломной тектоники. Характерной чертой суперрегиональных линеаментов (Балтийско-

Украинский, Брестско-Велижский и др.) является их связь с глубинными (мантийными) разломами, активно проявившимися в позднеолигоцен-антропогенное время (рис. 1). С дизъюнктивами преимущественно корового уровня сопряжены региональные и локальные линейные структуры. Наиболее отчетливо на космических снимках выражены линеаменты, сопоставляемые с разломами, образованными в условиях растяжения земной коры. Повышенной трещиноватостью и проницаемостью коры, мобильностью проявления геодинамических процессов отличаются участки пересечения линеаментов – узловые структуры.

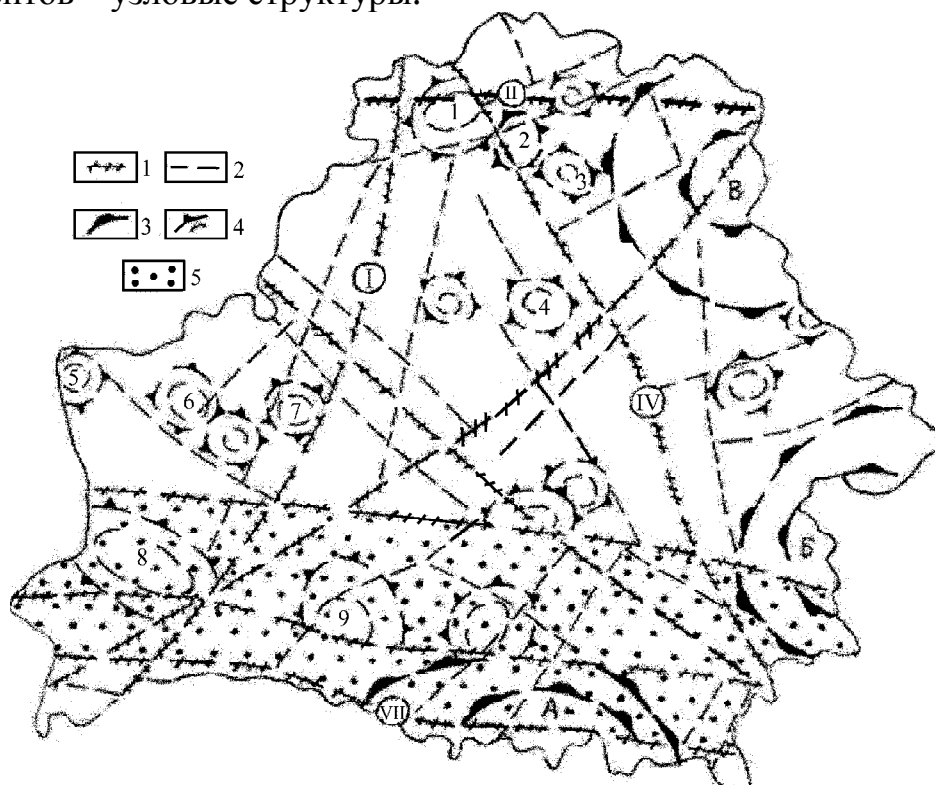


Рис. 1. Карта линеаментов и кольцевых структур территории Беларуси по данным космических съемок:

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, Б – Клиновская, В – Витебская; 4 – региональные кольцевые структуры: 1 – Браславская, 2 – Ветринская, 3 – Ушачская, 4 – Борисовская, 5 – Гродненская, 6 – Щучинская, 7 – Новогрудская, 8 – Березовская, 9 – Лунинецкая; 5 – фрагмент зоны Сарматско-Туранского трансконтинентального линеамента.

С отражением ротационной геодинамики на западе ВЕП связано формирование шести регматических систем линейных структур, ориентированных по направлениям 0-270; 17-287; 34-304; 45-315; 62-332 и 76-346 град. Подобные формы фиксируются в ландшафтах выдержанными по простиранию зонами линеаментов шириной 10–50 км. Линеаментное поле характе-

ризуется ритмичным рисунком делимости современной поверхности с «шагом» 40–60 и 80–120 км. Установлено соотношение систем линейных структур с особенностями геодинамической эволюции региона [2]. На более ранних этапах развития земной коры высокой активностью отличались линейные структуры с азимутами простираний 34–304; 45–315 и 0–270 град. В позднеолигоцен-антропогеновое время максимально активизировались системы линеаментов направлений 45–315 и 0–270 град., которые оказали заметное влияние на формирование рельефа современной поверхности (речные долины, озерные котловины и т. п.).

Дешифрируемые на западе ВЕП кольцевые структуры представляют собой гетерогенные неоднородности земной коры, проявившиеся в изометричных очертаниях ландшафтов. Мегаструктуры (Полесская, Клиновская и Витебская) являются образованиями длительного многоэтапного развития коры и формировались под влиянием взаимосвязанных тектонических, магматических и метаморфических процессов (рис.). Образование кольцевых структур крупного, среднего и мелкого классов размерности связано с воздействием одного ведущего геодинамического фактора. Малые кольцевые формы в условиях ледниково-аккумулятивного рельефа часто обусловлены развитием плейстоценовых оледенений. Отражение погребенных структур на земной поверхности вызвано активизацией над такими объектами геодинамических процессов.

Космогеологическое картографирование в комплексе с традиционными геологическими методами повышает достоверность реконструкций новейшего этапа эволюции земной коры, позволяет оценить воздействие геодинамики и формирование рельефа современной поверхности, существенно дополняет геолого-геофизическую основу прогнозирования полезных ископаемых, способствует решению проблем рационального недропользования и геоэкологии.

Космогеологическими методами установлены региональные закономерности новейшей геодинамики территории Беларуси. Выделены мегаблоки (суперрегиональные), испытавшие дифференцированные движения в течение всего новейшего этапа суммарной амплитудой до 150–170 м и менее крупные (региональные и локальные) блоки, активизировавшиеся в антропогене. Выраженным в ландшафте площадным геодинамическим аномалиям соответствуют деформации в приповерхностной части платформенного чехла, развитые в областях активного проявления соляной тектоники, гляцигенных процессов и унаследованных поднятий. Региональные современные вертикальные перемещения земной поверхности имеют незначительную амплитуду (около 1–3 мм/год) и согласуются с распределением неотектонических структур. Однако подобные движения локального уровня непосредственно над активными разломами характеризуются амплитудами до 25–35 мм/год.

В результате космогеологических исследований уточнены схемы нефтегеологического районирования Припятского прогиба и отдельных его зон, осуществлен прогноз локальных структур и участков повышенной трещиноватости чехла, с которыми связано улучшение коллекторских свойств продуктивных горизонтов верхнего девона. Особое значение приобретает линейно-амбипольный анализ в прогнозно-металлогенетических целях на территории Центрально-Белорусского массива. Данный метод способствует выявлению трещиноватых зон в кристаллическом фундаменте, отличающихся во многих случаях высокой проницаемостью для магматизма на дорифейском этапе и новейшей активизацией.

Космический литомониторинг предусматривает оперативный анализ и картографирование состояния геологической среды (ГС), особенно территорий с негативной экологической ситуацией (районы разработки Старобинского месторождения калийных солей, добычи нефти в Припятском прогибе и др.), прогнозирование изменений ГС и обеспечение природоохранных мероприятий в городских агломерациях (Минск, Витебск и др.), в районах размещения крупных инженерных сооружений, изучение динамики и разработка прогнозов развития нежелательных (опасных) экзогенных геологических процессов. Перспективы развития космического зондирования в геоэкологии связано с созданием системы регламентированных периодических дистанционных и наземно-контактных (в том числе режимных) наблюдений за состоянием и ее пространственно-временными изменениями [3].

Космический литомониторинг осуществляется на региональном, локальном и детальном уровнях. Для этого выделяются полигоны трех категорий. Наиболее крупными по площади являются полигоны первой категории (региональный уровень), представляющие собой территории с определенным видом техногенного воздействия на ГС, например, освоение Старобинского месторождения калийных солей шахтным способом. Частота космосъемки этих полигонов составляет 1–2 раза в год. Картографической основой для ведения подобного мониторинга являются материалы гидрогеологических, инженерно-геологических и ландшафтных съемок масштаба 1:200 000 – 1:100 000. В пределах регионального полигона обособляются полигоны локального уровня, где оценка состояния ГС осуществляется с применением космоснимков масштаба 1:100 000 и крупнее. Частота наблюдений составляет здесь 3–4 раза в год. Наиболее точные и полные количественные данные о состоянии и динамике ГС фиксируются на полигонах третьей категории (детальный уровень). Они выбираются в пределах локальных полигонов и оборудуются для инструментальных исследований специальными измерительными приборами. Частота наблюдений здесь не реже чем ежемесячно, вплоть до непрерывной регистрации происходящих изменений ГС. На полигонах третьей категории применяется повторная крупномасштабная и перспективная аэрофотосъемки, фототеодолитная съемка, космогеодезические измере-

ния на основе GPS, специализированное наземное обследование участков в масштабе 1:5 000 – 1:2 000 и крупнее. Организация литомониторинга на детальном уровне изучения ГС целесообразна в пределах освоения промышленных залежей доломитов (Руба), месторождений строительного и облицовочного камня (Микашевичи, Глушковичи).

Университетское образование в области космической геологии тесно связано с обеспечением геологической отрасли квалифицированными кадрами. Важную роль в удовлетворении потребности в геологах высшей квалификации играет географический факультет Белорусского государственного университета [4]. Студенты кафедры динамической геологии обучаются по специализациям «Геологическая съемка, поиски и разведка полезных ископаемых» и «Тектоника и физика Земли». Космическая геология рассматривается в курсах лекций: «Геологическая съемка и картографирование», «Дистанционные методы в геологии», «ГИС-технологии в геологии», «Экологическая геология» и др. Студентами выполняются контролируемые самостоятельные работы по геологическому дешифрированию космических снимков. При этом обращается внимание на изучение по материалам космического зондирования литолого-стратиграфических комплексов горных пород, анализ структурных форм земной коры, геолого-геофизическую интерпретацию космогеологических данных, выявление и картографирование эколого-геологических ситуаций в условиях техногенеза. Большое внимание уделяется получению студентами космогеологических знаний в период прохождения учебных полевых и производственных практик в экспедициях РУП «Белгеология», БелНИГРИ, Институте геохимии и геофизики НАН Беларуси.

Космогеология позволяет выявить нетрадиционные закономерности в строении и формировании земной коры. В комплексе с наземными геологическими, геофизическими и геохимическими исследованиями космогеологические методы являются современной эффективной геоинформативной системой изучения литосферного пространства и литомониторинга. Космогеология широко внедряется в учебный процесс и способствует профессиональной подготовке высококвалифицированных специалистов для геологической отрасли.

Список литературы

1. Космотектоническая карта Белоруссии масштаба 1:2 000 000 / под ред. Р. Г. Гарецкого. – Минск, 1988.
2. *Айзберг, Р. Е.* Палеогеодинамические реконструкции платформенных бассейнов: метод. аспекты / Р. Е. Айзберг, В. Н. Губин, И. В. Климович, Т. А. Старчик. – Минск, 1991. – 182 с.
3. Мониторинг природной среды дистанционными и геодезическими методами / под ред. А. А. Ковалева, В. Н. Губина. – Минск, 1996. – 156 с.
4. *Губин, В. Н.* Проблемы подготовки геологов в Белорусском государственном университете / В. Н. Губин // Літасфера. – 2005. – № 2. – С. 146–150.

ПРИМЕНЕНИЕ ДИСТАНЦИОННЫХ ОПТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ ЗОНДИРОВАНИЯ АТМОСФЕРЫ

В работе представлены методы и реализация лазерного, фотометрического и спутникового зондирования атмосферы, развитые за последние 10 лет в ИФ НАНБ. Дана сущность методов. Описаны приборы для лазерного (лидары) и фотометрического (Simel) зондирования. Указанные методики и лидары интегрированы в Европейскую сеть Earlinet и внедряются в создаваемую лидарную сеть СНГ. Прибор Simel работает в рамках мировой сети AERONET. Весь аппаратурный комплекс прошел интеркалибровку. Получены следующие основные результаты.

Лазерное и фотометрическое зондирование атмосферы

Впервые в мировой практике обработки лидарных сигналов используются одновременно данные измерений фотометра Simel. Алгоритм обработки основывается на формировании модели аэрозольного слоя по данным Simel; формировании базовой системы уравнений: построении функции правдоподобия для модели; расчете высотных профилей концентраций мелкой и крупной фракций, которые обеспечивают максимум функции правдоподобия. Все это повышает точность интерпретации лидарных сигналов и позволяет простым способом определять распределение аэрозолей по размерам на разных высотах. Указанный метод будет использован в 6-рамочной программе в сети Earlinet.

Представлены высотные профили концентрации озона и его общего содержания за период 1998–2004 гг. Показано, что максимум концентрации O_3 находится на высотах 10–15 км. Наибольшее содержание озона приходится на весенний период. Серьезной годичной трансформации не наблюдается.

Перенос загрязнений в Беларусь, обусловленный антропогенной деятельностью исследовался с помощью лидаров и фотометров Simel сети Earlinet и AERONET. Установлено, что результирующие потоки аэрозольных масс максимальны для западного переноса. Особое внимание уделено контролю аэрозольного загрязнения гг. Минска и Солигорска. Показано, что для малых частиц области повышенного содержания расположены в Заводском, Партизанском и Фрунзенском районах. Распределение больших частиц является «пятнистым». Зоны превышения над средним уровнем больше в Центральном районе. Наиболее чистыми являются районы Восток и Зеленый луг. В Солигорске основными источниками загрязнения являются выбросы труб 4-х комбинатов. Годовая мощность выбросов оказалась близкой к расчетным.

Изучалось загрязнение атмосферы при аномальных явлениях (извержениях вулканов, пылевых бурях, пожарах). Последнее мощное извержение было у вулкана Пинатубо на Филиппинах в июне 1991 г. До начала 1992 г. в стратосфере Беларуси концентрация аэрозоля стремительно нарастала и на высотах 18–21 км превысила фоновые значения в 100 раз. Затем началось ее медленное очищение и к 1997 г. она пришла в исходное состояние, в котором находится и в настоящее время.

Европа, в том числе и Беларусь, подвержена регулярным (2–3 раза в месяц) выносам пыли из пустыни Сахара. При мощных выбросах лидарная техника показывает, что на высотах 4–8 км наблюдаются пылевые облака, концентрация аэрозоля в которых может быть в десятки раз больше, чем вне их.

Сильное влияние на загрязнение атмосферы в Беларуси оказывают пожары, возникающие не только у нас, но и далеко за ее пределами (в том числе и Америке). Особенно мощный дымовой смог в г. Минске наблюдался в сентябре 2002 г. В докладе с помощью лидара, фотометра Simel и обратных ветровых траекторий детально описывается его структура и место происхождения.

Лазерное зондирование водной среды (океана)

В водной среде, в виду сильного рассеяния света, использовать обычное лидарное уравнение, применимое в относительно чистой атмосфере для определения ее состава, нельзя. Необходимо учитывать многократное рассеяние. Был рассчитан лидарный сигнал обратного рассеяния в малоугловом приближении и разработан алгоритм обращения соответствующего уравнения с целью восстановления глубинной структуры оптических характеристик воды: показателей ослабления и поглощения. Экспериментальные исследования с борта судна проводились в районе североатлантического побережья нашими коллегами из США, а вертолетные – англичанами. На вертолете находился лидар, на корабле – бортовой лидар и погружной прозрачномер. Последний, независимым от лидара образом, измерял показатели ослабления и поглощения на различных глубинах. Экспериментальные лидарные сигналы и нами рассчитанные, с учетом технических возможностей лидаров и данных прозрачномера, оказались очень близкими. Близкими к реальным оказались и восстановленные по нашей методике глубинные профили оптических характеристик.

Спутниковое зондирование подстилающей поверхности и атмосферы

Создана и детально апробирована инженерная теория переноса оптического излучения в системе атмосфера – земная или водная поверхность. Она использована: 1) для создания быстрых точных кодов, стимулирующих перенос в такой системе с целью осуществления внешней калибровки, атмосферной коррекции; 2) для создания пакетов восстановления парамет-

ров облаков по спутниковым данным (SAKURA), методов спутникового мониторинга снега (CLI, MODIS).

Как известно, фотоприемник на космическом носителе регистрирует спектральный коэффициент яркости (СКЯ) системы атмосфера-подстилающая поверхность, который является сложной суперпозицией откликов этих двух подсистем. При этом возникают две связанные проблемы: определение спектральных характеристик подстилающих поверхностей (суша, водные бассейны) и восстановление спектральной оптической толщины аэрозоля. Атмосфера искажает спектральные характеристики сигнала от подстилающей поверхности, причем особенно сильно при малых значениях коэффициентов отражения поверхности. Поэтому успешное измерение индексов цвета, широко используемых при решении проблем экологического мониторинга Земли, определении состояния посевов, фитосанитарного состояния лесов, оценки биопродуктивности океана и т. д., невозможно без проведения атмосферной коррекции. Задача атмосферной коррекции состоит в определении спектрального альбедо поверхности A по измеренному СКЯ. Для этого необходимо иметь: 1) хорошую оптическую модель атмосферы, 2) точные и эффективные по времени вычислительные расчетные процедуры, 3) СКЯ должен быть измерен с хорошей точностью в абсолютных единицах. Для разных ситуаций предложены модели коррекции, апробированные при спутниковых измерениях. Дана панорама Солигорского водохранилища, снятого с самолета, до и после коррекции.

Предложены и использованы при обработке спутниковой информации алгоритмы восстановления высоты облаков, их коэффициента отражения, оптической и геометрической толщины, реализованные как карты распределения по земному шару (Sea WiFS). Проанализировано из космоса распределение коэффициента отражения и оптической толщины по горизонтальному сечению циклона и особенно детально в его центре (глазу) в Бермудском треугольнике.

А. А. Ковалев, В. Н. Губин, В. Н. Кузьмин

** Белорусский государственный университет, ** РНТЦ «ЭКОМИР», Минск*

ПЕРСПЕКТИВЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ И ОЦЕНКИ ЕЁ СОСТОЯНИЯ

Основные преимущества дистанционного зондирования космического уровня, как известно, заключаются в глобальности по отношению к обзору земной поверхности, периодичности по отношению ко времени и оперативности по отношению к поступлению информации, поэтому космическая многозональная съемка земной поверхности в течение последних 30 лет занимает лидирующее место среди дистанционных методов диагностики. Особый интерес к космической информации в настоящее время в

республике обусловлен возможностью ее получения с помощью отечественных космических средств (БелКА).

Пространственное разрешение космических снимков на местности до недавнего времени было недостаточным для построения крупномасштабных карт, которые играют особую роль в региональных экологических исследованиях. Увеличение разрешающей способности современных космических систем съемки, к которым относится и аппаратура БелКА, позволяет практически отказаться от аэровоздушной съемки для экологических целей.

Доступность космических изображений местности высокого разрешения для отечественных потребителей позволяет перейти к качественно новым технологиям анализа и получения информации о состоянии природной среды. Однако развитие этих технологий требует достаточно серьезных вложений со стороны заинтересованных министерств и ведомств на создание соответствующей нормативной и материально-технической базы, а также подготовку профильных специалистов.

Получение и *первичная обработка* данных дистанционного зондирования происходит в наземных комплексах приема, обработки и распространения информации. На стадии первичной обработки реализуются операции радиометрической коррекции и фотометрической нормализации. Эти операции связаны с устранением искажений первичной информации внешними факторами при проведении съемок и с преобразованием ее к стандартному для распространения виду – цифровым изображениям. Указанные операции обработки централизованы, поскольку их можно провести лишь при наличии специальной информации от бортового измерительного комплекса и систем слежения за летательными аппаратами.

На втором этапе на специализированных предприятиях, имеющих соответствующие лицензии, проводится *межведомственная обработка* данных. На этом этапе решается общая для всех потребителей задача – метрическая коррекция полученных изображений для последующего точного определения метрических характеристик наземных объектов.

Тематическая обработка данных дистанционного зондирования на современном этапе в мировой практике децентрализована и производится непосредственно потребителем, поскольку зависит от постоянно расширяющегося круга решаемых задач. Для Минприроды этот круг задач определен ведомственными документами и требует получения значительных объемов космической информации. Это приводит к необходимости использования автоматизированных методов хранения, поиска и обработки данных. Отсюда вытекают повышенные требования к инфраструктуре – линиям передач и устройствам хранения данных, программным средствам и вычислительным системам. Данное направление является одним из направлений работы Минприроды в рамках Плана действий по использо-

ванию информации, получаемой Белорусской космической системой дистанционного зондирования Земли, для изучения природных ресурсов и оценки состояния окружающей среды.

При тематической обработке сцены (снимка) проводится выделение объектов по наблюдаемым яркостным и цветовым контрастам, которые определяют микро-, мезо- и макроструктуру как изображения в целом, так каждого объекта в отдельности. Автоматизированная классификация в основном проводится по спектральным и текстурным (микроструктурным) признакам. Визуальное дешифрирование осуществляется субъектом и связано с анализом мезо- и макроструктурных признаков снимка. И в том, и в другом случае определяющим для качества фактором является профессиональная подготовка специалиста по тематической обработке. Причем на данном этапе – это *специалист* с дополнительной подготовкой в области обработки данных, который знает и может решать ведомственные задачи. Такая подготовка в рамках Минприроды будет осуществляться на курсах повышения квалификации.

Космическая диагностика исторически осуществляется в основном по спектральным признакам. Это обстоятельство связано с тем, что космические изображения имели малую разрешающую способность. Мультиспектральная съемка местности позволила решить не только проблемы дешифрировки снимков с малой разрешающей способностью, но и автоматизировать этот процесс, что исключительно важно при тех объемах информации, которые поступают по каналам связи с орбиты. Классификация по спектральным признакам приобрела в настоящее время индустриальный характер. Предлагаемые технологии обработки данных входят в стандартные *модули программных средств* (геоинформационные системы), широко используются государственными и коммерческими предприятиями. Особенностью этих средств является то, что они должны подстраиваться под характерные особенности природной среды исследуемого региона.

Известно, что для экологического мониторинга природной среды характерен широкий набор целевых классов, предъявляемых для распознавания в ходе интерпретации оптико-спектральной информации. Ограниченность же числа спектральных каналов при съемке, связанная с техническими параметрами приемной аппаратуры, ставит задачу оптимизации размерности пространства признаков для выделения указанных классов. Для ее корректного решения необходимы представительные выборки спектральных характеристик объектов. Далее следует стадия разработки алгоритмов обработки данных, структуризации информации, организация ее хранения и представления. Конечный продукт – стандартные или нормативные методики по заданному классу объектов. Все это составляет научно-методическое обеспечение системы дистанционного зондирования. Поддержка *научно-методического обеспечения* на современном уровне –

одно из направлений работ Минприроды в рамках ГНТП «Экологическая безопасность».

Мировой опыт свидетельствует, что для эффективного использования данной технологии следует организовать сеть специальных *калибровочных полигонов*, которая охватывала бы все разнообразие природных особенностей нашей республики. В настоящее время для проведения калибровочных работ выбраны зоны особоохраняемых природных территорий.

Таким образом, для эффективного функционирования системы дистанционного зондирования с целью решения экологических задач необходима разработка взаимосвязанного комплекса организационно-технических и научно-методических задач, которые и отражены в рамках ведомственной концепции использования информации, получаемой Белорусской космической системой дистанционного зондирования Земли, для изучения природных ресурсов и оценки состояния окружающей среды.

Ю. М. Обуховский

Белорусский государственный университет, Минск

ПРОБЛЕМЫ ИНДИКАЦИОННОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

Индикационному ландшафтоведению – 40 лет. В 1966 г. была опубликована монография Сергея Васильевича Викторова [1], в которой были сформулированы теоретические положения ландшафтной индикации: подразделение компонентов ландшафта на физиономичные и деципиентные, вертикальная ярусность строения ландшафта, комплексность строения ландшафтных индикаторов в отличие от частных. Это позволяет привлекать к изучению природной среды не только отдельные индикаторы или их сочетания, а типологию и оптику ландшафтов. На смену так называемому «ландшафтно-дешифровочному подходу» привлекается картографирование эктоярусов природных территориальных комплексов и их индикационная интерпретация.

Дистанционное ландшафтное картографирование, в соответствии с теорией индикации, является аналитическим. Таксоны любого ранга выделяются только по совокупности физиономичных признаков, а их интерпретация осуществляется в соответствии с разработанными индикационными схемами. Дифференциация отраслей индикационного картографирования определяется классификацией направлений прикладного ландшафтоведения, а эффективность их разработки и внедрения – комплексом признаков, среди которых необходимо отметить масштаб проводимых работ, сложность строения и изученность территорий, степень физиономичности используемых индикаторов, их экологическую амплитуду и возможности

экстраполяции, замещаемость индикаторов и компенсацию экологических факторов и др.

Индикационные исследования в Беларуси были предварены региональными, геоботаническими, геологическими и структурно-геоморфологическими работами. Последними была показана связь рельефа и гидро-сети с глубинным строением территории (З. А. Горелик, В. И. Гридин, Б. Н. Гурский, Э. А. Левков и др.). В индикационном плане дальше других пошел В. И. Гридин [3], который пытался придать структурно-геоморфологическим исследованиям ландшафтный характер, что в то время не было надлежащим образом воспринято.

Начиная с 70-х гг. прошлого столетия, в тематическое картографирование стали внедряться результаты теоретических разработок различных отраслей индикационного ландшафтоведения: текто-, лито-, гидро- и педоиндикации, индикации процессов, индикационной оценки состояния природной среды.

В основе тектоиндикации лежит представление об унаследовании структурных планов различных поверхностей, обмене веществ в зонах разломов, гравитационно обусловленном изменении потоков массопереноса, воздействии неотектоники на оптику ландшафта. Важный практический вывод был сделан при сопоставлении серии разномасштабных тематических карт. Оно показало, что на картах разного масштаба таксоны геоботанического и ландшафтного картографирования соответствуют контурам рельефа, литологического состава почвогрунтов, геоструктур разного порядка.

Индикация проявлений неотектоники и погребенных структур осуществляется путем дистанционного картографирования и выявления аномальных в строении ландшафта участков, вероятно сопряженных с геологическими объектами определенного класса. По различным признакам выявляются локализация погребенных блоков и структур, местонахождение и простираание разломов, знак и амплитуда неотектонических движений. Составлена космотектоническая карта Беларуси [2], карты линеаментов республики [4].

В последние годы к подобным исследованиям привлекаются математические и компьютерные методы. Однако ощущается недостаточность разработки теории тектоиндикации, достоверность которой не может оцениваться по традиционным критериям, применяемым в лито- и гидроиндикации. Так, некоторые работы, прекрасно иллюстрирующие механизм связи линеаментов с глубинным строением, не имеют индикационной интерпретации, т. к. множеству рассматриваемых в них индикаторов соответствуют только два вида индикаторов – топо- и космолинеаменты.

Одним из наиболее разработанных и востребованных направлений является литоиндикация. Для основных физико-географических провинций

Беларуси разработаны индикационные схемы, позволяющие картировать локализацию, генезис и литологический состав покровных отложений [6]. Достоверно диагностируются песчаные, супесчаные, суглинистые и органические отложения, некоторые физические свойства горных пород: плотность, влажность, инфильтрационная способность. Определяется мощность песчаных, реже – супесчаных отложений, глубина залегания первого от поверхности водоупорного горизонта. Весьма сложной задачей остается определение мощности суглинков и глин, а также гранулометрического состава песков.

Следует отметить, что глубины применения литоиндикации (0–5 м) на всей территории Беларуси апробированы бурением при проведении среднemasштабной геологической съемки. Поэтому применение индикации эффективно при картографировании только более детального уровня. Существуют и пока непреодоленные трудности использования метода при детальных инженерно-геологических исследованиях, поскольку индикация почти всегда вероятностна, а не абсолютна.

При индикационной интерпретации ландшафтных карт необходимо учитывать зональную изменчивость индикаторов, обусловленную компенсацией экологических факторов.

В литоиндикации покровных отложений несколько обособляются вопросы изучения и картографирования гляциодислокаций. Их проявления в лесо-болотных ландшафтах Беларуси – эталонном регионе своего распространения – зависят от природы дислоцированных тел (складки, отторженцы), от рельефа (на водоразделах, на склонах), от ландшафтных условий (в лесах, в агрокультурных комплексах), от экологических условий местообитаний (сырые, влажные, сухие). Индикационные признаки гляциодислокаций не укладываются в известные системы соподчиненных природных территориальных комплексов. В большинстве случаев преобладает ассоциативно-контурная индикация, с точки зрения которой они обнаруживают себя как типично тектогенные образования [5].

Индикационное дешифрирование и картографирование почв резко отличается в методическом отношении в агрокультурных ландшафтах и на неосвоенных землях. В первом случае используется контрастно-аналоговый метод с интерпретацией прямых дешифровочных признаков и анализом гипсометрии местообитаний. В другом – осуществляется индикация по экотярусам ландшафта, для чего эффективно использование данных лесной таксации. Для этого необходимы: генерализация таксационных контуров, объединение контуров-аналогов, исправление их конфигурации по дешифровочным признакам, интерпретация лесотипологических карт в почвенные и корректировка последних с учетом имеющегося фактического материала, увязка контурности почвенных карт залесенных и пахотных земель [6].

Установлено, что отдельным генетическим типам почв соответствуют не отдельные строго обособленные индикаторы, а их сочетания. Поэтому основной задачей педоиндикации является диагностика не всего множества почвенных разновидностей, а максимально надежная идентификация основных.

В последние годы для индикационного картографирования почв используется автоматизированное дешифрирование с применением компьютерных технологий. Однако площадь применения таких методов ограничивается агрокультурными ландшафтами.

Гидроиндикация в Беларуси возможна до глубины 5–6 м. В этом интервале выделяются градации 0–0,5; 0,5–1; 1–3; 3–5 и более 5 м. Отклонения от средних значений связаны с наличием верховодки, с влагоемкостью и инфильтрационной способностью почвогрунтов, с мелиоративным понижением уровней грунтовых вод (УГВ).

По южному обрамлению локализации моренных образований сожского ледника проходит зональная граница гидроиндикационных свойств экотярусов-аналогов. К югу от этой границы им соответствуют меньшие, чем к северу от нее, значения УГВ. Это связано с изменением водно-физических свойств горных пород, существенно варьирующих в различных зонах материковых оледенений. Величина сдвига в эдафической сетке П. Погребняка составляет 1–2 степени [7].

По ландшафтным признакам устанавливаются и картируются участки различного режима грунтовых вод (проточных, слабопроточных, застойных). Растительные индикаторы указывают на тип и степень минерализации грунтовых вод на болотах.

Ландшафтная индикация широко используется для изучения и картографирования экзогенных процессов: природных, техногенных, антропогенно-опосредованных. В Беларуси для этих целей разработана концепция торфяно-болотных комплексов, которые рассматриваются как зонированные ярусные системы, сопряженные процессами массо- и энергообмена. Зоны физиономичны, и по ним возможны диагностика и картографирование ранних стадий процессов, которые не видны на материалах дистанционных съемок (МДС).

Наряду со стадийно-синхронной индикацией развивается ретроспективная. Виды и интенсивность процессов в прошлом хорошо коррелируют со структурой земельных угодий и стадиями развития геотехнических систем. Существующие банки МДС позволяют осуществлять ретроиндикацию с конца 40-х годов прошлого века, а использование картографических материалов в Беларуси углубляют ее до 200 лет.

Разработанные индикационные схемы позволяют осуществлять комплексное картографирование и оценку состояния природной среды исследуемых регионов, в том числе:

1. Крупномасштабное аэроландшафтное картографирование с детализацией на уровне урочищ в м. 1:100 000 – 1:200 000.

2. Крупномасштабное (1:50 000) картографирование болот и заболоченных земель с использованием, в зависимости от изученности регионов, различных методических подходов.

3. Картографирование антропогенной перестройки ландшафтов на основе дешифрирования аэрокосмических снимков.

4. Картографирование ореолов промышленного загрязнения с использованием зимних снимков городов, инфракрасных снимков городов, цветокодированных и тепловых снимков водных акваторий, многозональных снимков лесов.

Важное практическое значение приобретает индикационное дешифрирование МДС, направленное на оценку экологической стабильности территорий, выявление экологически нестабильных территорий на мелиорируемых землях, дистанционный региональный мониторинг болот.

Список литературы

1. *Викторов, С. В.* Использование индикационных географических исследований в инженерной геологии / С. В. Викторов. – М., 1966. – 129 с.

2. *Гарецкий, Р. Г.* Космотектоническая карта Беларуси / Р. Г. Гарецкий, В. Н. Губин, Н. А. Капельщиков [и др.]. – Минск, 1988. – 70 с.

3. *Гридин, В. И.* Новейшая тектоника и ее связь с глубинным строением Припятского прогиба / В. И. Гридин // Проблемы тектоники Припятского прогиба / под ред. З. А. Горелика. – Минск, 1974. – С. 159–163.

4. *Матвеев, А. В.* Линеаменты территории Беларуси / А. В. Матвеев, Л. А. Нечипоренко. – Минск, 2001. – 124 с.

5. *Обуховский, Ю. М.* Индикация гляциодислокаций в лесоболотных ландшафтах Беларуси / Ю. М. Обуховский // Изв. вузов. Геология и разведка. – 1986. – № 3. – С. 110–112.

6. *Обуховский, Ю. М.* Ландшафтная индикация лесных почв юга Белоруссии / Ю. М. Обуховский, Л. Л. Григоревич, Е. Н. Каждан // Почвоведение. – 1999. – № 3. – С. 383–388.

7. *Обуховский, Ю. М.* Аэрокосмические исследования ландшафтов Беларуси / Ю. М. Обуховский, В. Н. Губин, Г. И. Марцинкевич. – Минск, 1994. – 175 с.

А. В. Перцов, В. С. Антипов, Г. В. Гальперов, Е. А. Журавлев

Научно-исследовательский институт
Космоаэрогеологических методов (НИИКАМ), Санкт-Петербург

ДИСТАНЦИОННАЯ ОСНОВА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ – ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ПРИ ГЕОЛОГИЧЕСКОМ ИЗУЧЕНИИ НЕДР

С начала XXI века создание дистанционных основ (ДО) карт геологического содержания на базе использования материалов космических съёмок (МКС) стало традиционным компонентом работ как при региональном

геологическом изучении недр России, так и при прогнозировании и поисках полезных ископаемых. Созданы технологии формирования ДО разного масштаба, нормативно-методические документы, регламентирующие процесс их подготовки при работах, в процессе которых создаются государственные геологические карты масштаба 1:1 000 000 и 1:200 000. К настоящему времени изготовлены фактографические ДО Госгеолкарты-1000/3 для всей континентальной суши России (177 комплектов), комплекты ДО Госгеолкарты-200/2 (для 280 номенклатурных листов). По МКС NOAA AVHRR, МСУ-СК, Terra MODIS сформированы ДО масштаба 1:10 000 000 – 1:2 500 000 для всей континентальной России и её крупных регионов. По МКС среднего и высокого разрешения ведутся работы по созданию ДО масштаба 1:1 000 000 – 1:10 000.

С учетом опыта этих работ разработана многоуровневая система обеспечения ДО всего масштабного ряда карт геологического содержания.

Глобальный уровень генерализации (УГ) (масштаб 1:10 000 000 и мельче) обеспечивается ДО по данным космических систем съемки с пространственным разрешением ~1 км (базовые NOAA AVHRR, Terra MODIS). Примерами являются ДО на всю территорию России по данным съемок со спутников NOAA в ближней инфракрасной части диапазона электромагнитных волн и видимой его части, а также аналогичная ДО по данным Terra MODIS.

Континентальный УГ (масштаб 1:5 000 000 – 1:2 500 000) – с разрешением не хуже 500–250 м (МСУ-СК, Terra MODIS). Примеры – ДО на европейскую часть России, на юг Западной Сибири, для всей территории России.

Региональный УГ (масштаб 1:1 500 000 – 1:500 000) – с разрешением не хуже 80 м (КАТЭ-200, Landsat). Примеры – ДО Госгеолкарты-1000/3.

Локальный УГ (масштаб 1:200 000 – 1:100 000) – с разрешением не хуже 20–30 м (МК-4, Landsat ETM+). Примеры – ДО Госгеолкарты-200.

Детальный УГ (масштаб 1:50 000 – 1:25 000) – с разрешением не хуже 10 м (КФА-1000). Пример – ДО на территорию Альметьевского нефтеносного полигона в Татарстане.

Подробный УГ (масштаб 1:10 000 и детальнее) – с разрешением 5 м и лучше (КФА-3000). Такие материалы были использованы для выявления локальных тектонических зон, перспективных на выявление Cu-Ni-Pt месторождений в Мончегорском районе.

Дистанционная основа каждого масштабного уровня позволяет решать определенный круг задач. Из всего их разнообразия можно выделить главные, которые с различной степенью детальности могут и должны решаться на всех уровнях. Это прежде всего установление структурного каркаса и блокового строения картографируемой территории; минерагеническое районирование и установление закономерностей

размещения полезных ископаемых; изучение эколого-геологических условий, выявление потенциально опасных для обитания и деятельности человека геологических процессов и явлений, прогноз их развития. При этом если на региональном и континентальном уровнях выявляется блоковое строение на уровне складчатых систем, мегаблоков, то на локальном уровне основная задача сводится к прослеживанию отдельных разрывных нарушений, складчатых структур, установлению внутреннего строения зон смятия и повышенной трещиноватости. Соответственно и металлогенические задачи на глобальном уровне заключаются в выявлении общих закономерностей приуроченности месторождений к системам глобальных зон нарушений, а на локальном уровне важным является установление основных факторов, контролирующих размещение месторождений (прослеживание рудоносных и рудовмещающих толщ и тел, установление ареалов гидротермально и метасоматически измененных пород и др.).

Данные космических съемок использованы при прогнозных построениях в нефтегазоносных и рудных районах.

В Тимано-Печорской провинции выявлено 10 площадей, перспективных на обнаружение новых месторождений углеводородов, а детальное изучение района локализации нефтяного месторождения имени Титова указало на преимущественные перспективы южного блока, где пока бурение не проведено. Аналогичные построения выполнены по территориям Мезенской синеклизы, Юрубчено-Тахомской зоны нефтегазоаккумуляции Лено-Тунгусского региона, а по договору с ООО «Лукойл-Калининградморнефть» – на территорию Калининградской области, а также для одного из нефтегазоносных бассейнов (НГБ) Туниса и части Западного Внутреннего НГБ Северной Америки.

Анализ МКС Печенгского рудного района выявил рудоконтролирующую роль локальных субширотных разломов, что позволило локализовать 3 новых перспективных участка. Новый перспективный участок установлен на основе данных анализа МКС к северо-западу от Бамского золоторудного месторождения. Несколько перспективных участков выявлено в районе локализации Неждановского золоторудного месторождения и Гайского меднорудного района.

Использование созданной в НИИКАМ экспертной прогнозирующей системы «Генезис», базирующейся на МКС, позволило локализовать в трех рудных районах – Онежском, Олангском и Федорово-Панском – новые перспективные площади.

Одним из новых направлений в использовании МКС является прогноз рудоперспективности по данным полихронной тепловой космической съемки. Установлены аномалии, контролируемые известными рудными узлами – Гайский, Печенгский, Федорово-Панский, Мончегорский, Мурунтау,

Талнахский, Норильский, а также рудоперспективные площади Шуортундр в Печенгском рудном районе, участок Пивнус в Мончегорском районе и другие. Размеры аномалий – десятки кв. километров, интенсивность от десятых долей градуса до 2°.

Дальнейшее совершенствование рассматриваемого направления в целом должно осуществляться при разработке:

- космоструктурных прогнозных моделей конкретных и обобщенных типовых минерагенических объектов;
- технологии формирования дистанционных основ второго поколения, обеспечивающих смежные масштабы работ и использующих данные съемочных систем XXI века;
- ГИС-технологий применения МКС для контроля за рациональным недро- и природопользованием;
- методики использования МКС для ведения мониторинга экзогенных геологических процессов;
- методики применения тепловой, многочастотной радиолокационной и спектрорадиометрической съемок при выполнении ГРР.

СЕКЦИЯ I

МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ, ГИС

Б. И. Беляев, Л. В. Катковский, С. В. Хвалец

Институт прикладных физических проблем им. А. Н. Севченко
Белгосуниверситета, Минск

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПЕКТРОВ И ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ ОБЪЕКТОВ ЛЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ

Исходными данными дистанционного зондирования, которые используются нами для тематической классификации лесных территорий, являются спектрозональные изображения в трех спектральных зонах шириной 40–60 нм, лежащих в видимом и ближнем ИК диапазонах, и спектры высокого разрешения (1024 канала в области 350–1150 нм), полученные в отдельных точках этих изображений (4–6 спектров на одно изображение). Указанные данные регистрируются с помощью видеоспектрального комплекса ВСК-2 [1] при трассовых съемках с борта вертолета. Для автоматизации доступа при обработке информации все исходные данные размещаются в реляционную базу данных (БД). На этапе импортирования в БД происходит пересчет видеоспектральных данных в абсолютные значения спектральной плотности энергетической яркости (СПЭЯ) с использованием данных калибровки приемников блока спектрополяризационной съемки изображений и спектрометра.

Значение отдельного пиксела изображения минимально значимо, в особенности при поиске и классификации объектов, в пределах которых могут наблюдаться значительные вариации величины отраженного излучения. В то же время значения сигналов от групп близких пикселов, как правило, сильно пространственно коррелированы. Поэтому учет, наряду со спектральными отражательными характеристиками текстуры изображения при его анализе, становится важным компонентом, в особенности при обработке изображений с высоким пространственным разрешением, применяемых, например, для классификации отдельных ландшафтных единиц лесных территорий различных масштабов (древостоев, куртин, отдельных деревьев).

Вначале на основе координатных данных GPS приемника с помощью разработанной компьютерной программы строится мозаика спектрозональных (трехканальных) изображений с последующей пространственной привязкой к ним спектров. Автоматическая пространственная привязка спектров к изображениям корректируется путем нахождения корреляционных максимумов значений пикселов изображения и данных спектрометра в соответствующих спектральных каналах. Далее выполняется анализ полу-

ченной мозаики изображений с целью поиска объектов (пространственных структур) фиксированной формы и размеров с заданными спектральными характеристиками. При этом сравниваются выборочные дисперсии заданного эталонного и текущего объектов на основе критерия Фишера:

$$F = \sum_{i=1}^3 w_i (\bar{I}_i - \bar{I}_0)^2 / (DI_i + DI_0),$$

где w_i – веса, учитывающие относительную важность каналов; $\bar{I}_i$ – средние величины значений пикселей i -го канала по текущему окну (соответствующему по форме и размерам эталонному объекту); DI_i – соответствующие дисперсии; $\bar{I}_0$, DI_0 – те же величины для эталонного объекта.

После этого объекты определенной найденной группы (с заданной пространственной структурой) дополнительно классифицируются по значениям вегетационного разностного индекса NDVI. Для каждого пиксела полученных групп объектов рассчитывается спектр на основе разработанной методики линейной интерполяции [2], используя измеренные в отдельных точках трассы спектры, а также значения яркостей трех каналов текущего пиксела спектрального изображения:

$$S_\lambda(x, y) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \{ S_\lambda(x_i, y_i) + k(\lambda, Ch) [B_{Ch}(x, y) - B_{Ch}(x_i, y_i)] \},$$

где $S_\lambda(x, y)$ – искомое неизвестное значение СПЭЯ на длине волны λ в точке (x, y) спектрального изображения; $S_\lambda(x_i, y_i)$ – измеренное спектрометром значение СПЭЯ на длине волны λ в точке (x_i, y_i) изображения; $k(l, Ch)$ – коэффициент пропорциональности в уравнении линейной регрессии; $B_{Ch}(x_i, y_i)$ и $B_{Ch}(x, y)$ – известные значения СПЭЯ в спектральном канале Ch изображения в соответствующих пространственных точках. При этом канал Ch выбирается из условия максимальной (выше уровня 0,95) корреляции спектральных яркостей отражения объектов в этом канале и на длине волны λ .

Окончательная классификация осуществляется для полученных спектров на попиксельной основе методом максимального правдоподобия.

Разработанная методика применяется для классификации типов лесных территорий, в том числе гарей, и обнаруживает лучшую точность в сравнении с обычной попиксельной классификацией. Корреляция полученных результатов и таксационных описаний базы данных ГИС «Лесные ресурсы» достаточно высокая и составляет 75–95 %.

Список литературы

1. *Беляев, Б. И.* Авиационный аппаратно-программный комплекс ВСК-2 для контроля состояния лесов / Б. И. Беляев [и др.] // Аэрокосмические методы и геоинформационные технологии в лесоведении и лесном хозяйстве: докл. III Всерос. конф., посвящ. памяти Г. Г. Самойловича, Москва, 18–19 апр. 2002 г. / редкол.: А. С. Исаев [и др.]. – М., 2002. – С. 115–118.

2. Катковский, Л. В. Пространственная и спектральная экстраполяция данных дистанционного зондирования лесов / Л. В. Катковский [и др.] // Дистанционное зондирование земных покровов и атмосферы аэрокосмическими средствами: сб. докл. Второй Всерос. науч. конф., Санкт-Петербург, 16–18 июня 2004 г. / отв. ред. Н. А. Арманд. – СПб., 2004. – С. 159–163.

Ю. А. Гледко

Белорусский государственный университет, Минск

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ – СОВРЕМЕННОЕ НАПРАВЛЕНИЕ ОБЩЕГО ЗЕМЛЕВЕДЕНИЯ

Роль общего землеведения в системе географических наук уникальна. Представления землеведения (зональность, целостность, системность, эндогенное и экзогенное происхождение ряда форм рельефа и т. д.) играют ведущую роль в формировании гипотез о строении внешних оболочек других планет Солнечной системы, определяющих программы их исследования с помощью космических средств. Большинство наук о Земле опираются на базисные представления землеведения о взаимосвязях атмосферы, гидросферы, растительности и рельефа, суши и океанов, различных природных зон.

Современным направлением землеведения является создание единой интегрированной цифровой модели географической оболочки, подобной уже существующим моделям климатической системы, океанов, подземных вод и др. Ставится задача моделирования отдельных оболочек с целью постепенной интеграции их в единую модель планеты. Ключевым в построении данной модели, в отличие от моделирования климата, океанов, оледенения, является включение человеческой деятельности как основной силы изменяющей географическую оболочку и в то же время зависящей от происходящих в ней изменений. Перспектива создания такой модели заключается в широком использовании компьютерных технологий, развитии геоинформационных систем разного профиля и назначения, разработке новых принципов и средств сбора, обработки, хранения и передачи данных. Возникает необходимость во все большем объеме привлекать новые источники информации: аэрокосмические съемки, автоматические наблюдения с наземных и морских станций. Использование материалов аэрокосмических съемок позволяет получить новые фундаментальные знания о строении и развитии географической оболочки, организовать мониторинг геосистем разного ранга, обновить фонды топографических и тематических карт, а также создавать новые картографические документы научного и прикладного значения.

Большие возможности в исследовании географической оболочки дают космические материалы, представляющие собой многомерное физическое

поле, плотность которого зависит от разрешающей способности приборов и носителей информации и не определяется субъективными свойствами зрительного восприятия (в отличие от информации на картографической основе).

В связи с этим основная концепция геоинформационной системы независимо от уровня (глобальный, региональный, локальный) исходит из того, что в ней должны быть использованы как традиционные картографические и статистические данные, так и непрерывный поток космических наблюдений.

Современные представления и модели земледования наиболее ярко проявляются в процессе решения глобальных проблем, затрагивающих интересы всего человечества. Так, с концепциями земледования связаны проблемы загрязнения атмосферы и гидросферы, включая переход локальных воздействий в глобальные, структурно-динамические изменения, происходящие в литосфере, нарушение регуляторной функции биоты и т. д.

Концептуальные основы глобальных исследований с помощью дистанционного зондирования и использования геоинформационных систем начали разрабатываться в начале 80-х годов XX века. Основная проблема заключалась в конфликте между концепциями растрового и векторного представлений географической информации в цифровых ЭВМ, что существенно тормозило объединение дистанционных и геоинформационных систем. Успех ряда международных программ («Международная геосферно-биосферная программа», «Десятилетие смягчения стихийных бедствий», «Человечество и глобальные изменения»), имеющих целью всестороннее изучение глобальных изменений, в большей мере зависит от объединения дистанционных методов, геоинформационных систем и глобального моделирования. Решение этой проблемы чрезвычайно актуально.

Важным аспектом в изучении глобальных проблем является сочетание дистанционного зондирования с наземными измерениями, так как эффективность банка данных, используемого для мониторинга и прогноза изменений окружающей среды, может быть резко повышена с помощью детальных локальных исследований, при этом основное внимание должно уделяться масштабам, отражающим динамику, и переходу локальных явлений в континентальные и глобальные процессы.

Таким образом, спектр стоящих перед земледованием теоретических и практических задач огромен. Это: исследование эволюции географической оболочки Земли; изучение истории взаимодействия природы и общества; анализ стихийных катастрофических природных явлений в их связи с хозяйственной деятельностью человека; разработка сценариев для моделирования отдельных оболочек с целью объединения их в единую модель планеты, прогнозирование глобальных изменений с учетом связей в системе природа – население – хозяйство.

РЕАЛИСТИЧНАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ОБЪЕКТОВ ГОРОДСКОЙ НЕДВИЖИМОСТИ НА БАЗЕ ГИС И ДДЗ

Современные информационно-коммуникационные технологии располагают инструментарием, позволяющим повысить эффективность управления объектами городской недвижимости. На примере пилотного учебного проекта создана информационная среда реалистичной визуализации объектов недвижимости высшего учебного заведения (на примере БГУ). Аппаратно-программное обеспечение проекта включает использование персональных компьютеров РIII-IV, лицензионное программное обеспечение фирмы ESRI Inc .

В ходе проекта построены TIN-модели рельефа территории г. Минска с визуализацией 3D сцены. Выполненный в ГИС-среде по нерегулярной сетке оценочный анализ рельефа застроенной территории указывает, что выявленная в зоне застройки минимальная отметка местности в черте города составляет 185 м, максимальная – 275,3 м. Центральная часть города находится в значительном понижении рельефа долины р. Свислочь (185–215 м), на востоке городской территории отметки высот плавно увеличиваются до 245 м, на западе в сторону близрасположенного Черноморско-Балтийского водораздела отметки высот резко повышаются до 276 м. Для достижения реалистичности в качестве драпировки рельефа по трем ортографическим ступеням (высокая с отметками высот 245–276 м, средняя – 215–245 м и низкая – 185–215 м) выполнено наложение космоснимка. Геопривязка моделей позволяет в системе географической связки также получать информацию о застройке территории города, объектах зеленых зон, гидрографии, свободных участках в виде векторных слоев.

БГУ является большой территориально распределенной организацией, в которой учатся и работают тысячи человек. Учебные корпуса, общежития, хозяйственные службы, учебные и научные стационары располагаются в разных частях г. Минска. Объекты недвижимости инфраструктуры вуза выполнены в виде 3D моделей, дополнительно через функции горячей связи подключены фотографии фасадов зданий. Векторными слоями представлены поэтажные планы учебных корпусов. Созданные отдельные базы атрибутивной информации включают показатели функционального использования площадей корпусов, коммуникаций, оборудования. Функциональные возможности пилотного проекта позволяют оперативно получать информацию о состоянии аудиторного фонда, генерировать отчеты в бумажной форме.

Необходимо отметить, что выполнение работ, обеспечивающих объектно-ориентированную поддержку и управление объектами недвижимо-

сти с использованием реалистичной визуализации средствами ГИС и ДДЗ, позволяет повысить эффективность управления имущественным комплексом организации.

О. В. Давыденко

Белорусский государственный университет, Минск

РАДИОЛОКАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ РАСПОЗНАВАНИЯ ОПАСНЫХ АТМОСФЕРНЫХ ЯВЛЕНИЙ

Радиолокация в метеорологии в настоящее время используется в основном для обеспечения прогнозов погоды для авиации. Применение её как средства получения фактических данных для метеорологических исследований пока ограничено, что связано с недостаточно густой сетью метеорологических радиолокаторов (МРЛ). Преимущества радиолокационных наблюдений заключаются в возможности их проведения в любое время суток и года, а также в значительном охвате территории, в пределах которой проводится идентификация погодных условий. Ограничения названных методов связаны со снижением вероятности распознавания атмосферных явлений по мере удаления от радиолокатора, а также с возможностью наличия углов закрытия, которые создаются местными объектами.

Целью проведенных исследований было выявление возможностей использования данных радиолокационных наблюдений для изучения опасных атмосферных явлений: гроз, града и шквалов.

В ходе исследований анализировались бланк-карты МРЛ-5 станции Минск за 1991–2001 гг., которыми была охвачена центральная часть Беларуси размером 240×240 км. На первом этапе исследований проводился подсчёт числа суток с опасными явлениями (граница суток 0 ч 00 мин) и повторяемости направлений перемещения облачности. Опасные атмосферные явления (гроза, град, шквал) фиксировались в виде ячеек размером 30×30 км, для которых при радиолокационных наблюдениях определяется наличие того или иного опасного явления. На втором этапе были произведены расчёты средней повторяемости опасных явлений за каждый месяц и за год. Кроме того, был проведён подсчёт удельного веса каждого месяца в годовом количестве дней с определённым опасным явлением. Подобные расчёты были проведены и для повторяемости направлений перемещения облачности. Подсчитано их распределение по месяцам, в среднем за год, а также в дни с опасными явлениями. На третьем этапе выполнен ряд графических построений, позволивших проанализировать полученную информацию об опасных явлениях и сравнить её с многолетними показателями.

Как было указано выше, радиолокационные данные носят вероятностный характер и вероятность распознавания опасных явлений убывает по мере удаления от места установки радиолокатора. Карты среднегодового числа дней с опасными явлениями (для территории в радиусе 120 км от МРЛ, т. е. размером 240×240 км) подтверждают неравномерность радиолокационной информации. Для гроз характерно увеличение их числа с севера на юг Беларуси, а наибольшее число дней с опасными явлениями в исследуемом периоде отмечается вблизи МРЛ и снижается по мере удаления от него. Это происходит вследствие того, что с расстояния 100 км от МРЛ часть облаков не обнаруживается, т. к. их вершины лежат ниже линии радиозрения. Кроме того, для рассматриваемого МРЛ имеется сектор закрытия от 355 до 175°, создаваемый лесной растительностью и ограничивающий возможности наблюдений. Здесь же (в восточном секторе) происходит наиболее интенсивное убывание числа дней с опасными явлениями по мере удаления от МРЛ.

Рассматривая внутригодовое распределение опасных явлений в исследуемом промежутке времени, следует отметить больший удельный вес гроз холодного периода (2 %) по сравнению с многолетними данными (1 %). Кроме того, наблюдается смещение максимума опасных явлений с июля на июнь. Выявленная динамика опасных явлений для города Минска и всей исследуемой территории свидетельствует о том, что не выявлены тенденции в появлении гроз. В то же время установлена тенденция к росту числа дней с градом, для шквалов эта тенденция характерна с середины 90-х гг. XX в. Причём если по многолетним данным шквал обычно отмечается в отдельном пункте один раз в пять лет, то по радиолокационным данным – в пять раз чаще.

В г. Минске максимальное число дней с грозами отмечено в 1955 г. и составило 39. По радиолокационным данным в 1993 г. зафиксировано 49 дней с грозами. Это число может быть несколько завышенным по причине вероятностного характера радиолокационной информации и отличаться от многолетних данных вследствие того, что составляемые ранее климатические характеристики объектов базировались на данных наблюдений метеостанций, радиус обзора которых ограничен. Это не позволяло учесть все опасные атмосферные явления. Поэтому радиолокационные наблюдения существенно уточняют количество опасных метеорологических явлений и показывают увеличение среднегодового числа дней с грозами в Минске с 27 до 31. Среднее число дней с градом в Минске увеличилось в два раза: с 2 до 4. Изменилось соотношение между количеством дней с грозой и числом дней с градом. Ранее это соотношение составляло 15:1, а в рассматриваемый период 8:1. Это свидетельствует о более интенсивном росте градоопасности, что является неблагоприятным явлением как для полётов авиации, так и для всего народного хозяйства.

Для выявления причин динамики опасных явлений был проведён анализ повторяемости направлений перемещения радиоэха облачности как для года в целом, так и в отдельности для дней с опасными явлениями. В дни с опасными явлениями заметно преобладание направлений перемещения облачности из юго-западной четверти. Это обусловлено тем, что возникновение опасных явлений связано с тёплыми неустойчивыми воздушными массами с большим влагосодержанием, которые поступают именно с юго-запада. Для гроз наиболее важна юго-западная четверть (зимой – западная), а для града и шквалов – южная.

Повышение градо- и шквалоопасности связано с увеличением преобладания южной составляющей в перемещении воздушных масс над северной, а рост грозоопасности в холодный период – результат усиления западного переноса, в том числе и в зимнее время.

Установленные изменения в динамике опасных метеорологических явлений обусловлены более значительной активизацией Исландского минимума зимой, а Азорского максимума – летом, что является следствием глобальных климатических изменений.

Радиолокационное зондирование атмосферы находит широкое использование в авиационной метеорологии при прогнозировании погоды. В то же время данные радиолокационных метеорологических наблюдений с учётом вероятностного характера получаемой информации можно использовать для научного исследования обширных территорий. Чтобы расширить возможности использования радиолокации в метеорологии, необходимо создать более густую «радиолокационную сеть», состоящую из совокупности радиолокаторов, радиусы которых пересекаются. Это позволит получать более точные данные и охватить наблюдениями значительную территорию, в пределах которой будет достигнута равномерность степени вероятности распознавания опасных явлений.

Т. А. Жидкова

Белорусский государственный университет, Минск

БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО В ОБЛАСТИ ДИСТАНЦИОННЫХ МЕТОДОВ ЗОНДИРОВАНИЯ

Для большинства развитых стран мирового сообщества первоочередной задачей является создание и расширение рынка наукоемких высокотехнологичных услуг, главным образом в сфере информационных и космических технологий.

Для Беларуси и России использование космических средств имеет особое значение. Исторически сложившаяся кооперация передовых предприятий по созданию космической техники, проведение общей политики в области создания единого информационного пространства,

особенности географического положения и размещения ресурсов послужили основой для развития интеграционных процессов Союзного государства в сфере исследования космоса, в частности сотрудничества в области дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Однако сложность и многообразие задач в этой сфере не позволяет обеспечить их решение в пределах отдельных проектов. Поэтому в конце 90-х годов возникла инициатива о создании долгосрочных космических программ в рамках Союзного государства.

Таковыми программами стали: «Разработка и использование космических средств и технологий получения, обработки и отображения космической информации» («Космос-БР»), рассчитанная на 1999–2002 годы и программа «Разработка и использование перспективных космических средств и технологий в интересах экономического и научно-технического развития Союзного государства» («Космос-СГ»), рассчитанная на 2004–2007 годы.

Реализация представленных проектов прежде всего направлена на создание методов, алгоритмов, программного и информационного обеспечения для оперативного дешифрирования данных дистанционного зондирования Земли, а также создание новых, конкурентоспособных технологий в области исследования космического пространства.

В рамках первой совместной космической программы «Космос-БР» были выполнены следующие проекты:

- разработан стендовый образец мобильного комплекса обеспечения потребителей космической информацией, позволяющий отрабатывать технологии космического мониторинга регионов в зоне возникновения чрезвычайных ситуаций;
- созданы ключевые элементы российского (г. Юбилейный Московской обл.) и белорусского (г. Минск) сегментов совместной информационно-навигационной системы, обеспечивающей контроль и управление движением транспорта на трассе Москва–Минск;
- разработан и введен в эксплуатацию наземный комплекс слежения за стартами ракетносителей на космодроме Байконур;
- разработаны теоретические основы и создан опытный образец системы автоматического проектирования заказных сверхбольших интегральных схем, предназначенных для использования в бортовой аппаратуре перспективных космических аппаратов.

Исходя из целей и задач дальнейшего сотрудничества, в рамках программы «Космос-СГ» сформированы следующие направления совместных работ:

- разработка и создание ключевых элементов микроспутника дистанционного зондирования Земли нового поколения;

- разработка элементов единой системы обеспечения космической информацией потребителей Союзного государства, с учетом развития наземного и орбитального сегментов существующих и перспективных космических геоинформационных и навигационных систем;

- разработка упреждающего научно-технического задела по схемотехническим решениям и базовым элементам бортовой аппаратуры, изготовление и экспериментальная отработка опытных образцов в целях повышения технических и снижения массогабаритных и стоимостных характеристик;

- создание и комплексная отработка элементов наземного сегмента межгосударственной навигационно-информационной системы повышенной точности РБ и РФ.

Данные ДЗЗ, полученные в ходе выполнения союзных программ, широко используются в интересах сельского, водного, лесного хозяйства; для контроля экологической и радиационной обстановки; анализа чрезвычайных ситуаций и ликвидации их последствий; для исследования природных ресурсов и поиска полезных ископаемых; обновления топографических и тематических карт и других отраслях народного хозяйства.

В последнее время созданы перспективные программы по развитию дистанционных методов зондирования. Национальной академией наук Беларуси разработана концепция Белорусской космической системы дистанционного зондирования Земли (БКСДЗ). В процессе ее разработки указывалось на необходимость объединения имеющихся в республике средств приема, обработки и хранения спутниковой информации ДЗЗ, а также на создание недостающих технических компонентов, программных и информационных ресурсов.

Основополагающим моментом концепции БКСДЗ стало решение о создании Беларусью национального космического спутника. Белорусский малый космический аппарат («БелКА») являлся коммерческим проектом, финансируемым белорусской стороной. Беларусь занималась разработкой наземного сегмента спутника, созданием его оптико-электронных компонентов на базе Объединенного института проблем информатики. Сам спутник был создан российской ракетно-космической корпорацией «Энергия» им. Королева по заказу Национальной академии наук Беларуси.

Успешная реализация проекта создания и эксплуатации спутника в рамках БКСДЗ позволит Беларуси не только выйти на международный рынок данных дистанционного зондирования Земли высокого разрешения, но и внедрить в повседневную практическую деятельность республики современные методы и средства, базирующиеся на широком применении данных ДЗЗ и геоинформационных технологий.

Кроме того, БКСДЗ изначально ориентирована на интеграцию с уже существующей космической инфраструктурой России. Поэтому сделать

космическую информацию более доступной, а ее применение более экономически выгодным возможно, если завершить создание единой межгосударственной системы дистанционного зондирования Земли Беларуси и России в рамках третьей союзной программы «Космос-3», рассчитанной на 2008–2011 годы.

В ходе выполнения данной программы продолжится совместная работа белорусских и российских специалистов, т. к. опыт успешного выполнения совместных программ на практике подтвердил преимущества интеграционного подхода для повышения эффективности использования научно-технического потенциала двух государств.

М. А. Журавков, О. Л. Коновалов

Белорусский государственный университет, Минск

ПРИМЕНЕНИЕ СПУТНИКОВЫХ И ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ СОЗДАНИИ СИСТЕМ СОПРЯЖЕННОГО ГЕОМОНИТОРИНГА ДЛЯ РЕГИОНОВ ИНТЕНСИВНОГО ОСВОЕНИЯ ПОДЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА

Актуальной задачей на сегодняшний день является разработка кардинально новых подходов и концепций к изучению, эксплуатации и прогнозированию состояния различных сторон экосистемы и природной среды в целом. В деле решения данной задачи большое значение имеет разработка и создание региональных комплексных систем сопряженного геоэкологического и геомеханического мониторинга [1–3]. Важное место в таких системах принадлежит подсистемам, базирующимся на активном использовании современных спутниковых и ГИС-технологий.

Для наиболее оптимального и корректного решения любых задач, связанных с прогнозированием состояния и развития экосистемы региона, необходимо создание общей интегрированной модели экосистемы на базе объединения результатов изучения отдельных геосфер. Наличие такой общей модели позволяет при решении любых задач как глобальных (в целом для экосистемы или ее большинства подсистем), так и локальных (для отдельных подсистем) учесть взаимовлияние, взаимосвязь и взаимообусловленность процессов в подсистемах. Без построения интегрированной сопряженной информационной модели региона невозможно выполнение последующих моделирования и исследований. Только опираясь на такую модель, возможно выполнение моделирования и прогнозирование состояния экосистемы в целом, учитывая взаимообусловленность и взаимовлияние ее отдельных компонентов.

Основой построения информационных систем и баз данных для систем геоэкологического мониторинга является совокупность множества подходов, среди которых, например, методы дистанционного зондирования, ГИС и GPS-технологии и др. Для построения наиболее адекватной

интегрированной информационной модели региона, получения огромного объема оперативной информации о природной среде, наряду с контактными методами исследований в этой области, все большее применение находят методы дистанционного зондирования Земли из космоса. Построение общей интегрированной модели экосистемы невозможно без наличия информации по региону, полученной на основе использования спутниковых технологий, обработки данных дистанционного зондирования.

Основной целью выполнения работ по организации систем геоэкологического мониторинга должна быть выдача, на основании корректного проведения всестороннего анализа современного геоэкологического и геомеханического (в широком смысле этого слова) состояния геофизической среды рассматриваемого региона, достоверного прогноза возможного эволюционного развития геомеханического состояния литосферы региона в зависимости от техногенного воздействия на нее.

В Белгосуниверситете в лаборатории прикладной механики кафедры теоретической и прикладной механики ведутся активные работы по разработке и внедрению автоматизированных систем геоэкологического и геомеханического мониторинга для регионов с крупномасштабным техногенным влиянием на подземное пространство. Основное внимание уделяется изучению и прогнозу геодинамического, геомеханического и гидрогеологического состояния породного массива изучаемого региона и экологических проблем, связанных с техногенной деятельностью по освоению подземного пространства региона.

В качестве примера в докладе рассматривается проблема моделирования и прогнозирования сдвижений дневной поверхности в регионе ведения подземных горных работ. Проведение измерительных работ по исследованию сдвижений земной поверхности в районах крупномасштабной разработки месторождений полезных ископаемых вызывает определенные трудности, обусловленные большими протяженностями региона исследований, наличием большого количества инженерных зданий и сооружений.

Сегодня классические методы изучения влияния подземных горных работ на земную поверхность могут с успехом быть заменены современными, основанными на использовании спутниковых технологий (GPS-технологии). GPS-технологии создают возможности для дальнейшего более высокого уровня автоматизации процесса наблюдений и исследований за деформационными процессами на земной поверхности, особенно в регионах активного техногенного влияния на породную толщу, т. е. GPS-технологии перспективно использовать как один из основных элементов деформационного мониторинга. Современные технологии измерения перемещений земной поверхности, основанные на использовании спутниковых технологий в совокупности с наземными методами, позволяют создать

методики исследования деформационных процессов, поставляющих значительно больше информации по сравнению со стандартными методами измерений.

В Белгосуниверситете в лаборатории прикладной механики кафедры теоретической и прикладной механики в настоящее время, совместно с сотрудниками Академии наук РБ, разрабатываются прикладные методы, основанные на спутниковых технологиях (в частности GPS-технологиях) для изучения и анализа деформационных процессов на земной поверхности в регионах ведения крупномасштабных подземных горных работ.

На территории отработки Старобинского месторождения калийных солей коллективом лаборатории прикладной механики кафедры теоретической и прикладной механики совместно с сотрудниками РНТЦ «Экомир» РАН РБ и ОАО «Белгорхимпром» выполняются комплексные исследования по изучению деформационного и напряженного состояния породного массива в районах разработки месторождения калийных солей и в регионах геологических нарушений в наиболее геодинамически активных зонах месторождения. Используемые в этих исследованиях методы существенным образом основаны на спутниковых технологиях.

Так, комплексное изучение дистанционными методами процессов сдвигения, проводимое в течение многих лет, убедительно доказало, что результаты дистанционных съемок позволяют выделить площади сдвигения горных пород, установить состояние, динамику и дать прогноз развития этих процессов. Для выполнения исследований использовались специальные виды аэросъемок: многозональная, тепловая, радиолокационная. Высокой информативностью при выяснении геодинамических процессов сдвигения массива, засоления почв и подземных вод отличается оптико-электронная обработка многозональных аэроснимков. Радиолокационные аэроснимки позволяют изучать непосредственно по фототону и рисунку фотоизображения участки с повышенным засолением грунтов и подземных вод.

Для оценки перемещений геологических структур в районе Старобинского месторождения калийных солей выбрано несколько представительных разломов, где созданы экспериментальные полигоны. Выбор профильных линий определялся результатами обработки геофизических и особенно аэрокосмических исследований. Выбранные разломы являются наиболее представительными (активными) неогеодинамическими зонами Старобинского месторождения.

Для структурно-геодинамической интерпретации полученных измерительных данных по созданным наземным полигонам применяется специальный комплекс исследований, включающий дешифрирование и аналогово-компьютерную обработку многозональных аэрокосмоснимков, мор-

фометрические построения, структурно-геоморфологический анализ, сопоставление и увязку геолого-геофизических и аэрокосмических данных.

В результате выполненных комплексных исследований доказана принципиальная возможность регистрации современных подвижек земной поверхности в условиях шахтных полей и полей напряжений, отличных от гравитационных.

В зависимости от современного геодинамического состояния массива в области разломов возможно несколько типов геомеханического движения блоковых структур (что существенным образом определяет характер протекания деформационных процессов в случае наличия подземных выработок в областях влияния краевых зон блоковых структур). Помимо относительного движения блоковых структур четко прослеживаются собственно циклические движения земной коры в различных физических условиях.

В результате выполнения комплексных исследований доказано, что при организации системы мониторинговых исследований по изучению и контролю деформационных процессов на земной поверхности возможно использование аппаратного и методического обеспечения, основой которого является использование современных спутниковых технологий.

Список литературы

1. Журавков, М. А. Проектирование геомониторинговых систем для регионов крупномасштабного освоения подземного пространства / М. А. Журавков, А. Д. Смыч-ник. – Минск, 1997 – 250 с.
2. Журавков, М. А. Геомеханический мониторинг горных массивов / М. А. Журавков, О. В. Стагурова, М. А. Ковалева. – Минск, 2002. – 252 с.
3. Журавков, М. А. Проектирование систем сопряженного геоэкологического мониторинга / М. А. Журавков, Х. Р. Аль-Момани, В. Я. Щерба. – Минск, 2003. – 288 с.

В. В. Козодеров, М. И. Панасюк, В. В. Радченко

Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННОЙ СФЕРЫ ПО ДАННЫМ НАБЛЮДЕНИЙ ИЗ КОСМОСА

Под природно-техногенной сферой понимается совокупность лесных и других экосистем, объединенных на конкретном региональном уровне с объектами промышленного и сельскохозяйственного производства, дорожно-транспортной инфраструктуры и т. п. Дистанционное зондирование – это получение текущей информации об объектах наблюдения по данным аэро- и космической съемки. Обычным является представление данных дистанционного зондирования в виде многоспектральных изображений и использование географических информационных систем (ГИС) для обработки получаемых изображений. В основе использования техно-

логий ГИС заложены эмпирические связи между обрабатываемыми спектральными образами соответствующих объектов и их состоянием.

Космическое земледование – междисциплинарное направление исследований, объединяющих физико-математические, информационно-динамические, геолого-биохимические и другие аспекты интерпретации данных дистанционного зондирования, представленных в форме многоспектральных изображений [1], [2]. Рассмотрение прямых задач моделирования уходящего излучения, регистрируемого аппаратурой дистанционного зондирования, сводится к описанию взаимодействия излучения с природными средами (земная поверхность и атмосфера). Решение обратных задач характеризуется использованием методов вычислительной математики для восстановления параметров состояния наблюдаемых природных объектов для каждого элемента соответствующего многоспектрального изображения.

На языке математики решение прямых задач означает нахождение функционала J регистрируемых на спутнике мгновенных значений яркости для строк и столбцов (i, j) многоспектральных изображений (n измерительных каналов) при заданных углах визирования (зенитный угол θ и азимут φ), зенитном угле Солнца θ_0 и конкретном состоянии атмосферы A (оно обычно определяется прозрачностью атмосферы и яркостью дымки – той частью рассеянного в атмосфере излучения, которая не несет полезной информации о состоянии наблюдаемых объектов земной поверхности) с учетом функции чувствительности F соответствующей измерительной системы дистанционного зондирования. Получаемый таким образом функционал J_{ij} в виде матрицы цифровых эквивалентов измеряемых яркостных образов объектов оказывается также зависящим от природно-специфических характеристик Π_k (k – их общее число), от которых, в свою очередь, зависят такие комплексные показатели состояния природных объектов (M), как, например, объем биомассы растительности (лесной, травянистой, сельскохозяйственной и др.) на поверхности суши. В частности, для лесных экосистем число k характеризует плотность полога (наличие отдельных слоев листвы/хвои, веток и т. п.) и ажурность крон деревьев (наличие «дырок» – открытого пространства в пологе леса).

Получение эмпирических зависимостей $M(\Pi_k)$ составляет содержание методов наземного обследования состояния природных объектов на дискретных тестовых участках земной поверхности. Например, специалистами-биологами измеряются эмпирически значения биомассы M (т/га) на отдельных участках суши (в лесу, в поле и т. п.). Методы космического земледования позволяют определять на больших площадях непрерывных наблюдений значения M_{ij} для каждого элемента многоспектрального изображения, которые обычно и называются параметрами состояния. Эти параметры состояния инвариантны относительно угловых условий съемки,

визирования соответствующих объектов из космоса и состояния атмосферы в момент съемки в отличие от исходных яркостей, изменчивых от одной обрабатываемой сцены к другой.

Решение обратных задач оценки указанных параметров по многоспектральным спутниковым изображениям символически можно представить как $J_{ij} \{F^{(n)}[(\theta, \varphi); \theta_0; A; M(\Pi_k)]\} \Rightarrow M_{ij}$.

Яркость каждого конкретного элемента разрешения на спутниковом изображении определяется объемом биомассы системы «растительность-почва» с учетом условий затенения отдельных фитоэлементов (листва/хвоя, ветки и т. п.) при формировании образа наблюдаемого объекта из космоса в конкретных условиях освещения такой системы Солнцем. При восстановлении объема биомассы растительности и других параметров состояния системы используются специально разработанные расчетные программы поиска решений обратной задачи в развитии известных принципов регуляризации. Обоснованы характерные приближения используемых моделей формирования обрабатываемых изображений при взаимодействии оптического излучения с фитоэлементами лесной растительности. Показаны примеры реализации разработанных новых методов оценки биомассы лесных экосистем (лиственные, хвойные, смешанные) по данным их оптического зондирования из космоса.

В применении к Мировому океану и внутренним водоемам восстановление значений M_{ij} для каждого элемента соответствующих изображений означает: определение содержания фитопланктона (основного пигмента фотосинтезирующей системы, т. е. живых организмов); определение температуры водной поверхности при измерениях в инфракрасной области спектра; определение удельной эффективной поверхности рассеяния при использовании радиолокационных измерений со спутников; определение скорости углеродного обмена при фотосинтезе и эвапотранспирации (совместном эффекте испарения влаги и дыхания живых систем) в межгодовой изменчивости соответствующих процессов.

Разработанные алгоритмы решения обратных задач восстановления параметров состояния почвенно-растительного покрова по абсолютным значениям спектральных яркостей дистанционного спутникового зондирования реализованы в виде технологии оценки параметров состояния соответствующих объектов. Отработка основных этапов решения таких задач космического землеведения проводилась при использовании информации разного пространственного и спектрального разрешения: аппаратура AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer) спутников NOAA; аппаратуры MODIS (Moderate Imaging Spectroradiometer) спутника Terra; аппаратуры ETM+ (Enhanced Thematic Mapper) спутника Landsat-7 и др.

Таким образом удастся обосновать новые области приложений данных дистанционного зондирования при реализации технологий ГИС в

процессе решения прикладных задач космического земледения. Соответствующий технологический проект «Аэрокосмический мониторинг природно-техногенной сферы» стал победителем в Конкурсе русских экологических инноваций, организованном группой «Эксперт» (Аналитический центр и Инновационное бюро) в 2005–2006 гг. Авторы проекта – В. В. Козодеров, Р. Н. Кузьмин, А. Г. Топчиев (Журнал «Инновации в экологии», Генеральный партнер РУСАЛ, 2006, с. 96–98.)

Работа поддержана Российским фондом фундаментальных исследований (проекты 05-05-64199, 05-05-08004_офи, 05-07-90176).

Список литературы

1. Козодеров, В. В. Космическое земледение: информационно-математические основы / В. В. Козодеров, В. С. Косолапов, С. А. Ушаков [и др.]; под ред. В. А. Садовниченко. – М., 1998. – 576 с.

2. Козодеров, В. В. Космическое земледение: диалог природы и общества. Устойчивое развитие / В. В. Козодеров, В. А. Садовнический, Л. А. Ушакова, С. А. Ушаков. – М., 2000. – 640 с.

*Н. В. Клебанович *, В. Н. Алексеев ***

**Белорусский государственный университет, Минск,*

*** Гродненский государственный аграрный университет*

ВЕДЕНИЕ МОНИТОРИНГА АГРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВ ГРОДНЕНСКОЙ ОБЛАСТИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ

Неблагоприятные агрохимические свойства почв в условиях Беларуси являются одним из наиболее распространенных факторов, лимитирующих уровень урожаев культурных растений, поэтому в стране ведется регулярный мониторинг кислотности почв и содержания гумуса и подвижных соединений основных элементов питания. В Гродненской области в настоящее время ведется уже одиннадцатый тур агрохимических обследований, что свидетельствует о высокой хозяйственной востребованности результатов. Обилие мониторинговых показателей создает определенные методические трудности при анализе тенденций изменения, и использование традиционных статистических методов обработки данных не позволяет выявить все закономерности, особенно в пространственном распределении агрохимических характеристик.

Определенную перспективу в данном направлении имеет использование ГИС-технологий для визуализации характера распределения отдельных агрохимических свойств по районам в области, по хозяйствам в районе, по отдельным полям в конкретном сельскохозяйственном предприятии. Нами проведен анализ распределения отдельных мониторинговых показателей на луговых землях по районам Гродненской области.

Установлено (рис. 1), что в начале периода агрохимических обследований существовала достаточно сильная дифференциация (более чем на группу) районов Гродненской области по средневзвешенной величине рН луговых земель. Наиболее кислыми были почвы Новогрудского, Ошмянского, Дятловского и Щучинского районов.

За последние 40–50 лет, на которые выпали основные работы по химической мелиорации почв, ситуация заметно изменилась: наиболее кислыми оказались почвы Лидского, Вороновского и Ивьевского районов (рис. 2), что свидетельствует о разном уровне внимания к известкованию сенокосов и пастбищ в отдельных районах, высоком – в Гродненском и Берестовицком районах. Вместе с тем наименее кислыми остались почвы луговых земель Волковысского, Зельвенского и Кореличского районов, что свидетельствует в первую очередь об изначально большой доле почв с низким уровнем кислотности, например дерно-карбонатных заболоченных. Еще более четкую картину работы производителей дает показатель кратности уменьшения уровня неурегулированности кислотности (рис. 3).

ГИС-технологии позволяют визуализировать и другие агрохимические показатели. Так, наблюдается довольно значительная дифференциация районов Гродненской области по среднему содержанию обменных фосфора и калия (рис. 4–5), причем высокое его среднее содержание часто не соответствует положительным тенденциям, например, в Ивьевском районе (рис. 6). Визуализация данных позволила выявить интересную закономерность: высокие показатели обеспеченности основными элементами питания обычно сопровождаются низким содержанием гумуса (рис. 7).

В целом проведенные исследования указывают на высокую целесообразность использования ГИС-технологий для ведения мониторинга свойств почв.

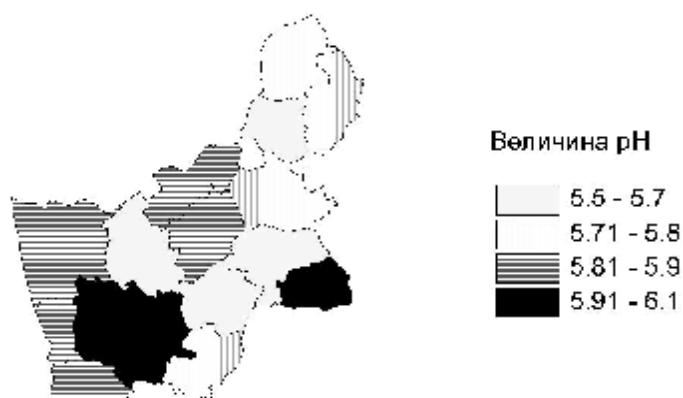


Рис. 1. Средневзвешенная величина рН на луговых землях по районам Гродненской области в 1957–1963 гг.



Рис. 2. Средневзвешенная величина pH луговых земель по районам Гродненской области в 2001–2005 гг.



Рис. 3. Снижение уровня неурегулированности кислотности луговых земель по районам Гродненской области

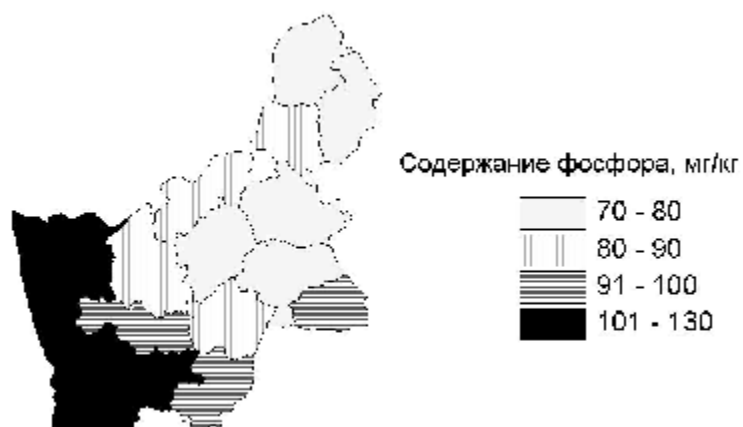


Рис. 4. Средневзвешенное содержание подвижного фосфора на луговых землях по районам Гродненской области

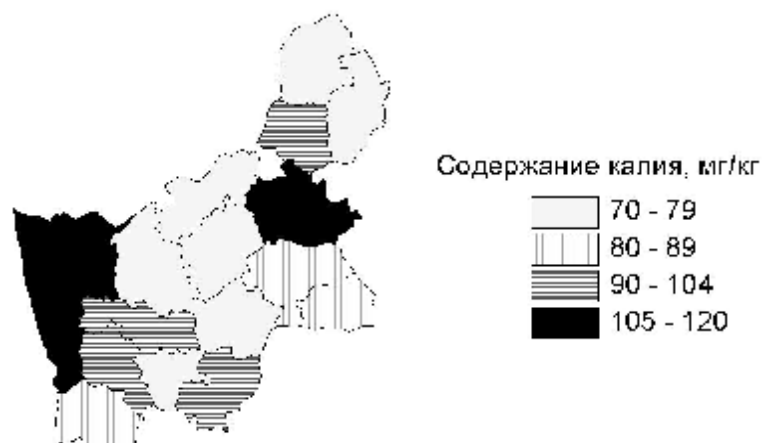


Рис. 5. Средневзвешенное содержание подвижного калия на луговых землях по районам Гродненской области

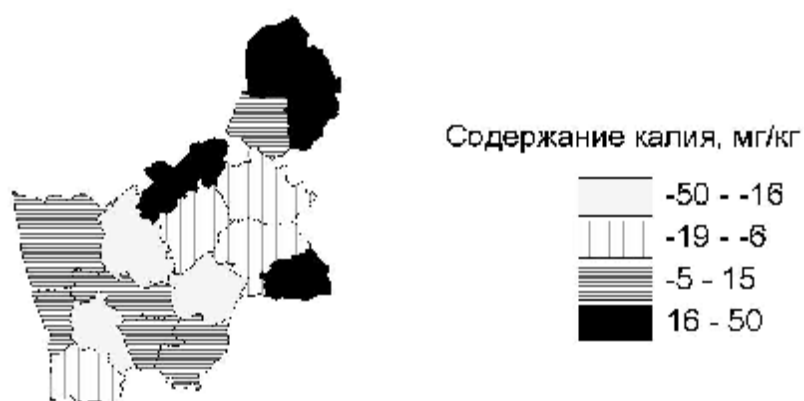


Рис. 6. Динамика изменения среднего содержания подвижного калия на луговых землях за период между последним и предпоследним турами обследования

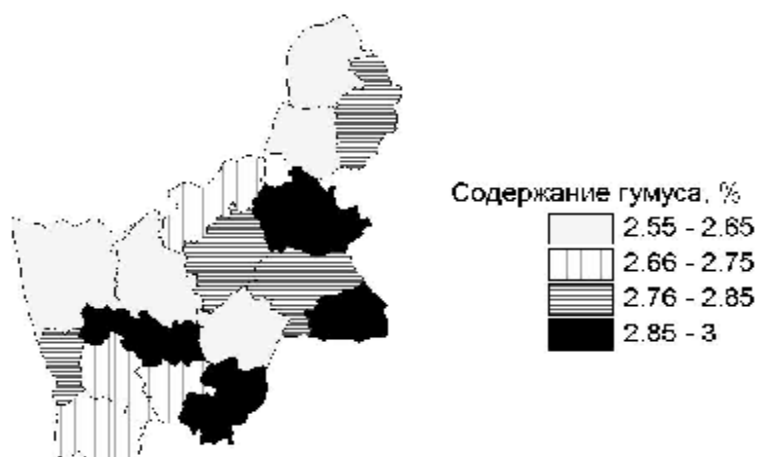


Рис. 7. Средневзвешенное содержание гумуса на луговых землях по районам Гродненской области

ЗНАЧЕНИЕ СПУТНИКОВОГО ЗОНДИРОВАНИЯ АТМОСФЕРЫ В СИНОПТИЧЕСКОМ АНАЛИЗЕ

Наибольший интерес в синоптическом анализе представляют облачные системы циклонов, которые детально отражаются на спутниковых снимках. Облака появляются с момента возникновения циклона и эволюционируют одновременно с его развитием, причем каждой стадии развития циклона соответствует характерная только для этой фазы морфология облачности. Спутниковые снимки облачности находят широкое применение в синоптическом анализе, поскольку на приземных картах погоды не всегда возможно определение начала зарождения циклона, установления его стадии окклюдирования и заполнения.

Спутниковые снимки позволяют выделить шесть стадий развития циклонов: волна, молодой циклон, циклон в стадии максимального развития, окклюдирующий циклон, окклюдированный циклон, циклон в стадии заполнения. Особенности каждой стадии: фронтальная облачная полоса в месте возникновения волны расширяется и несколько искривляется у вершины волны; деформация фронтальной облачной полосы происходит за счет усиления адвекции холода в тылу формирующейся волны и адвекции тепла в ее передней части. По мере развития циклона деформация фронтальной облачной полосы увеличивается; процесс окклюдирования приводит к сближению облачных полос теплого и холодного фронтов и образованию облачной спирали фронта окклюзии, которая по мере окклюдирования циклона все больше закручивается; окклюдированному, заполняющемуся циклону соответствует или спираль из слоистообразной облачности, имеющая на снимке темно-серый и серый тон изображения, или несколько сходящихся к центру облачных гряд кучевообразной облачности светло-серого тона.

С циклоническими облачными вихрями обычно связаны зоны значительных осадков. Они возникают в начальной стадии развития циклона. Если циклон движется с северной (южной) составляющей, то зона осадков расположена в северной половине облачного вихря (в центральной и южной частях вихря). В летнее время по утренним снимкам можно определить вероятность осадков на день, вечер и ночь.

В видимом диапазоне (аналог телевизионного сигнала – ТВ) электромагнитного спектра (ЭМГС) аппаратура метеорологического спутника фиксирует солнечную радиацию, отраженную от земной поверхности или от верхней границы облаков (ВГО). В этом «окне прозрачности» солнечная радиация незначительно поглощается газовыми составляющими тропосферы. Поэтому измерения практически соответствуют ха-

раактеристикам отражения радиации от подстилающей поверхности и ВГО. Они позволяют составлять карты облачности и альbedo в дневное время суток. На картах оттенки серого цвета показывают различные значения альbedo:

- **яркие белые тона** характерны для высоких значений альbedo, соответствующих отражающей способности мощных и высоких облаков, либо покрытой снегом и льдом подстилающей поверхности;
- **серые оттенки** – это низкие значения альbedo, характерные тонким просвечивающим облакам;
- **темно-серые и черные оттенки** соответствуют зонам слабого отражения, что характерно для водной поверхности (озера, реки, моря) и лесной растительности.

В инфракрасном диапазоне (ИК) в дневное и ночное время суток приборы фиксируют радиацию, излучаемую земной поверхностью и облаками, т. е. тепловую составляющую ЭМГС излучения ВГО (температуру). Изображения используются для круглосуточного представления карт облачности и оценки приземной температуры. Оттенки серого цвета на черно-белых изображениях представляют собой различную температуру излучаемых поверхностей ВГО или земной поверхности. В синоптической практике для единообразной интерпретации изображений в ТВ и ИК диапазонах обычно рассматривают негативные изображения. Для **ярких белых тонов** характерны низкие температуры, которые соответствуют высоким значениям верхней границы перистой облачности. Для **серых оттенков** (средние значения отрицательных температур) характерны значения ВГО среднего яруса. **Темно-серые до черного цвета оттенки** (высокие температуры) характерны теплой подстилающей поверхности (например акватории тропических морей или территории пустынь).

В инфракрасном диапазоне (ИК) в дневное и ночное время суток приборы фиксируют радиацию, излучаемую земной поверхностью и облаками, т. е. тепловую составляющую ЭМГС излучения ВГО (температуру). Изображения используются для круглосуточного представления карт облачности и оценки приземной температуры.

Оттенки серого цвета на черно-белых изображениях представляют собой различную температуру излучаемых поверхностей ВГО или земной поверхности. В синоптической практике для единообразной интерпретации изображений в ТВ и ИК диапазонах обычно рассматривают негативные изображения. Таким образом, синоптический анализ приобретает наглядный инструмент для быстрой и непосредственной (без расчетов) оценки динамических структур синоптического масштаба в виде снимков ВП диапазона.

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ СВЯЗИ СОДЕРЖАНИЯ ОЗОНА В АТМОСФЕРЕ И СИНОПТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

На сегодняшний день проблема озона беспокоит все человечество. Актуальность этой проблемы заключается в том, что изменения в концентрации озона очень серьезно скажется на среде обитания людей. Уменьшение концентрации озона приведет к тому, что повысится количество раковых заболеваний, в особенности быстротекущей злокачественной меланомой, катарактой и иммунной недостаточностью. При этом произойдут изменения в ДНК человека. Разрушение озоносферы негативно скажется на климате Земли в целом.

Взаимосвязь между озоновыми дырами и хлорфторуглеродами была установлена еще в 1974 году. Однако влияние химических реагентов на концентрацию озона в атмосфере не объясняет его суточной изменчивости.

Цель данного исследования – определение влияния синоптических условий на формирование временных отклонений общего и приземного содержания озона: выявить метеорологические показатели, оказывающие влияние на концентрацию озона в атмосфере.

Для выявления пространственно-временных связей между содержанием озона и синоптическими условиями были использованы карты общего содержания озона и синоптические карты за 1996–2005 гг., полученные на Минской озонометрической станции и в Республиканском Гидрометеоцентре.

К настоящему времени можно считать установленным, что географическое распределение озона, его годовые, суточные и другие колебания невозможно объяснить, не принимая во внимание синоптические условия, которые являются определяющей причиной формирования временных озоновых аномалий над территорией Республики Беларусь.

Анализ данных показал, что существует четкая корреляция между прохождением фронтов и изменением приземной концентрации озона, а также взаимосвязь между барическими полями и показателями общего содержания озона (ОСО) в атмосфере.

Прохождение холодных фронтов, приносящих воздушные массы с севера, приводит к повышению приземной концентрации озона. Обратная ситуация отмечается при прохождении теплых фронтов, когда приходящая теплая воздушная масса с юга приводит к снижению концентрации озона в тропосфере.

Барические поля оказывают непосредственное влияние на изменение ОСО. Антициклональные барические системы способствуют снижению ОСО и повышению приземной концентрации озона. Циклональные – про-

являются как области с повышенным общим содержанием озона и носят компенсаторный характер.

Отдельные циклоны и антициклоны формируют значительные (до 30–50 % от среднемесячной величины) междусуточные колебания ОСО, а в нижней стратосфере – слое максимума. Эти колебания регистрируются ежедневными измерениями ОСО наземными озонометрическими станциями и спутниковыми средствами. Одним из главных спутников по мониторингу за озоносферой является TOMS (Total Ozone Mapping Spectrometer). Далее спутниковые спектральные снимки уточняются данными наземных озонометрических станций и представляются в виде карт ОСО и карт отклонений от нормального ОСО.

Достоверность полученных выводов неоспорима. По нашим данным за десятилетний период через территорию Беларуси проходило около 400 антициклонов и 900 циклонов. В 85 % случаев из них прослеживается четкая корреляция между синоптическими условиями и ОСО в атмосфере. Некоторые аспекты временных изменений еще не определены и требуют дальнейшего более глубокого анализа происходящих структурных флуктуаций в атмосфере.

Полученные данные о пространственно-временных связях содержания озона в атмосфере с синоптическими условиями позволили обосновать динамические факторы изменения ОСО и разработать математическую модель для прогнозирования изменений концентрации озона над территорией Беларуси.

О. П. Кузнечик, В. Н. Горенков, В. О. Кузнечик

Белорусский государственный университет, Минск

ИК-СИСТЕМА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗЕМНОЙ АТМОСФЕРЫ

Атмосфера Земли является одной из самых динамичных компонент окружающей среды. Ее состояние определяется множеством физических характеристик и явлений, химическим составом и преобразованием веществ, синоптическими и климатологическими характеристиками, процессами взаимодействия с внешними факторами и антропогенным воздействием.

Для исследования земной атмосферы разработана, учитывая данные [1], [2], и изготовлена ИК-система на спектральную область 2–15 мкм. Система смонтирована на экваториальной монтировке: азимутальные углы $0...360^{\circ}$; углы возвышения $-7...+90^{\circ}$; точность отсчета по азимуту и по углу возвышения $0,1^{\circ}$; скорость наводки (при двух оборотах маховика в секунду) по азимуту $48^{\circ} \cdot \text{с}^{-1}$ и по углу возвышения $31,5^{\circ} \cdot \text{с}^{-1}$.

Предусмотрено подключение электромеханического привода со скоростями сканирования по азимуту и углу возвышения $0,5, 1, 2, 3, 6^\circ \cdot \text{с}^{-1}$.

В качестве приемников излучения в ИК-системе используются: фоторезистор сернисто-свинцовый (рабочая температура (Т) 195...300 К, размер фотослоя (Ф) 1×1 мм); фоторезистор теллуристо-свинцовый (Т 77 К, Ф 1×1 мм); фотодиод и фоторезистор из антимонида индия (Т 77 К, 195...300 К, Ф 1×1 мм); пироэлектрический приемник МГ-30.

Исследуемые участки спектра выделяются с помощью набора полосовых и интерференционных светофильтров.

Основу ИК-системы (рис. 1) составляет зеркальный объектив с фокусным расстоянием 639 мм, относительным отверстием 1:1,278, пространственным разрешением 2,65 угловые минуты. Он представляет собой съемный корпус с укрепленными в нем главным параболическим, имеющем отверстие в центре, зеркалом 1 диаметром 500 мм и фокусным расстоянием 639 мм и плоским зеркалом 2 диаметром 260 мм. Кружок рассеяния объектива $\leq 0,8$ мм. Фокусировка объектива осуществляется для расстояний от ∞ до 6 м путем перемещения приемника излучения вдоль главной оптической оси объектива при помощи насадочных колец или при помощи винтового механизма. В конструкции оптической системы прибора предусмотрены температурные компенсаторы для компенсации температурных зазоров как в диаметральном сечении, так и вдоль оптической оси.

В качестве гида используется зеркально-линзовый телеобъектив типа МТО-1000 с фокусным расстоянием (1084 ± 16) мм, относительным отверстием 1:10,5, углом поля зрения $2^\circ 30'$, разрешением в центре 28 лин/мм, по полю 16 лин/мм.

Оптическая система с гидом, подъемным механизмом, указателями угла возвышения и азимута смонтирована на поворотной платформе, что позволяет наводить объектив на любой участок небосвода.

Принцип действия ИК-системы в аналоговом режиме измерения иллюстрируется рис. 1. Оптическая система 1, 2 принимает поток излучения от неба и направляет его на приемник излучения 3. На пути потока излучения расположен зеркальный модулятор 4, изолируемый от воздушного пространства объектива с помощью оправы со сменным защитным окном 5 из LiF или BaF_2 и приводимый во вращение двигателем 6. Вследствие этого приемник излучения попеременно принимает поток излучения от неба или от черного тела 7, при этом одновременно осуществляется сравнение потоков и их модуляция с частотой 160...960 Гц. Температура черного тела контролируется стрелочным прибором 8.

Приемник излучения вырабатывает электрический сигнал, амплитуда которого пропорциональна разности потоков излучения от неба и черного тела. Этот сигнал поступает во входную цепь предусилителя 9.

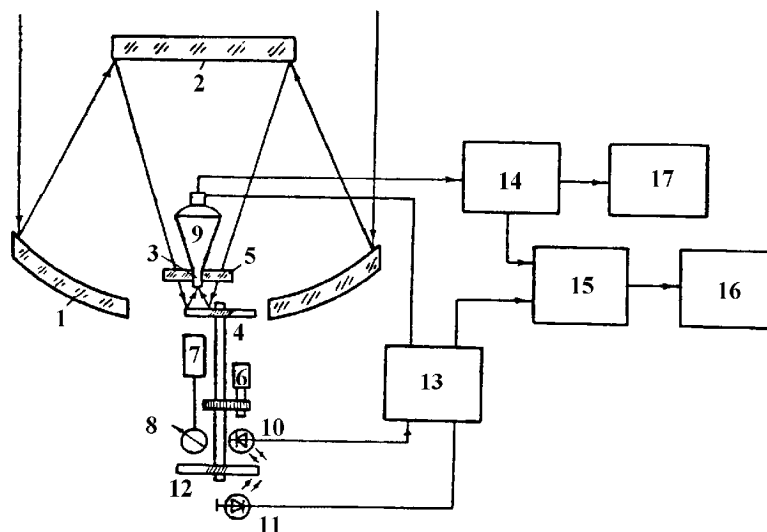


Рис. 1. Структурная схема ИК-системы:

1, 2 – оптическая система; 3 – приемник излучения; 4 – зеркальный модулятор; 5 – защитное окно из LiF (BaF_2); 6 – двигатель зеркального модулятора и обтюратора; 7 – черное тело; 8 – индикатор температуры черного тела; 9 – предусилитель; 10 – фотодиод; 11 – светодиод; 12 – обтюратор; 13, 14 – усилители; 15 – синхродетектор; 16, 17 – персональный компьютер (ПК).

Генератор синхронного напряжения работает по принципу оптического контакта. Он состоит из фотодиода 10, светодиода 11 и, помещенного между ними, вращающегося обтюратора 12. Обтюратор 12 по своей форме совершенно аналогичен зеркальному модулятору 4, но имеет меньшие размеры. Поверхность обтюратора зачернена с обеих сторон. Благодаря тому, что обтюратор закреплен на одной оси с модулятором, они вращаются синхронно и фотодиод 10 вырабатывает импульсы напряжения, частота следования которых строго соответствует частоте несущей сигнала. Диаметр отверстий в диске обтюратора значительно превышает сечение светового потока светодиода 11. Поэтому форма генерируемых импульсов близка к прямоугольной.

Необходимое соотношение фаз между синхронным и несущим сигналами устанавливается путем механического перемещения оптического датчика относительно обтюратора 12.

Опорное напряжение поступает в усилитель 13 и из него в синхродетектор 15 и во входную цепь предусилителя, где вычитается из напряжения сигнала, вырабатываемого приемником излучения. Эта операция необходима для удаления из сигнала, вырабатываемого приемником излучения, большей его части обусловленной значительной разностью температур черного тела и средней температуры неба, исследуемой поверхности или

фона. Амплитуда и фаза напряжения компенсации, поступающего в предусилитель, регулируется в усилителе 13 таким образом, чтобы компенсация была более полной. Естественно, что операцию компенсации можно и не применять, если в этом нет необходимости.

Разностный сигнал усиливается в предусилителе и поступает в селективный усилитель 14. На ПК 16 сигнал поступает после синхронного детектирования в блоке 15. ПК 17 служит для наблюдения сигнала при производстве компенсации, контроля напряжения компенсации и контроля величины усиления сигнала.

Список литературы

1. The Infrared Handbook / eds. W. L. Wolfe, G. J. Zissis. – Michigan, 1993. – 2000 p.
2. Рогальский, А. Инфракрасные детекторы / А. Рогальский. – Новосибирск, 2003. – 73 с.

О. П. Кузнецик, В. Н. Горенков, В. О. Кузнецик

Белорусский государственный университет, Минск

ОСОБЕННОСТИ ЯРКОСТИ ОБЛАЧНОСТИ НА $\lambda = 3,7$ МКМ

Самой динамичной составляющей земной атмосферы являются облака, влияющие на круговорот воды в природе, многие процессы, протекающие в атмосфере и формирующие погоду. Несмотря на это, процессы образования облаков, трансформации их фазового строения, появление первичных ледяных частиц в облаках, зарождение кристаллов льда в них недостаточно изучены [1]. В связи с этим наземные измерения спектральной энергетической яркости $L_{e,\lambda}$ облаков на трех длинах волн λ 0,8, 3,7 и 11,0 мкм были выполнены в течение осени 2001–2004 гг. в г. Минске (53°54' С.Ш., 27°35' В.Д., высота $H = 220$ м над уровнем моря) и за пределами г. Минска (54°15' С.Ш., 27°21' В.Д., высота $H = 257$ м) с помощью ИК-комплекса [2], прокалиброванного по стандартным звездам.

Дневные $L_{e,\lambda}$ облаков на 3,7 мкм оказались более информативными, чем полученные на двух других λ , обычно используемых для целей прогноза. Большие вариации $L_{e,\lambda}$ на 3,7 мкм в дневное время обусловлены различной отражательной способностью облаков на этой λ [1].

В дневное время $L_{e,\lambda}$ облака равна

$$L_{e,\lambda} = L_{e,\lambda,1} + L_{e,\lambda,2}, \quad (1)$$

где $L_{e,\lambda,1}$ – собственная спектральная энергетическая яркость облака, коррелирующая с его температурой; $L_{e,\lambda,2}$ – спектральная энергетическая яркость облака, обусловленная отраженным от облака солнечным излучением.

Для оптически толстых облаков эти компоненты связаны простым соотношением

$$r_l + e_l = 1, \quad (2)$$

где r_l – спектральный коэффициент отражения облака; e_l – спектральный коэффициент излучения облака.

В первом приближении можно считать, что e_l облака на l 3,7 и 11,0 мкм одинаковы. Тогда $L_{e,l,1}$ облака для 3,7 мкм можно определить из $L_{e,l}$ облака для 11,0 мкм, используя функцию Планка, поскольку $L_{e,l,2}$ облака для 11,0 мкм пренебрежимо мала [1]. Затем эту, пересчитанную для 3,7 мкм $L_{e,l,1}$, вычитают из $L_{e,l}$ и получают $L_{e,l,2}$ для 3,7 мкм. Однако таким приближением надо пользоваться с предосторожностью, поскольку маленькая разница между e_l облака для 3,7 и 11,0 мкм приведет к различию яркостных температур облака до 2,5 К [3].

Спектральный коэффициент отражения облаков для 3,7 мкм может быть рассчитан на основании модели рассеивающего облака (рис. 1).

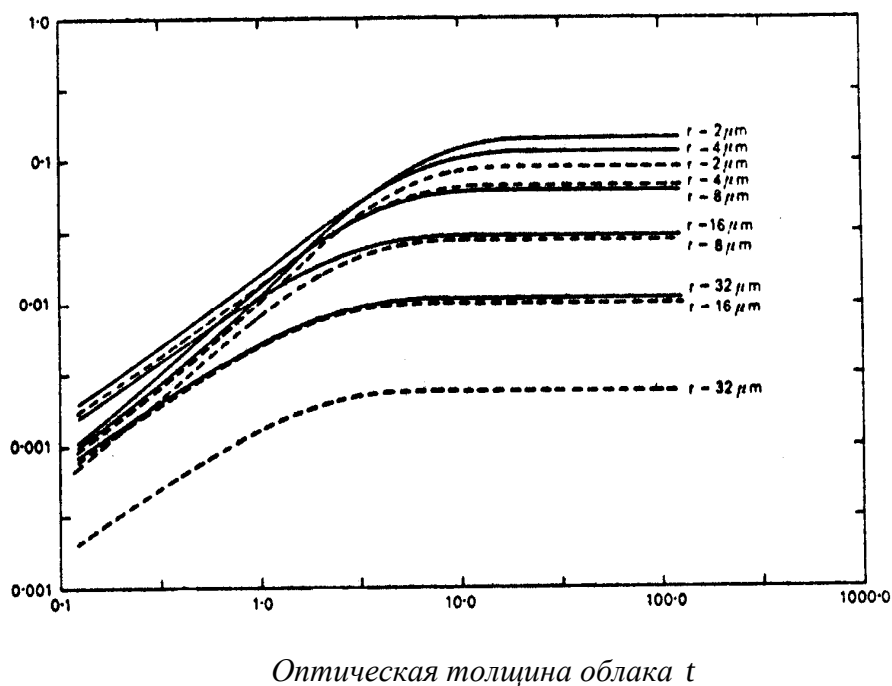


Рис. 1. Зависимость спектрального коэффициента отражения r_l от t облака:
 зенитный угол Солнца $Z_{\odot} = 0^{\circ}$, зенитный угол наблюдения $Z = 31,43^{\circ}$, $l = 3,7$ мкм,
 $r = 2 \dots 32$ мкм – радиус водяных капель и ледяных частиц

Эта модель основывается на матричном операционном методе решения уравнения переноса излучения в рассеивающейся среде [4]. В ней не учитываются азимутальные изменения, поэтому ее можно использовать в ИК-области, где еще сказывается солнечное излучение, для случаев, когда

Солнце находится в зените. При наших измерениях зенитный угол Солнца составлял около 58° . Таким образом, фактические величины спектрального коэффициента отражения для 3,7 мкм, рассчитанные по модели, будут отличаться от наблюдаемых. Однако местоположение Солнца, несмотря на относительные изменения в отражении, не должно сильно влиять на функцию распределения капель по размерам. Фазовые функции для каждого размера капель, коэффициентов преломления, соответствующих как воде, так и льду, рассчитывались, используя функцию рассеяния Ми. Полученные результаты были затем использованы в качестве исходных для модели облака и в первую очередь для расчета матриц отражения и пропускания тонкого первоначального слоя (оптической толщиной $t_0 = 2^{-15}$), в котором предполагается только однократное рассеяние. Матрицы для этого слоя были затем объединены с матрицами для идентичного слоя для того, чтобы найти матрицы для слоя толщиной $2 t_0$. Продолжая эту процедуру удвоения, матрицы отражения были составлены для облаков с оптической толщиной $t = 0,122, 0,244 \dots 62,5, 125$ и из них были отобраны коэффициенты отражения облаков для реальных зенитных углов. Данные, полученные на основании этой модели, представлены на рис. 1. Они показывают, что отражение облака сильно меняется в зависимости от размера капель в облаке и его термодинамической фазы. Эти результаты находятся в хорошем соответствии с результатами, рассчитанными [5] для зенитного угла Солнца 60° . Поэтому можно считать, что светлые облака в 3,7 мкм должны состоять в основном из маленьких капель, в то время как темные облака из крупных капель или ледяных частиц. Последние маловероятны для этого типа облаков и температуры на верхней части облака.

На основании выше изложенного, был предложен двухволновой (3,7 и 11,0 мкм) метод измерения спектральной энергетической яркости облаков, позволяющий, после соответствующей обработки полученных данных, определить фазовое состояние облака и основные размеры водяных капель или ледяных частиц.

Список литературы

1. Исследование влияния ИК-излучения на процессы самоорганизации облачной фазы земной атмосферы при фазовых переходах: отчет о НИР (заключ.) / БГУ; рук. О. П. Кузнецик. – Минск, 2000. – 76 с. – № ГР 1997868.
2. Kuznechik, O. P. Infrared Complex / O. P. Kuznechik, V. N. Gorenkov, O. O. Kuznechik // Publ. Astron. Obs. Belgrade. – 2000. – № 68. – P. 109–112.
3. Кузнецик, О. П. Особенности комплексных изображений облачности в области 3,7 мкм / О. П. Кузнецик, В. Н. Горенков, О. О. Кузнецик // Оптика атмосферы и океана: материалы VII междунар. симпозиума, Томск, 16–19 июля 2000 г. / Ин-т оптики атмосферы СОРАН; под ред. М. В. Панченко, Г. П. Коханенко. – Томск, 2000. – С. 48.
4. The Infrared Handbook / eds. W. L. Wolfe, G. J. Zissis. – Michigan, 1993. – 2000 p.
5. Saunders, R. W. Interesting cloud features seen by NOAA-6 3.7 micrometre images / R. W. Saunders, D. E. Gray // Meteorol Mag. – 1985. – Vol. 114. – P. 211–215.

А. Л. Макаров, Ю. А. Шовкопляс, Е. Д. Ярмольчук

Государственное конструкторское бюро «Южное», Днепропетровск

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ КОСМИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ УКРАИНЫ

Космические системы ДЗЗ создаются в рамках выполнения Национальной космической программы и призваны обеспечить:

а) решение общегосударственных задач мониторинга ресурсов рационального природопользования, прогнозирования техногенных и природных катаклизмов;

б) развитие международного сотрудничества в области дистанционного зондирования Земли для решения глобальных и национальных проблем путем обмена спутниковой информацией;

в) повышение уровня безопасности и обороноспособности Украины.

В состав космической системы входят орбитальная группировка космических аппаратов, наземный комплекс управления и наземный информационный комплекс.

В настоящее время в Украине создаются следующие космические системы наблюдения Земли:

1. Космическая система оптико-электронного наблюдения и связи «Січ-2» с космическим аппаратом МС-2-8

Режимы съемки: панхроматический (0,50–0,885 мкм), многоспектральный (0,50–0,59, 0,605–0,68, 0,785–0,885 мкм), инфракрасный (1,55–1,7 мкм). Проекция шага чувствительных элементов фотоприемника на поверхность Земли при съемке в надир для панхроматического и многоспектрального режимов 7,8 м, для инфракрасного – 45,5 м.

Ширина полосы обзора ± 519 км, период съемки одного и того же участка Земли составляет 4 суток, оперативность выполнения задания на съемку 0,2–5,5 суток.

Основные характеристики космического аппарата МС-2-8:

Масса 55 кг. Масса полезной нагрузки: многозональное сканирующее устройство – 22,54 кг, сканер среднего инфракрасного диапазона – 8,41 кг, подсистема данных полезной нагрузки – 4,8 кг, аппаратура электронной почты – 4,4 кг.

Объектив многозонального сканирующего устройства имеет эффективный диаметр входного зрачка 155 мм, фокусное расстояние 860 мм.

Объектив сканера среднего инфракрасного диапазона имеет эффективный диаметр входного зрачка – 100 мм, фокусное расстояние 445 мм.

Подсистема данных полезной нагрузки обеспечивает объем запоминаемых на борту данных наблюдения Земли 2 Гбайт. Аппаратура информа-

ционной радиолнии X-диапазона обеспечивает скорость передачи данных наблюдения Земли $32 \cdot 10^6$ бит/с.

Аппаратура электронной почты обеспечивает передачу сообщений электронной почты в полосе частот 144–146 МГц для абонентской линии «Земля-Космос» и 435–438 МГц для абонентской линии «Космос–Земля» со скоростью 1200–9600 бит/с. Срок активного существования КА 5 лет.

2. Космическая система «Січ-3»

Предполагается создание орбитальной группировки в составе КА оптико-электронной съемки (Січ-30) и двух КА радиолокационной съемки (Січ-3Р, МС-2-РЛ).

Космическая система должна обеспечивать оперативность получения результатов съемки заданных участков в панхроматическом и многоспектральном режимах 0,4–5,5 суток, в радиолокационном режиме – 0,5–2 суток, период съемки одного и того же участка – 4 и 2 суток соответственно.

КА выводятся на солнечно-синхронную орбиту высотой 667 км, местное солнечное время в нисходящем узле 10:00.

Основные характеристики космического аппарата «Січ-30»:

Диапазон длин электромагнитных волн при панхроматической съемке 0,4–0,9 мкм, при многоспектральной – 0,41–0,5, 0,5–0,58, 0,58–0,7 мкм.

Проекция шага чувствительных элементов фотоприемника на поверхность Земли при съемке в надир в панхроматическом режиме 1 м, в многоспектральном – 4 м.

Ширина участка, снимаемого в панхроматическом и радиолокационном режимах 10 км, в многоспектральном – 7,4 км, максимальная длина участков 50 и 37 км соответственно. Диаметр апертуры телескопа 0,79 м, фокусное расстояние 6,5 м.

Срок активного существования КА 7 лет, масса 920 кг.

Основные характеристики космического аппарата «Січ-3Р»:

Радиолокационная съемка проводится радиолокатором с синтезированной апертурой при длине волны 3 см. Разрешение на местности радиолокационных изображений – 2 м. Диаметр антенны радиолокатора 2 м. Эффективная площадь рассеяния объекта составляет 1 м^2 (при отношении сигнал/фон поверхности 6 дБ).

Срок активного существования КА 3 года, масса 720 кг.

Конструкции КА «Січ-30» и «Січ-3Р» основаны на использовании общей платформы, в состав которой входит устройство массовой памяти объемом 36 Гбит, система электроснабжения, обеспечивающая среднесуточную мощность 800 Вт, система ориентации с точностью 1,6 угл мин.

Основные характеристики космического аппарата «МС-2-РЛ»:

КА создается на базе конструкции аппарата «МС-2-8». В состав полезной нагрузки входят многорежимный радиолокатор бокового обзора, два инфракрасных радиометра, аппаратура радиолиний.

Радиолокатор работает в двух режимах:

- бокового обзора с реальной апертурой антенны, обеспечивающей в полосе 2×750 км разрешение на местности 1300×2000 м;
- с синтезированной апертурой антенны, обеспечивающей в полосе 2×350 км разрешение на местности 200×200 м.

Инфракрасные радиометры обеспечивают съемку в диапазоне длин волн от 8 до 10 мкм и от 10 до 12 мкм. Разрешение на местности 200 м, ширина полосы захвата 200 км.

Радиолиния 8.2 ГГц обеспечивает скорость передачи информации 32 Мбит/с, радиолиния 1.7 ГГц обеспечивает скорость передачи информации 665 Кбит/с.

Масса КА 500 кг.

Управление космическими системами осуществляется Центром управления полетом Национального центра управления и испытаний космических средств Украины (г. Евпатория). Для приема целевой информации используются технические средства Главного центра приема и обработки данных (г. Дунаевцы).

Создание отечественных космических систем дистанционного зондирования Земли позволит оперативно получать разностороннюю информацию о природных и техногенных процессах в интересах решения задач:

- государственного управления, сельского хозяйства, землепользования, строительства;
- контроля состояния окружающей среды, состояния растительного и почвенного покрова, обстановки в зонах чрезвычайных ситуаций;
- изготовления цифровых карт местности;
- изучения метеорологических процессов.

В. С. Марковников, В. И. Шупляк

Белорусский государственный университет, Минск

ОБРАБОТКА СПЕКТРОЗОНАЛЬНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ ПРИ ДИСТАНЦИОННОМ ЗОНДИРОВАНИИ ПРИРОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

Данные, полученные в результате оптического дистанционного зондирования (ОДЗ) подстилающих поверхностей с помощью многозональных камер и спектральных комплексов, установленных на космических станциях, спутниках, самолётах и вертолётах, накапливаются очень быстро. В то же время полученные данные имеют практическое значение только в том случае, когда они быстро и самым оптимальным образом преобразуются в ин-

формацию, полезную для выработки некоего решения или стратегии, анализа ситуации. Сегодня без использования вычислительной техники и современного программного обеспечения невозможно получить эту информацию.

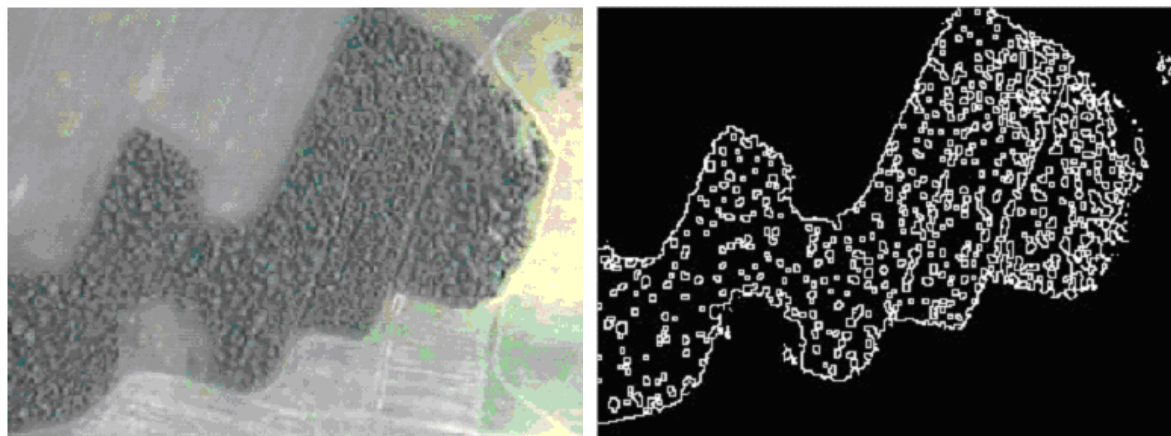
Методы авиационного контроля, разработанные для комплекса ВСК-2, позволяют проводить раннюю диагностику патологии лесов, картографировать очаги массового поражения лесных насаждений и оценивать нанесенный ущерб, повышать оперативность и качество инвентаризации лесов, разрабатывать рекомендации по ведению лесоустроительных работ [1]. В целях развития указанных методов и повышения оперативности получения информации была поставлена задача создать специализированное программное обеспечение, которое позволило бы автоматически строить мозаику из кадров, полученных в процессе ОДЗ, визуализировать распределение степени линейной поляризации излучения природных объектов, сегментировать изображения, распознавать объекты, сравнивать их по степени «похожести» и т. д. Некоторые результаты, полученные при создании такого программного пакета, изложены в настоящей работе. Были разработаны два различных метода сегментации изображений, полученных с помощью спектрального комплекса ВСК-2: первый, основанный на морфологии изображения, и второй, использующий принципы «машинного зрения». Эти методы реализованы с помощью IDE MS Visual Studio 7.1 в виде приложения Windows и работают с растровыми изображениями формата BMP. Был также разработан метод автоматического построения мозаики изображений, основанный на методе наименьших квадратов.

Для классификации объектов на изображении в первую очередь необходимо провести их сегментацию, т. е. детектировать края объектов. В общем случае операторы поиска границ принадлежат группе операторов, задачами которых является идентификация значимых особенностей в распределении градаций серого на изображении. Границами назовём области с сильным контрастом интенсивности. Так как эти области хорошо согласуются с границами объектов, то поиск этих областей можно поставить в соответствие с поиском самих границ.

Морфологический метод сегментации основан на довольно простом подходе: необходимо применить к изображению операцию расширения (dilation), затем выполнить операцию XOR между полученным изображением и исходным. В результате будет получена тонкая и непрерывная граница объекта. Заметим здесь, что расширение – это одна из двух базовых операций математической морфологии (второй и противоположной первой является эрозия (erosion)). Оператор расширения принимает в качестве входных данных два элемента – само изображение и так называемый структурирующий элемент, ядро. Ядро и определяет эффект, производимый расширением. Для реализации морфологического метода была использована библиотека IPL (Intel Image Processing Library

ver. 2.5). В ней представлены гарантированно надёжные и быстрые реализации многих функций обработки изображений на базе процессоров Intel. Однако для их использования потребовалось преобразовать формат BMP к внутреннему представлению изображений IPL. На рис. 1 представлен результат работы морфологического метода при выделении верхушек елей на одном из лесных участков. Достоинством морфологического метода является его простота, а недостатком – невозможность адекватной параметризации процесса: нельзя настроить параметры оператора на конкретный вид границы по величине градиента, что сильно сказывается на чувствительности и применимости метода в целом.

Второй метод сегментации является реализацией так называемого «хитрого детектора границ» (Canny Edge Detector). Алгоритм состоит из нескольких этапов: сначала к изображению применяется гауссова свёртка – изображение сглаживается, затем к изображению применяется простой детектор границ, например Робертс Кросс (Roberts Cross Edge Detector), который выделяет регионы с большой первой пространственной производной. Данный алгоритм довольно быстр, к тому же даёт возможность варьировать параметры, выделяя те или иные границы. Однако для успешной сегментации необходимо провести некоторую исследовательскую работу по подбору подходящих параметров для выделения различных природных объектов.



а)

б)

**Рис. 1. Результат работы морфологического метода сегментации:
а – исходное изображение; б – после обработки приложением Dilate.**

Разработанный метод автоматического построения мозаики изображений позволяет в значительной степени преодолеть объективные трудности при создании мозаики, возникающие как следствие получения изображений с борта авиационного носителя (связанные с колебаниями по курсу, крену и тангажу лётной платформы, меняющимся рисунком теней от обла-

ков, самих объектов и пр.). Данный метод основан на методе наименьших квадратов и минимизирует функцию $Er_{s,ch} = Er_{s,ch}(x,y)$, где Er – количественная функция ошибки наложения двух последовательных кадров, зависящая от площади сравниваемых областей s , смещений этих областей относительно друг друга (x,y) и канала $ch = \{R, G, B\}$.

Было создано программное обеспечение для обработки спектрозональных изображений, полученных с помощью комплекса ВСК-2, способное автоматически сегментировать изображения (находить границы объектов), сравнивать изображения по «похожести» и создавать мозаику изображений. Конечной целью подобных разработок является создание эффективного классификатора природных объектов на изображениях, полученных в результате ОДЗ.

Список литературы

1. Беляев, Б. И. Классификация лесных участков по спектрозональным изображениям, полученным с борта вертолета / Б. И. Беляев [и др.] // Ж. прикл. спектроскопии. – 2004. – Т. 71, № 2. – С. 241–247.

В. Г. Мархвида

Белорусский национальный технический университет, Минск

ДИФРАКЦИОННО-ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКОЕ ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ

Фотограмметрия широко используется для дистанционного зондирования как искусственных, так и природных естественных объектов, охватывая огромный диапазон исследований от микромира до космоса. Появление цифровой фотографии, компьютеризация ее обработки способствуют дальнейшему развитию фотограмметрии.

Исследование объекта на перемещения и деформации, особенно при наличии большого количества определяемых точек, рационально выполнять фотограмметрическим способом, который основан на двухэкспозиционной съемке на одну или две фотограммы до и после перемещения объекта и закрепленных на нем марок. Обработка фотограмм выполняется на стереокомпараторе.

Однако точность определения перемещений во многих случаях для практических целей недостаточна. Это обусловлено природой измерения перемещений элемента объекта по одной точке (марке), что объясняется наличием большого количества факторов, влияющих на точность: погрешности измерения снимков, неплоскостность фотопластинки, деформация эмульсионного слоя и т. д. Повышение точности обрабатывающих приборов, основанных на законах геометрической оптики, не приведут к существенному повышению точности измерений.

Точность измерения перемещений можно повысить дифракционно-фотограмметрическим дистанционным зондированием (ДФДЗ) наблюдаемых объектов. Повышение точности происходит за счет перехода от дискретных к статистическим структурам, от законов геометрической оптики к волновой теории света, по которой изображение фотографируемых предметов в плоскости фотограммы есть продукт преобразования волнового поля объективом камеры. Некоторая совокупность элементарных источников света создается дифракционной маркой, представляющей собою стохастически расположенную систему мелких пятен. Смещение объекта определяют по интерференционной картине, образованной при прохождении когерентного излучения через полученное двойным экспонированием изображение дифракционной марки, т. е. фотограмметрическая обработка на компараторе заменяется облучением фотограммы лазером. Полученные при восстановлении фотограммы интерференционные полосы характерны для двухлучевой интерференции, причем период этих полос зависит от величины перемещения изображения марки и геометрии съемки. Поэтому камеральная обработка сводится к определению параметров съемки при восстановлении фотограммы. Такими параметрами являются период D интерференционных полос Юнга и угол их наклона β относительно координатной оси.

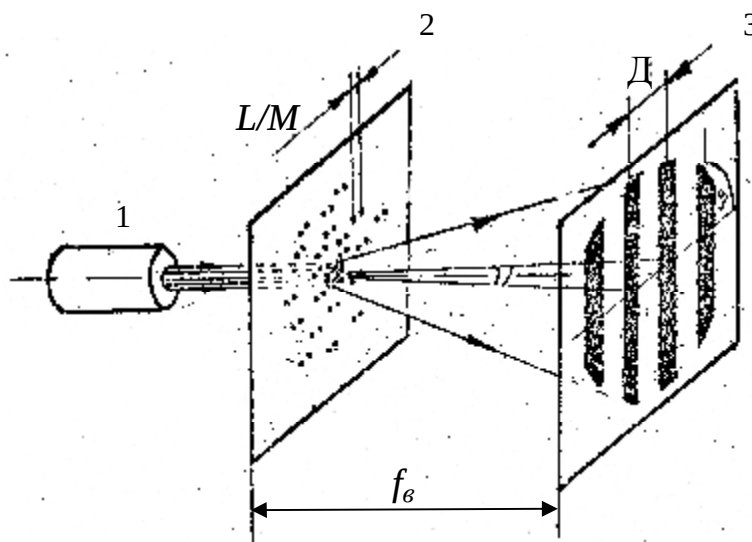


Рис. 1. Схема восстановления фотограмм:

1 – источник когерентного излучения (He-Ne лазер); 2 – фотограмма; 3 – экран

Величины перемещения L дифракционной марки вычисляются по формуле:

$$L = \lambda \cdot f_{\text{в}} \cdot \frac{y}{f_{\text{к}}} \cdot D, \quad (1)$$

где λ – длина волны лазерного излучения,
 $f_{\text{в}}$ – расстояние от фотограммы до экрана,

$У$ – отстояние марки при съемке,
 f_k – фокусное расстояние съемочной камеры.

Проекции величины перемещения на координатные оси будут:

$$\left. \begin{aligned} L_x &= L \cdot \sin \beta, \\ L_y &= L \cdot \cos \beta. \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Точность перемещения дифракционной марки получим в результате дифференцирования формулы (1) и перехода к средним квадратическим погрешностям:

$$\frac{m_L^2}{L^2} = \frac{m_l^2}{l^2} + \frac{m_{f_e}^2}{f_e^2} + \frac{m_y^2}{y^2} + \frac{m_{f_k}^2}{f_k^2} + \frac{m_D^2}{D^2}, \quad (3)$$

где $m_l, m_{f_e}, m_y, m_{f_k}, m_D$ – погрешности величин, указанных выше.

На основании анализа предыдущей формулы [1] погрешность перемещения можно представить в виде:

$$m_L = \frac{M}{(25 \cdot N_{\text{оф}})},$$

где M – знаменатель масштаба изображения марки, $N_{\text{оф}}$ – разрешающая способность системы объектив-фотоматериал.

ДФДЗ позволяет выявлять перемещения и деформации строительных конструкций и сооружений любых размеров, проводить испытания мостовых переходов [2], диагностику монтажа и эксплуатации крупногабаритного технологического оборудования.

Рассматриваемое зондирование применимо для исследования перемещений природных естественных объектов, таких как движение ледников, лавин, селей, снежных и каменистых оползней и т. п. «Дифракционную марку» в этом случае создает излучение, отраженное от различных включений и образований перемещающейся среды, например валунов, горных пород и т. п. Интервал между кадрами во всех случаях выбирается из условия, чтобы характерные движущиеся образования, которые отразятся на фотограмме, за время экспозиции сместились на несколько своих размеров; масштаб же съемки определяется условиями видимости этих образований на фотоэмульсии.

Для получения информации по записанной площади необходимо последовательно в лазерный луч вводить все участки фотограммы. При большой площади сканирования такой процесс автоматизируется [1]. Скорость обработки фотограммы может быть повышена за счет применения матричных процессоров, при использовании которых точность системы обработки в автоматическом режиме адекватна точности визуальной обработки. Автоматизация считывания информации при различных технических решениях значительно облегчает и ускоряет процесс обработки фотограммы, обеспечивая достаточно высокую точность определения смещений.

ДФДЗ по исполнению проще фотограмметрического способа, почти на порядок повышает точность определения перемещений, делает этап измерений менее трудоемким и не требует наличия высокоточного измерительного оборудования.

Список литературы

1. *Мархвида, В. Г.* Дифракционно-фотограмметрический метод определения деформаций конструкций сооружений / В. Г. Мархвида // Вест. БГПА. – 2002. – № 1. – С. 16–18.

2. *Markhvida, V. G.* Measurement of bridge elements displacement by the uncontact method / V. G. Markhvida, N. N. Koushch, L. K. Luksha // Durability and service life of bridge structures. II International Scientific Conference, Poznan, 7–9 éerv. 1994 r. – Poznan, 1994. – С. 187–190.

М. И. Панасюк, В. В. Радченко, С. Н. Кузнецов, И. Н. Мягова, С. А. Красоткин, Л. Л. Лазутин, С. Н. Свертилов

НИИ ядерной физики им. Д. В. Скобельцына МГУ им. М. В. Ломоносова, Москва

МОНИТОРИНГ ОКОЛОЗЕМНОГО КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ИСЗ «УНИВЕРСИТЕТСКИЙ-ТАТЬЯНА» В РАМКАХ КОСМИЧЕСКОГО НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЕКТА «МГУ-250»

Сегодня мы хорошо понимаем, что процессы, происходящие на нашей планете – в литосфере, биосфере, атмосфере Земли – тесно связаны между собой. Поэтому мониторинг околоземного космического пространства (ОКП), осуществляемый благодаря экспериментальным данным, полученным с борта искусственного спутника Земли (ИСЗ) «Университетский-Татьяна», созданного в рамках научно-образовательного космического проекта Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова «МГУ-250» (сайт проекта – *cosmos.msu.ru*), является важной частью зондирования природной среды.

Основная задача проекта – развитие научной и образовательной деятельности на основе экспериментальных данных, получаемых с малых космических аппаратов, созданных при содействии студентов и аспирантов различных вузов России и других стран. Данный проект является первым в мире проектом по использованию научной информации в широко-масштабных образовательных целях посредством Интернет-технологий. Ответственным исполнителем проекта является Научно-исследовательский институт ядерной физики им. Д. В. Скобельцына.

Научная программа проекта «МГУ-250» направлена на исследование проблем физики околоземного пространства, физики Солнца, солнечно-земных связей, космической погоды. В программу входят: а) изготовление и запуск нескольких микроспутников, предназначенных для мониторинга радиационной обстановки в ОКП и изучение ультрафиолетового излучения ат-

мосферы Земли; б) обработка и анализ получаемых с борта ИСЗ «Университетский-Татьяна» данных; в) публикация на основе полученных результатов научных статей и докладов для конференции различного уровня.

Образовательная программа проекта «МГУ-250» в настоящее время включает в себя специальный космофизический практикум и мультимедийный курс «Жизнь Земли в атмосфере Солнца». Задачи специального космофизического практикума («РП Земли на высотах 350–1000 км», «Солнечные космические лучи», «Проникновение СКЛ в магнитосферу Земли во время магнитных бурь», «Ультрафиолетовое излучение ночной атмосферы Земли» и другие) позволяют учащимся работать с данными не только ИСЗ «Университетский-Татьяна», но и других современных российских и зарубежных ИСЗ (КОРОНАС-Ф, GOES и ACE и др.). При выполнении учащимися задач практикума происходит их ознакомление с современными методами проведения физических измерений в космических экспериментах и новыми для них физическими явлениями (такими как радиационные пояса Земли, солнечные вспышки, магнитные бури и др.). При этом используются не теоретические представления о явлениях или результаты модельных расчетов, а «живые» экспериментальные данные. Задачи специального космофизического практикума рассчитаны на студентов старших курсов, специализирующихся в области космической и ядерной физики, а также геофизики и астрономии. Экспериментальные данные, необходимые для выполнения задач специального космофизического практикума, а также описания самих задач представлены на *cosmos.msu.ru* в разделах «Данные» и «Физический практикум» соответственно. Основная задача мультимедийного курса «Жизнь Земли в атмосфере Солнца» состоит в ознакомлении учащихся с основными физическими свойствами Земли, ближайшего космического пространства и Солнца. Распределение материала курса позволяет обеспечить три уровня обучения: элементарный (заинтересованный) в расчёте на школьников старших классов, средний (общеобразовательный) и углубленный для студентов естественно-научного и философского профиля.

Планируется, что представляемая образовательная программа будет оказывать помощь российским вузам в обучении студентов и аспирантов физике космоса, в частности, включает демонстрацию физических явлений в околоземном космическом пространстве на основе научных данных со спутников. Проект открыт для участия любых российских учебных заведений, его результаты являются достоянием всего российского университетского сообщества.

НОВОЕ В ТЕХНИКЕ АНТЕННОГО СКАНИРОВАНИЯ

В системах современной спутниковой связи существуют актуальные задачи ориентации антенн и слежения за ИСЗ в течение сеанса связи [1]. Кроме того, остается актуальным использование антенн для определения направления на источник излучения или для исследования положения многих источников излучения в пространстве. Задача решается созданием антенных систем, особенностью которых является решение задачи сканирования диаграммы направленности (ДН) в пространстве. Предлагаемые способы являются разновидностью электрического сканирования ДН антенн, который основывается на возможности изменения электродинамических характеристик зеркала антенны сигналом управления [2]. Принцип создания многолучевой ДН с возможностью управления показан на рис. 1 [3].

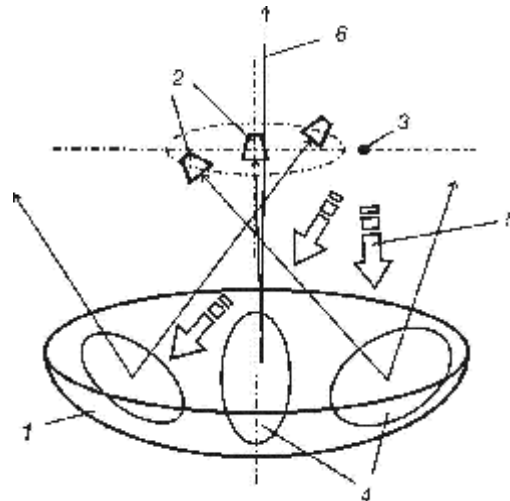


Рис. 1. Многолучевая зеркальная антенна:

1 – зеркало апертурной антенны; 2 – облучатели антенны на фокальном кольце; 3 – источник управляющего воздействия; 4 – области воздействия управляющих сигналов; 5 – сигналы управляющего воздействия; 6 – лучи ДН.

Параболическое зеркало выполнено из радиопрозрачного материала, а его внутренняя поверхность покрыта реверсивным (обратимым) материалом. В качестве реверсивного материала могут использоваться полупроводники [2]. Конструкция содержит источник управляющих сигналов и облучатели, размещенные с возможностью перемещения по фокальному кольцу зеркала. На реверсивную среду зеркала антенны воздействуют сигналом управления, среда переходит в возбужденное состояние. В зависимости от формы и размеров возбужденной области формируется ДН. Перемещение области воздействия по поверхности антенны позволяет поочередно изменять проводимость различных участков полупроводниковой

пластины. Это приводит к сканированию лучей ДН в пространстве. Для создания многолучевой диаграммы направленности антенны с круговым сканированием лучей диаграммы направленности в пространстве разработана конструкция, представленная на рис. 2 [4].

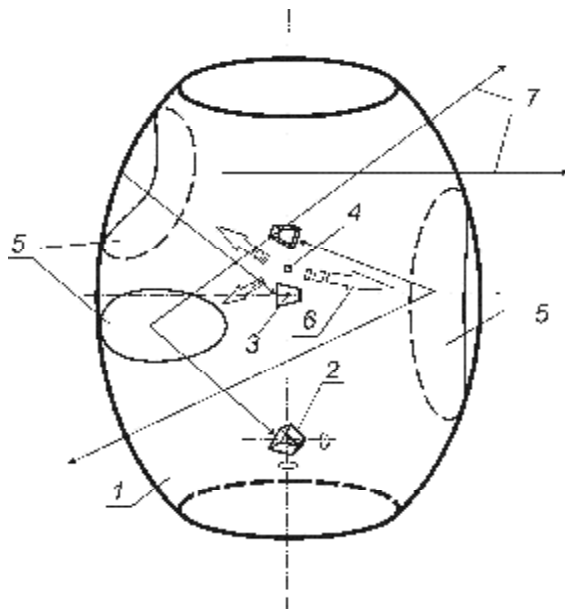


Рис. 2. Многолучевая зеркальная антенна с круговым сканированием:

1 – зеркало антенны; 2 – облучатели антенны; 3 – фокус параболы; 4 – источник управляющего воздействия; 5 – области воздействия управляющих сигналов; 6 – сигналы управляющего воздействия; 7 – лучи ДН.

Зеркало антенны в данном случае выполнено в виде внутренней поверхности тела вращения параболической образующей. Зеркало изготовлено из радиопрозрачного материала, а его внутренняя поверхность покрыта реверсивным материалом. Облучатели размещены с возможностью перемещения по оси, перпендикулярной фокальной оси. За счет того, что зеркало представляет собой замкнутую поверхность, перемещение областей воздействия возможно на 360° , что приводит к круговому сканированию лучей диаграммы направленности. Данные конструкции позволяют получить заданные формы и ширину диаграммы направленности, обеспечивают управление ДН антенны в процессе сканирования по заданному закону, гибкость траектории и скорости развертки, возможность создания многолучевой ДН антенны, высокую точность наведения и низкие энергетические потери.

Использование антенны секторного сканирования обеспечивает круговой обзор пространства, в которой сканирование осуществляется за счет возможности оперативного изменения угла поворота излучения и приема волн [5]. На рис. 3 приведена антенна секторного сканирования.

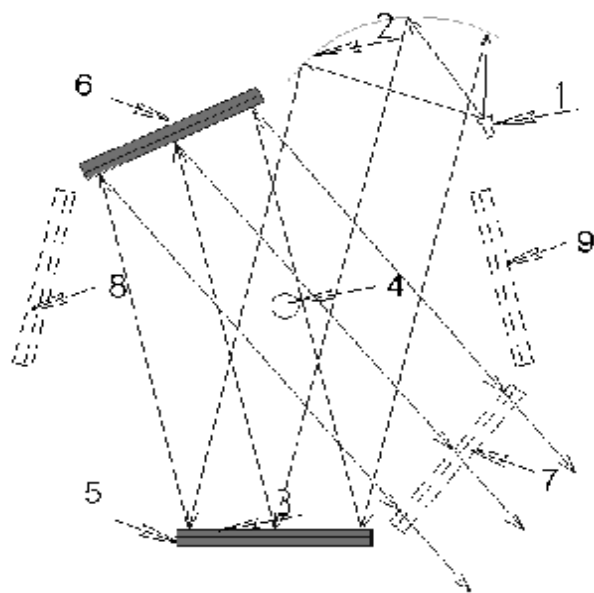


Рис. 3. Антенна секторного сканирования:

1 – облучатель; 2 – параболическое зеркало; 3 – покрытие из реверсивного материала; 4 – источник управления антенной; 5, 6, 7, 8, 9 – плоские зеркала, выполненные из радиопрозрачного материала.

Сканирующая волна из излучателя, отразившись от параболической антенны, попадает на покрытие первого плоского зеркала. При включенном источнике управления покрытия выбранных зеркал возбуждены и приобретают металлические свойства, при этом падающая волна, отражаясь поочередно от зеркал, приобретает заданное направление. Данная конструкция позволяет производить оперативное секторное сканирование с высокой скоростью по заданному закону.

Список литературы

1. Камнев, В. М. Спутниковые сети связи / В. М. Камнев. – М., 2004. – 536 с.
2. Вайнберг, И. А. Исследование амплитудно-фазовой структуры ближнего поля антенны СВЧ при помощи фотоуправляемых полупроводниковых панелей / И. А. Вайнберг, В. А. Павельев // Радиотехника и электроника. – 1971. – № 9 – 165 с.
3. Многолучевая зеркальная антенна: пат. 13225 Украина, МПК H01Q25/00/ А. А. Хорхордин, В. В. Паслен; заявитель Донец. национ. технич. ун-т. – № 3; опубл. 15.03.06.
4. Многолучевая зеркальная антенна: пат. 13127 Украина, МПК H01Q25/00/ А. А. Хорхордин, В. В. Паслен; заявитель Донец. национ. технич. ун-т. – № 3; опубл. 15.03.2006.
5. Антенна секторного сканирования: пат. 15822 Украина, МПК H01Q3/00/ М. В. Михайлов, А. А. Хорхордин, В. В. Паслен, И. Л. Щербов; заявитель Донец. национ. технич. ун-т. – № 7; опубл. 17.07.06.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ И ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ В ГЕОЛОГО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Одним из наиболее опасных в последнее время, как для природы, так и для самого человека, является техногенное воздействие на геологическую среду. Нарушение литогенной основы, наиболее консервативной составляющей ландшафта, ведет к изменению и нарушению прочих его компонентов – почвенно-растительного покрова, животного мира, гидрологических и гидрогеологических характеристик, приводит к развитию нежелательных экзогенных геодинамических процессов и т. д. Однако одним из наиболее опасных аспектов следует считать нарушение геологической среды как хранилища подземных и грунтовых вод, наиболее ценных с точки зрения питьевого водоснабжения. В связи с этим необходимость системного подхода к изучению этой проблемы становится все более очевидна и требует проведения комплексных исследований с использованием разнообразных современных методов (геологических изысканий, гидрогеологического моделирования, применения геоинформационных технологий и пр.).

Примером такого современного подхода может служить работа «Создание современной гидрогеологической карты территории железорудной провинции Курской Магнитной Аномалии (КМА) масштаба 1:500 000 с оценкой защищенности источников питьевых подземных вод», начавшаяся в ОАО «Центргеология» (г. Москва). Данный проект предполагает проведение комплексных исследований для насыщения фактографической и картографической компьютерных баз данных геологической и гидрогеологической информацией с применением современных ГИС-технологий и данных дистанционного зондирования на этот регион.

Основой разрабатываемой фактографической базы данных в первую очередь является картографическая составляющая, т. е. совокупность пространственно-координированной информации: современная цифровая топографическая основа; серия цифровых геологических, гидрогеологических и других тематических карт; данные дистанционного зондирования; точки размещения проведенных обследований и их результаты и т. д.

В качестве основы картографической базы данных используются современные цифровые топографические карты масштаба 1:200 000. Для создания топографической основы была проведена серия подготовительных работ: составлена схема размещения номенклатурных листов на изучаемую территорию, необходимые листы карты были переведены из формата ArcInfo в формат ArcView, сшиты и перепроецированы в десятичные градусы, что было необходимо для отображения данных в любой проекции в

программе ArcView и быстрого нанесения точек полевых обследований. Подготовленная топооснова оформлялась в соответствии с классификатором FMARC (Москва, ГЛАВНИИЦ, 1999) «ТОРО-200 объектов цифровой топографической основы (ЦТО) Госгеолкарты – 200».

Данный классификатор разработан с целью упорядочения работ по подготовке и сертификации цифровых топографических основ, используемых предприятиями и организациями Министерства природных ресурсов РФ для геологических карт. Классификатор согласован с системой кодирования объектов для цифровых моделей геологических карт. Каждый класс объектов в ЦТО однозначно определяется числовым кодом (поле B_CODE в атрибутивной таблице) «Эталонной базы изобразительных средств Госгеолкарты-200». Основу классификатора составляет перечень классов объектов для масштаба 1:200 000 согласно инструкции «Условные знаки для топографических карт масштабов 1:200 000 и 1:500 000». Из этого перечня выбраны, и в отдельных случаях обобщены, только те классы, которые предусмотрены для топографической основы «Инструкцией по составлению и подготовке к изданию листов Госгеолкарты РФ масштаба 1:200 000 (с учетом ее второй редакции)».

Не менее важная роль в работе над проектом отведена данным дистанционного зондирования, которые используются для насыщения картографической базы данных и последующего анализа. Основным материалом – снимки со спутника Landsat (съемочные системы ТМ и ЕТМ+), которые обеспечивают получение данных в 6 спектральных диапазонах с пространственным разрешением 30 м, в тепловом канале с разрешением 60 м и панхроматическом канале с пространственным разрешением 15 м. Все материалы находятся в электронном виде и имеют географическую привязку (формат GeoTIFF). Снимки имеют пространственный охват 185 км на 185 км и пространственное разрешение, удовлетворяющее требованиям тематического картографирования в масштабе 1:200 000 и крупнее.

Предварительные результаты их совместного анализа с топоосновой для изучения объектов техногенной нагрузки и последствий их воздействия на природную среду показали высокую эффективность. К настоящему моменту уже проведено совмещение подготовленной цифровой топографической основы масштаба 1:200 000 и материалов дистанционного зондирования, выполнено предварительное визуальное и автоматизированное дешифрирование (с использованием метода «контролируемой классификации»), сопоставление полученных результатов с полевыми данными.

Применение различного сочетания каналов и создание тематически ориентированных синтезированных изображений ускорило процесс визуального дешифрирования и позволило получить дополнительную информацию. Так, были выявлены объекты, отсутствующие на топокартах, дета-

лизированы и уточнены многие контура, имеющие на картах более обобщенный вид и т. д. Благодаря синтезированным снимкам также удалось выявить и нанести на карту техногенные объекты, оказывающие существенное влияние на геологическую среду, но отсутствующие на имеющихся картографических источниках. Некоторые существенные для анализа объекты, представленные на топооснове точечными знаками, стало возможным, благодаря данным дистанционного зондирования, занести в базу данных как площадной объект, имеющий соответствующие картометрические показатели (площадь, периметр), важные для дальнейшего анализа.

Автоматизированная обработка снимков осуществлялась в программе ERDAS IMAGINE 8.5, использующей функции обработки изображения, основанные на анализе спектральных образов объектов, и проведения классификаций. Сопоставление же материалов дистанционного зондирования с остальной картографической базой данных и их совместный анализ производится в программе ArcView 3.2. Использование дополнительных модулей данной программы (например 3DAnalyst, Spatial Analyst и пр.) позволило существенно расширить возможности пространственного анализа.

В дальнейшем предполагается проведение пространственного и динамического анализа ситуации в пределах района обследования, что будет реализовано благодаря наличию снимков на два временных периода – 1985–1988 гг. и 1999–2003 гг. Результаты совместного анализа разновременных материалов позволят существенно насытить имеющуюся картографическую базу данных на район – обновить и дополнить данные топоосновы, составить карты динамики, провести первый этап анализа взаимодействия техносферы и геологической среды – создать новые более детальные карты техногенных объектов, а также провести оценку техногенной нагрузки в пределах района исследования.

В. И. Попечиц

Научно-исследовательское учреждение «Институт прикладных физических проблем им. А. Н. Севченко» Белгосуниверситета, Минск

МОНИТОРИНГ РАДИАЦИОННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АРИЛМЕТАНОВЫХ КРАСИТЕЛЕЙ

После катастрофы на Чернобыльской АЭС природная среда на больших территориях подверглась радиоактивному загрязнению. Поэтому возросла актуальность вопросов проведения радиационного мониторинга природных и техногенных объектов. Для этого используются различные методы и диагностические средства [1–3].

В данной работе на основе изучения радиационных эффектов, происходящих в жидких и твердых растворах арилметановых красителей при

воздействии жестких излучений, показано, что данные растворы могут использоваться для мониторинга радиационного загрязнения окружающей среды.

Исследовалось влияние гамма-излучения ^{60}Co на спектрально-люминесцентные свойства жидких и твердых растворов спектроскопически чистых арилметановых красителей: Na-флуоресцеин, родамин-6G, родамин-6G ацетат, родамин В и др. В качестве жидких растворителей использовались: дистиллированная вода, этанол, изопропанол, этиленгликоль, глицерин и диэтиламин, которые предварительно очищались по стандартным методикам. Для получения твердых растворов применялся поливиниловый спирт (ПВС). Оптическая плотность в максимуме длинноволновой полосы поглощения свежеприготовленных необлученных жидких растворов составляла 1,2–1,4, окрашенных пленок поливинилового спирта – 0,8–1,1.

Твердые и жидкие растворы арилметановых красителей в специальных кюветах облучались на гамма-установке «МРХγ-25М». Непосредственно после облучения на спектрофотометре «Specord UV VIS» записывались спектры поглощения, на спектрофлуорометре «Fluorolog» – спектры флуоресценции облученных растворов. Погрешность измерений спектров не превышала 3 %.

С увеличением времени облучения растворов происходило уменьшение интенсивности длинноволновых полос поглощения красителей (формы полос практически не изменялись), а в коротковолновой области спектров возникали полосы поглощения продуктов радиационной деструкции. Радиационное обесцвечивание растворов являлось необратимым. Интенсивность флуоресценции облученных растворов при возбуждении в максимуме длинноволновой полосы поглощения уменьшалась синхронно с уменьшением интенсивности длинноволновой полосы поглощения, т. е. продукты радиационной деструкции красителей при таком возбуждении не флуоресцировали. Радиационное разрушение арилметановых красителей в твердых и жидких растворах происходило по экспоненциальному закону.

В таблице 1 приведены характерные времена полуобесцвечивания ряда растворов арилметановых красителей под действием гамма-излучения ^{60}Co в расчете на мощность экспозиционной дозы 1 Гр/с ($t_{1/2}$), из которой видно, что $t_{1/2}$ существенно зависит как от химической природы красителя, так и от химической природы растворителя. Наибольшая скорость деструкции всех исследованных ксантеновых красителей наблюдалась в водных растворах, а наименьшая – в матрицах ПВС.

Гамма-облучение порошков красителей в течение длительного времени (4 часа) и последующее приготовление растворов с их использованием не выявило изменений в спектрах поглощения и флуоресценции, характер-

ных для спектров облученных растворов. Это указывает на большую радиационную стойкость молекул красителей [3].

Т а б л и ц а 1. Время полуобесцвечивания ($t_{1/2}$, с) растворов арилметановых красителей в некоторых растворителях в расчете на мощность дозы 1 Гр/с

Краситель	Растворитель		
	вода	изопропанол	матрица ПВС
На-флуоресцеин	$2,71 \cdot 10^2$	$4,67 \cdot 10^3$	$5,56 \cdot 10^4$
Родамин-6G	$5,63 \cdot 10^2$	$1,01 \cdot 10^4$	$1,12 \cdot 10^5$
Родамин-6G ацетат	$4,95 \cdot 10^2$	$8,66 \cdot 10^3$	$1,03 \cdot 10^5$
Родамин В	$2,21 \cdot 10^2$	$4,11 \cdot 10^3$	$4,87 \cdot 10^4$

При радиоллизе воды и спиртов образуются кислородсодержащие радикалы и ион-радикалы, а также относительно стабильный продукт – пероксид водорода [1], [2]. При хранении облученных растворов арилметановых красителей в темноте в течение длительного времени (7 суток) практически не наблюдалось изменений в спектрах поглощения, т. е. эти растворы обладают довольно низким фэдингом. Добавление в водные и изопропанольные растворы пероксида водорода и последующее их хранение в темноте также не приводило к обесцвечиванию растворов.

Растворы исследованных арилметановых красителей в диэтиламине, молекулы которого не содержат кислорода и поэтому при радиоллизе не образуют кислородсодержащих радикалов или ион-радикалов, практически не обесцвечивались даже при длительном (более 3 ч) гамма-облучении.

При добавлении в жидкие растворы арилметановых красителей тушителей (ловушек) гидроксильных радикалов (ОН) – ионола или роданида калия наблюдалось существенное замедление скорости обесцвечивания растворов. При удалении из водных растворов красителей растворенного кислорода происходило уменьшение скорости радиационного обесцвечивания, что можно объяснить уменьшением концентрации радикала HO_2 , который образуется при радиоллизе воды в присутствии кислорода [1], [2].

Проведенные исследования позволяют сделать вывод, что необратимая радиационная деструкция арилметановых красителей в растворах происходит в результате взаимодействия молекул красителей с обладающими большой окислительной способностью кислородсодержащими радикалами и ион-радикалами, образующимися в результате радиолиза растворителей.

Растворы арилметановых красителей обладают достаточно низким фэдингом и, следовательно, могут использоваться в качестве детекторов радиационной дозы и мощности дозы. По визуально определяемому (на основе сравнения с предварительно построенной градуировочной цветовой шкалой) изменению цвета растворов можно судить о величине интеграль-

ной радиационной дозы, воздействовавшей на раствор. Точность такого визуального определения радиационной дозы, согласно проведенным оценкам, составляет примерно 10–15 %. Для практического применения достаточно нескольких капель раствора, помещенных в запаянную стеклянную трубочку с внутренним диаметром 1–2 мм. Чтобы устранить деградацию красителей под воздействием видимого и ультрафиолетового света, стеклянную трубочку с раствором следует обернуть черной бумагой или поместить в непрозрачный полиэтиленовый пакет. Время полубесцвечивания растворов ксантеновых красителей в значительной степени зависит от химической природы красителя и применяемого растворителя. Так, например, время полубесцвечивания Na-флуоресцеина в воде и в матрице поливинилового спирта различаются в 205 раз. Поэтому для различных диапазонов дозы и мощности дозы можно подобрать соответствующие красители и растворители.

Список литературы

1. Пикаев, А. К. Современная радиационная химия. Основные положения. Экспериментальная техника и методы / А. К. Пикаев. – М., 1985. – 375 с.
2. Пикаев, А. К. Современная радиационная химия. Твердое тело и полимеры. Прикладные аспекты / А. К. Пикаев. – М., 1987. – 448 с.
3. Попечиц, В. И. Спектроскопическое исследование радиационной устойчивости растворов красителей / В. И. Попечиц // Спектроскопия и люминесценция молекулярных систем / Белорус. гос. ун-т, НАН Беларуси; под ред. Е. С. Воропая, К. Н. Соловьева, Д. С. Умрейко. – Минск, 2002. – С. 275–286.

*В. А. Сипач *, В. Г. Кравчук *, Н. Б. Тупицына ***

*Государственное природоохранное учреждение «Национальный парк «Беловежская пуца», **Белорусский государственный университет, Минск

ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРИРОДООХРАННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «БЕЛОВЕЖСКАЯ ПУЩА»

Государственное природоохранное учреждение «Национальный парк «Беловежская пуца» является уникальным лесным массивом, сохранившимся как небольшая часть в прошлом огромных по площади величественных смешанных хвойно-широколиственных заболоченных лесов, простиравшихся между реками Неманом, Западным Бугом и достигавших берегов Балтики в северо-западном направлении. Этот замечательный уголок природы, как по площади, так и по богатству флоры и фауны не имеющий себе равных в Европе, представлен лесными насаждениями, сохранившими многие черты естественного девственного леса.

Сохранение устойчивого развития природных экосистем для поддержания и регулирования естественных природных процессов невозможно без всестороннего учета текущего состояния экосистем, анализа и модели-

рования происходящих и возможных в них изменений и использования современных компьютерных технологий, обеспечивающих сбор, обобщение, обработку и представление всей многообразной информации, необходимой для эффективного ведения природоохранной деятельности.

Одним из таких инструментов являются ГИС-технологии, которые стали использоваться экологами, природо- и ландшафтоведами непосредственно со времени своего возникновения. Так, первый проект, выполненный с помощью появившейся более 30 лет назад системы ARC/INFO, был связан с ведением лесного хозяйства и лесной охраной. С тех пор число проектов и исследований по природоохранной тематике, выполненных с помощью ГИС, возросло многократно и достигло десятков тысяч.

ГИС-технологии предоставляют идеальную среду для описания, анализа и моделирования процессов, происходящих в природных экосистемах, оценки их состояния и функционирования. Современные программные ГИС-продукты обеспечивают интегрированное управление и совместное использование значительных объемов разнообразной информации о состоянии окружающей среды, содержат мощные аналитические инструменты и средства наглядной картографической визуализации данных. С их помощью можно выявить и детально проанализировать все основные черты и особенности взаимодействия и взаимосвязей между компонентами экосистем как в пространственном, так и во временном разрезе [2].

ГИС «Беловежская пуца» преследует основные цели: хранение, обновление и обработка информации о состоянии природных экосистем и качестве окружающей среды в регионе, оперативное обеспечение актуальной и прогнозной информацией о состоянии лесных территорий, информационная поддержка управленческих решений при разработке и проведении природоохранных мероприятий по рациональному использованию природных ресурсов, обеспечению естественного формирования лесных ландшафтов и сохранению биоразнообразия природных комплексов Беловежской пуцы [4], [6].

Беловежская пуца занимает трансграничное положение – расположена на территории двух государств – Беларуси и Польши. В связи с этим актуальной является задача создания унифицированной ГИС «Беловежская пуца» с согласованием не только перечня информации и средств ее представления, но и форматов ввода хранения, обработки и передачи информации.

Геоинформационная система является частью общей системы информации, создаваемой в национальном парке «Беловежская пуца». Данная информационная система (ИС) состоит из системы сбора и обработки информации (станция мониторинга, стационары, полевые наблюдения, учет и т. д.), системы планирования мероприятий по сохранению биоразнообразия и рационального управления природными ресурсами и системы приня-

тия решений с выбором оптимального варианта управления в соответствии с критериями оптимизации [1].

Поддержка и актуализация информации в ГИС «Беловежская пуца» на основе GPS (Global Positioning System – системы глобального позиционирования) предполагает оперативное нанесение на топооснову или дежурные тематические карты различных данных, представляемых работниками лесничеств. Так, например, регистрация с помощью GPS изменений лесоустроительных характеристик обеспечивает проведение «непрерывного лесоустройства» [3]. Данные маршрутных учетов, новые места обитания редких видов животных, птиц и растений, а также других материалов позволяют постоянно обновлять тематические карты, пополнять соответствующие базы данных и, таким образом, качественно вести экологический мониторинг. Средства анализа и моделирования в ГИС обеспечат возможность создания прогноза динамики отдельных компонентов и экосистемы национального парка в целом, составление обобщенного отчета по результатам анализа статистических, картографических и описательных данных с учетом различных вариантов принятия управленческих решений в области охраны природы и сохранения биологического и ландшафтного разнообразия [5].

Список литературы

1. *Атрощенко, О. А.* Геоинформационная система «Беловежская пуца» / О. А. Атрощенко, О. Н. Пашкевич // Сохранение биологического разнообразия лесов Беловежской пуцы / редкол.: А. И. Лучков [и др.]. – Каменюки, 1996. – С. 317–319.
2. *Гофман, В.* Человеческие следы и оставшаяся дикая природа / В. Гофман // ARCREVIEW. – 2004. – № 4. – С. 1.
3. *Житлухина, Т. И.* Использование геоинформационных систем для оптимизации деятельности заповедников / Т. И. Житлухина // Леса Евразии – Восточные Карпаты: материалы IV Междунар. конф. молодых учёных, посвящ. акад. П. С. Погребняку / редкол.: А. М. Боронин [и др.]. – М., 2004. – С. 154–155.
4. *Сипач, В. А.* Геоинформационная система «Беловежская пуца» / В. А. Сипач // Охраняемые природные территории и объекты Белорусского Поозерья: современное состояние, перспективы развития: тез. докл. II Междунар. науч. конф., Витебск, 13–14 дек. 2005 г. / редкол.: А. М. Дорофеев [и др.]. – Витебск, 2005. – С. 155–156.
5. *Сипач, В. А.* Современное развитие геоинформационной системы национального парка «Беловежская пуца» / В. А. Сипач, Е. Г. Бусько, В. Г. Кравчук // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы: сб. науч. тр.: в 2 т. / под ред. В. К. Пестиса. – Гродно, 2006. – Т. 1. – С. 401–408.
6. *Сипач, В. А.* Современное состояние и пути развития геоинформационной системы национального парка «Беловежская пуца» / В. А. Сипач, Е. Г. Бусько, В. Г. Кравчук // Эколого-экономический механизм сохранения биоразнообразия особо охраняемых природных территорий Республики Беларусь: материалы I междунар. науч.-практ. конф., Беловеж. пуца, 27–28 апр. 2006 г. / редкол.: В. И. Парфенов [и др.]. – Брест, 2006. – С. 342–352.

СРЕДСТВА И МЕТОДЫ ПОЛЕВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРИРОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

Для создания космоаэротехнологий необходимы данные по отражательным и изучательным характеристикам ландшафтов. Методы полевой спектроскопии обеспечивают большее приближение условий измерений к естественному состоянию природных объектов, чем аналогичные лабораторные системы. В течение многих лет на базе Государственного оптического института им. С. И. Вавилова разрабатывались полевые спектрофотометрические приборы и на их основе, в кооперации с другими организациями, были созданы новые технологии для решения научных и прикладных задач в экологии, геологии, лесоведении и сельском хозяйстве [1].

Полевой импульсный фотометр ПИФ-М имеет внутренний стабилизированный источник освещения. Его четыре спектральных канала подобраны таким образом, чтобы исследовать и идентифицировать основные биофизические процессы в растениях с повышенной точностью [2]. Точность определения коэффициента отражения составляет 1–2 % и обеспечивается независимо от погодных условий в любое время суток.

Используя ПИФ, разработаны новые методики: метод выявления и исследования фитогеохимических аномалий на свалках и сильно загрязненных территориях [3]; метод интерпретации слабоконтрастных (в пределах ПДК) геохимических аномалий на рудопроявлениях [4], [5]; метод исследования загрязнения прибрежных акваторий [6], [7]; метод оценки экологического состояния гарей после лесных пожаров [8]; точный метод определения оптических характеристик листа *in situ* [8]. Проведены оценки влияния утечки газов из магистрального трубопровода на растительность [10]. При проведении мониторинговых работ по оценке состояния растительного покрова в г. Москве фотометр использовался при заверке и детализации данных дистанционных наблюдений [11]. Применение ПИФ во многих случаях позволяло существенно сократить объемы дорогостоящих геохимических анализов при экологических и геологических работах.

По результатам полевых экспериментов разработаны новые алгоритмы обработки дистанционных многозональных данных. Их реализация позволила получить качественно новые результаты при мониторинге состояния зеленых насаждений Санкт-Петербурга и лесных массивов Кольского полуострова в условиях комплексных антропогенных и природных воздействий на экосистемы в зоне влияния Мончегорского комбината [12–14].

Быстродействующий спектрометр (СБС) видимого диапазона 0,4–0,78 мкм, разрешение 5 нм, время регистрации спектра 0,006 сек. Измеряемая величина – коэффициент спектральной яркости. Погрешность измерения в условиях постоянного освещения 5 %. Сменная оптика позволяет регистрировать спектры отражения на разных расстояниях от объектов. Использовался для дистанционного исследования стрессовых реакций растений на рудопроявления [15].

Универсальный полевой спектрометр СПУ. Спектральный диапазон 0,4–2,5 мкм. Спектральное разрешение в диапазоне 0,4–1,1 мкм 2–5 нм, в диапазоне 1,1–2,5 мкм 10–20 нм. Измеряемая величина – коэффициент спектральной яркости. Погрешность измерения в условиях постоянного освещения 5 % [16].

Портативный пятиканальный спектрометр ПЗФ для обеспечения наземных заверок дистанционных данных. Спектральные каналы в диапазоне 0,4–1,75 мкм соответствуют диапазонам дистанционной коммерческой системы Ландсат. Погрешность измерения коэффициента спектральной яркости при постоянной освещенности 3 % .

Полевой спектрометр теплового диапазона СРП позволяет получать данные об спектральных излучательных характеристиках в диапазоне длин волн 8–14 мкм [17], [18]. Использование набора полевых черных тел с референтным отражателем дает возможность проводить необходимые коррекции и обеспечивать измерения радиационных температур с разрешающей способностью 0,1 °С. Разработана методика, позволяющая использовать метод тепловой спектральной ИК диагностики растений как абсолютный, поскольку он не требует опорных данных по фоновому участку [19–22]. На базе СРП создана лабораторная установка для измерения спектральных коэффициентов излучения [23].

Существенно повышается информативность данных проведения совместных измерений разными приборами (**ПИФ, СБС и СРП**) при выявлении слабоконтрастных геохимических аномалий на рудопроявлениях [24]. На основе этих исследований разработана и утверждена в Комитете по природным ресурсам специализированная методика [25].

Список литературы

1. Кувалдин, Э. В. Фотометры для измерения коэффициентов отражения природных объектов в спектральной области излучения солнца / Э. В. Кувалдин // Научное приборостроение. – 2005. – Т. 15, № 1. – С. 21–28.
2. Кувалдин, Э. В. Специализированный фотометр для измерения патологических и физиологических изменений в растениях / Э. В. Кувалдин, В. Г. Сурин // ОЖ (Оптический журнал). – 1998. – № 5. – С. 43–46.
3. Сурин, В. Г. Полевой фотометрический метод выявления и исследования био-геохимических аномалий / В. Г. Сурин, Т. А. Попова, Э. В. Кувалдин // Геохимия. – 1998. – № 10. – С. 1079–1089.

4. Сурин, В. Г. Полевые фотометрические фитоиндикационные исследования геохимических аномалий / В. Г. Сурин // Исслед. Земли из космоса. – 1997. – № 5. – С. 83–92.
5. Сурин, В. Г. Метод полевой прецизионной фотометрии для интерпретации геохимических аномалий / В. Г. Сурин // Исслед. Земли из космоса. – 1998. – № 4. – С. 38–44.
6. Сурин, В. Г. Спектральные характеристики листьев тростника как индикатор экологического состояния / В. Г. Сурин, Р. И. Голоудин // Исслед. Земли из космоса. – 1995. – № 2. – С. 31–36.
7. Surin, V. G. Optical indication for the evaluation of the ecological state of water areas / V. G. Surin, R. I. Goloudin // Proc. 2-nd International Airborne Conference and Exhibition San-Francisco. – California, 1996. – P. 366–370.
8. Кувалдин, Э. В. Фотометрический метод оценки экологического состояния нарушенных экосистем на примере гари после лесного пожара / Э. В. Кувалдин, В. Г. Сурин // ОЖ. – 2001. – № 7. – С. 70–72.
9. Сурин, В. Г. Метод определения оптических характеристик листьев в полевых условиях / В. Г. Сурин // Лесоведение. – 2001. – № 2. – С. 70–75.
10. Белоусов, Ю. И. Оптические приборы и методы определения газового состава воздуха и технического состояния газотранспортных систем / Ю. И. Белоусов [и др.] // ОЖ. – 1995. – № 7. – С. 44–54.
11. Состояние зелёных насаждений в г. Москве (аналитический доклад) / под ред. Х. Г. Якубова. – М., 1998. – 238 с.
12. Сурин, В. Г. Исследование биогеохимических аномалий на загрязнённых территориях по многозональным космическим снимкам и наземным контрольным данным / В. Г. Сурин, Т. А. Попова, М. А. Шубина // ОЖ. – 2004. – Т. 71, № 3. – С. 48–54.
13. Сурин, В. Г. Спектральная диагностика геоботанических аномалий по стрессам растений по данным зондирования с ИСЗ Landsat-7 / В. Г. Сурин, Т. А. Попова, М. А. Шубина, В. С. Антипов // ОЖ. – 2005. – Т. 72, № 8. – С. 78–84.
14. Сурин, В. Г. Мониторинг состояния природно-техногенных комплексов по космическим снимкам / В. Г. Сурин, М. А. Шубина // ОЖ. – 2006. – № 4. – С. 88–92.
15. Кувалдин, Э. В. Быстродействующий спектрометр для исследования спектров отражения природных объектов / Э. В. Кувалдин, В. Г. Сурин // ПТЭ. – 1994. – № 4. – С. 154–157.
16. Кувалдин, Э. В. Широкодиапазонный автоматизированный полевой спектрометр – спектрокомпаратор / Э. В. Кувалдин, В. Н. Меркурьев, В. Г. Сурин // ОЖ. – 1993. – № 5. – С. 48–52.
17. Сурин, В. Г. Спектральные характеристики растительности в тепловом инфракрасном диапазоне 8–14 мкм / В. Г. Сурин, Г. А. Ладнер // Исслед. Земли из космоса. – 1994. – № 3. – С. 26–34.
18. Сурин, В. Г. Возможности теплового ИК диапазона для дистанционной диагностики горных пород / В. Г. Сурин, Г. А. Ладнер // Отечественная геология. – 1994. – № 1. – С. 66–71.
19. Сурин, В. Г. Сравнительный метод определения спектральных излучательных характеристик природных объектов / В. Г. Сурин // ПТЭ. – 1996. – № 2. – С. 138–140.
20. Сурин, В. Г. Методические особенности проведения полевых спектрометрических измерений в тепловом инфракрасном диапазоне / В. Г. Сурин // Измерительная техника. – 1995. – № 8. – С. 42–45.
21. Сурин, В. Г. Спектральный метод диагностики состояния растений в тепловом инфракрасном диапазоне / В. Г. Сурин // Измерительная техника. – 1997. – № 5. – С. 63–66.

22. Surin, V. G. Method of determination of the spectral emission of natural objects / V. G. Surin // Proc. 3-rd Int. Airborne Remote Sensing Conf. and Exhibition. – Copenhagen; Denmark, 1997. – P II. 320–327.

23. Сурин, В. Г. Простая установка для измерения спектральных коэффициентов теплового излучения / В. Г. Сурин, В. А. Парфинский // ПТЭ. – 1993. – № 5. – С. 225–227.

24. Ладнер, Г. А. Полевой спектрометрический метод выявления биогеохимических аномалий для решения геолого-поисковых и геоэкологических задач / Г. А. Ладнер, А. В. Матвеев, В. Г. Сурин, В. Н. Меркурьев // Геологическое изучение и использование недр: науч.-техн. информ. сб. / Комитет РФ по геологии и использованию недр. – М., 1995. – Вып. 6. – С. 13–23.

В. В. Хуторный, В. С. Зевако

Национальный центр аэрокосмического образования молодежи Украины,
Днепропетровск

ПЕРВЫЙ УКРАИНСКИЙ МОЛОДЕЖНЫЙ СПУТНИК

Общеизвестно, что Украина – космическое государство, которое поставляет на рынок космических услуг современные ракеты-носители и осуществляет запуск космических аппаратов. В то же время ряд стран, не имея космической отрасли, активно разрабатывают молодежные и студенческие микроспутники, основные задачи которых – подготовка квалифицированных кадров и отработка новых идей и технологий с относительно невысокими затратами. Отсутствие на Украине собственных молодежных спутников – в какой-то степени нонсенс. Поэтому в Национальную космическую программу Украины включен комплексный образовательный проект «Освіта-КА» по созданию украинского молодежного спутника с привлечением к этим работам специалистов ведущих университетов и предприятий отрасли. Реализацию этого проекта поручено осуществлять Национальному центру аэрокосмического образования молодежи Украины (НЦАОМУ).

Для широкого привлечения молодежи НЦАОМУ с 2004 г. регулярно проводит конкурсы проектов молодежных коллективов на создание украинских молодежных спутников. По итогам первого конкурса в состав первого украинского молодежного спутника (УМС-1) были рекомендованы два проекта Киевского национального университета (КНУ) и по одному проекту Главной астрономической обсерватории (ГАО) НАНУ, Физико-технического института Днепропетровского национального университета (ФТИ ДНУ) и Ужгородского национального университета.

Для уменьшения трудоемкости и сроков работ по созданию УМС-1 было принято решение использовать в качестве базовой платформу МС-1 микроспутника МС-1-ТК производства ГKB «Южное».

По результатам технического совещания представителей авторских коллективов, НЦАОМУ, ГKB «Южное» и Национального космического агентства Украины было рекомендовано рассмотреть вопросы реализации

оптического комплекса (ОК) проекта «ОКО-МС» (КНУ) в качестве аппаратуры полезной нагрузки УМС-1. Кроме этого, было принято решение о целесообразности выделения модуля для сбора научной информации в отдельную систему (ССНИ), работы, по созданию которой были поручены авторскому коллективу ЛЦ ИКИ НКАУ. Учитывая опыт работы с космической техникой и близость к ГКБ «Южное», авторский коллектив ФТИ был рекомендован в качестве головного среди авторских коллективов. Ему было поручено провести весовое и электрическое согласование аппаратуры полезной нагрузки УМС-1 с платформой, разработать сетевой график создания комплекса УМС-1 (наземный и космический сегменты) и подготовить ТЗ, техническое предложение и эскизный проект при консультативной поддержке ГКБ «Южное».

Основное назначение разрабатываемого комплекса – проведение исследований озонового слоя Земли и съемок земной поверхности в видимом и инфракрасном диапазонах с целью выявления техногенных ситуаций.

Основные параметры УМС-1 представлены в таблице 1.

Т а б л и ц а 1. Основные параметры УМС-1

Наименование параметра	Значение параметра
Масса не более, кг	72
Габариты, мм: – в запакованном виде; – в рабочем положении	430х430х963 1240х1240х3945
Срок активного существования не менее, лет	1
Виды стабилизации	Гравитационная, электромагнитная
Точность стабилизации по углам тангажа, рыскания, вращения не хуже, град	3
Площадь солнечных батарей, м ²	1
Выходная среднесуточная мощность солнечных батарей не менее, Вт; в том числе потребляемая АПН	18 3
Выходное напряжение электроснабжения: – нестабилизированный выход, В; – стабилизированный выход, В	24 – 34 +5; +12; –12; +15; –15
Скорость передачи информации: – по телеметрическому каналу связи, Кбит/с – по информационному каналу связи, Кбит/с	256 192
Максимальная длительность сеансов связи в сутки, мин	30
Количество сеансов связи за сутки не более	4
Длительность одного сеанса связи не более, мин	15
Объем оперативной памяти ССНИ не менее, Гбайт	1

Комплекс УМС-1 состоит из космического аппарата (КА) УМС-1, Центра управления полетом (ЦУП), абонентского модуля (АМ), станции приема научной информации и наземных систем обработки научной информации.

ЦУП (г. Евпатория) обеспечивает управление КА, прием и обработку телеметрической информации о состоянии аппаратуры УМС-1.

АМ предназначен для отработки относительно недорогих систем программного слежения за КА в образовательных программах с дальнейшим использованием в ведущих вузах Украины для приема научной информации и создания элементов сети двухсторонней передачи информации через КА.

Станция приема научной информации (п. г. т. Дунаевцы) предназначена для приема научной информации с УМС-1 во время сеансов связи.

УМС-1 выполняется на основе унифицированной платформы МС-1 микроспутника МС-1-ТК разработки ГКБ «Южное» и аппаратуры полезной нагрузки (АПН), состоящей из:

- оптического комплекса (ОК), предназначенного для съемки поверхности Земли в видимом и инфракрасном диапазонах;
- системы сбора научной информации (ССНИ), предназначенной для приема и хранения информации, полученной с ОК, и ее передачи на Землю во время сеансов связи через специальную информационную радиолинию (СИРЛ).

Использование готовой унифицированной платформы МС-1 создает преимущества с точки зрения временных и финансовых затрат на разработку и создание УМС-1. Однако возникают и определенные сложности, связанные с массовыми, геометрическими и энергетическими ограничениями, накладываемыми со стороны уже существующей платформы, которые к настоящему времени в основном решены.

В настоящее время ведутся работы по согласованию и отработке аппаратуры полезной нагрузки в составе космического аппарата.

СЕКЦИЯ II

АЭРОКОСМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ

Н. Н. Абраменко, А. А. Святогор
РУП «Белгеология», БелНИГРИ, Минск

КОМПЛЕКСНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕРИАЛОВ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ СЪЁМОК (МАКС) И ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ ПРИ ПРОГНОЗНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ НА НЕФТЬ И ГАЗ (ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКАЯ ПЛАТФОРМА, ПРИПЯТСКИЙ ПРОГИБ)

Космические съемки получают все более широкое применение при решении многих научных, технических и народно-хозяйственных задач.

Как известно, прогнозирование нефти и газа базируется в основном на структурно-тектонической основе. Для составления таких основ используются геофизические данные, материалы бурения, геологического картирования и др. Однако для геологически закрытых территорий, где нефтеносные комплексы и структуры перекрыты мощным чехлом покровных образований, изучение глубинного геологического строения связано со значительными трудностями. Положение осложняется и ее большой техногенной освоенностью. Как показывает опыт работ в нефтеносных регионах Сибирской и Восточно-Европейской платформ, Арало-Каспийского и Аравийского регионов, структурно-тектонические критерии контроля нефтегазоносных площадей наиболее доступны изучению с помощью материалов аэрокосмических съемок (МАКС) и геофизических данных.

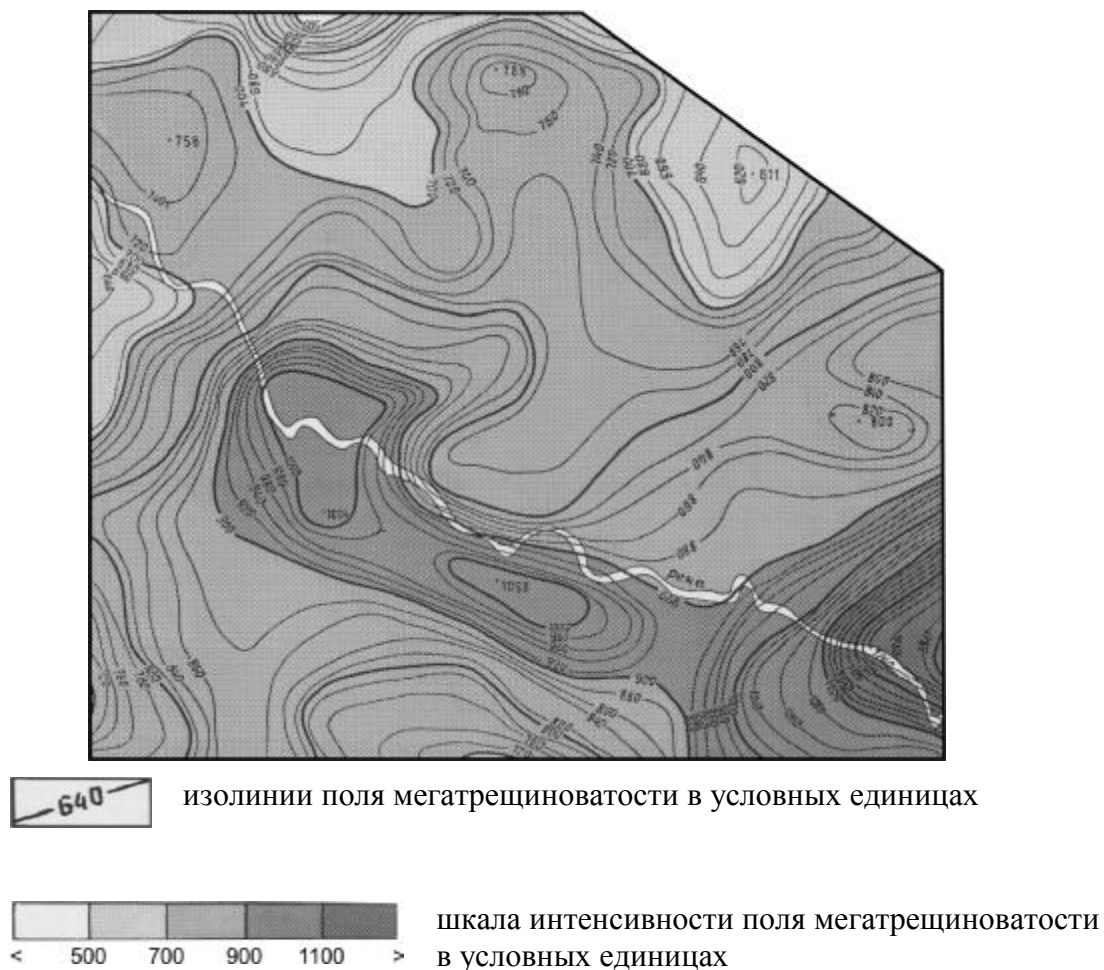
Разрабатываемые в РУП «Белгеология» методики с использованием результатов дешифрирования МАКС показывают возможность их применения для прогнозирования новых нефтегазоперспективных участков даже в хорошо изученном регионе Припятского прогиба.

В связи с открытием на Украине промышленных месторождений нефти в породах кристаллического фундамента, связанных с зонами повышенной проницаемости и раздробленности пород, группа специалистов по дистанционным методам исследования провела сравнительный анализ физических полей и полей мегатрещиноватости на участке северного борта Припятского прогиба.

Прогнозирование нефтеперспективных площадей на исследуемом участке осуществлялось с использованием большого количества геолого-геофизических факторов и данных дешифрирования МАКС.

Исходными данными для прогноза были: космические снимки «Метеор», «Космос», «Ландсат»; аэрофотоматериалы; схема структурного дешифрирования МАКС; карта интенсивности мегатрещиноватости (рис. 1);

космическая схема (рис. 2); карта преобладающих направлений меготрещиноватости (МТ) относительно меридиана в векторной форме; структурные и тектонические карты, составленные по геолого-геофизическим материалам.



**Рис. 1. Карта интенсивности мегатрещиноватости участка Припятского прогиба.
Масштаб 1:200 000**



Рис. 2. Фрагмент космоструктурной схемы участка Припятского прогиба.

Масштаб 1:200 000.

I. Структурные элементы, выявленные по результатам дешифрирования материалов аэрокосмических съемок (МАКС) и интерпретации геолого-геофизических данных: 1 – линейные структуры, отождествляемые с разрывными нарушениями и мегатрещиноватостью; 2 – кольцевые структуры различного генезиса и их фрагменты.

II. Структурные элементы, выявленные по геолого-геофизическим данным: 3 – Северо-Припятский краевой разлом; 4 – региональный ступенеобразующий разлом; 5 – доплатформенные разрывные нарушения; 6 – разрывные нарушения платформенного этапа; 7 – прочие разрывные нарушения.

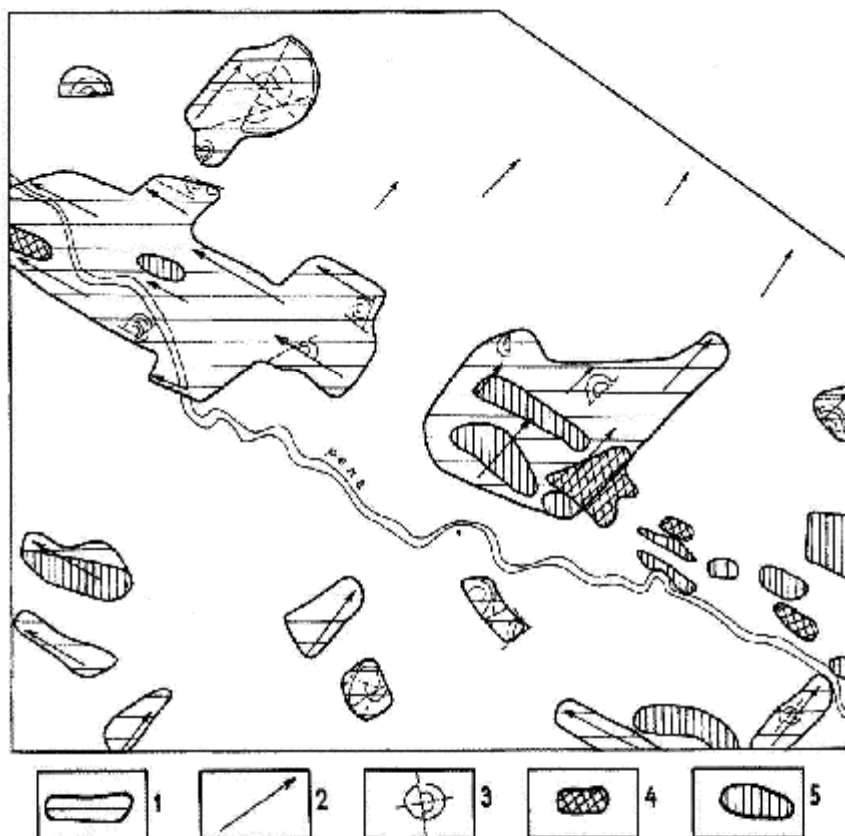


Рис. 3. Схема перспектив нефтегазоносности участка Припятского прогиба по данным дистанционного зондирования. Масштаб 1:200 000.

1 – площади перспективные для поисков нефти и газа по данным дешифрирования материалов аэрокосмических съемок (МАКС); 2 – преобладающая ориентировка мегатрещиноватости в векторной форме на единицу площади, отвечающая нефтегазовой специализации, выявленная по результатам дешифрирования и интерпретации МАКС; 3 – кольцевые и прямолинейные структурные элементы, выявленные при дешифрировании МАКС; 4 – месторождения нефти и 5 – нефтегазоперспективные площади по геолого-геофизическим данным.

Работы выполнялись в следующем порядке:

- структурное дешифрирование МАКС на ландшафтно-индикационной основе;
- составление карты интенсивности поля мегатрещиноватости (МТ) в изолиниях;
- определение преобладающей ориентировки МТ относительно меридиана в векторной форме на единицу площади;
- уточнение характеристики структур с учетом данных космических съемок;
- выяснение соотношения выявленных месторождений нефти и нефтеперспективных площадей с соответствующими системами мегатрещиноватости и кольцевыми структурами;

- выделение по космогеологическим критериям и результатам статистической обработки результатов дешифрирования МАКС перспективных на нефть и газ площадей.

В результате аналитической обработки результатов дешифрирования МАКС и совместной интерпретации всех имеющихся структурно-геологических данных, а также данных по месторождениям нефти и нефтеперспективным структурам, выделенным по геолого-геофизическим материалам, был найден принципиально новый критерий выявления участков перспективных на нефть и газ. Данный критерий основан на определении преобладающей ориентировки мегатрещиноватости относительно меридиана в векторной форме на единицу площади, отвечающей нефтегазовой специализации для Восточно-Европейской платформы.

Вторым по значимости космоструктурным критерием поиска нефтеперспективных участков является их приуроченность к зонам пересечения глубинных разломов и кольцевых структур. Это сочетание дает возможность предполагать наличие локального поднятия над наиболее проницаемым участком, который может служить подводящим каналом для углеводородов. Такие участки при наличии непроницаемых мощных покрышек могут быть весьма перспективными для накопления нефти и газа.

При сопоставлении перспективных в нефтегазопроисловом отношении площадей, выявленных методом дистанционного зондирования с известными месторождениями нефти и фондом нефтеперспективных подсоловых и межсоловых структур, выявленных по геолого-геофизическим данным, выяснилось, что 35 месторождений из 51-го (69 %) оказались на площадях, выявленных нами перспективных участков.

Таким образом, анализ схем дешифрирования МАКС по новой методике и результатов сопоставления с имеющимися геолого-геофизическими данными позволил:

1. Выделить новые, ранее неизвестные, площади и локальные участки перспективные в нефтегазопроисловом отношении.
2. Выявить поле мегатрещиноватости и зоны его аномальных значений.
3. Уточнить общий план разрывных нарушений, значительно дополняющий ранее известную схему.
4. Выявить новые кольцевые зоны повышенной тектонической активности и трещиноватости.

Предлагаемая методика может быть рекомендована для использования в других нефтеперспективных регионах с мощным чехлом рыхлых отложений особенно на стадии для постановки сейсмических и других профильных и площадных работ.

Список литературы

1. Введенская, Н. В. Цикличность планетарного развития разломных структур и геологических образований / Н. В. Введенская. – М., 1999. – 258 с.
2. Гаврилов, В. П. Влияние разломов на формирование зон нефтегазонакопления / В. П. Гаврилов. – М., 1975. – 270 с.
3. Методика изучения трещиноватости горных пород и трещинных коллекторов нефти и газа / ред. Е. М. Смехов. – Л., 1969. – 129 с.
4. Шульц, С. С. Изучение и классификация разрывных нарушений по материалам дистанционных исследований и их соотношение с планетарной трещиноватостью / С. С. Шульц // Вопросы изучения планетарной трещиноватости / под ред. С. С. Шульца. – Л., 1976. – С. 6.

С. П. Боричев

Объединённый институт проблем информатики НАН Беларуси

СПОСОБ И АЛГОРИТМ СОВМЕЩЕНИЯ ЦИФРОВЫХ АЭРОКОСМОСНИМКОВ И КАРТ МЕСТНОСТИ ПРИ ОПЕРАТИВНОМ ОБНОВЛЕНИИ ИХ КОНТУРНЫХ ОБЪЕКТОВ

Одним из наиболее важных и ответственных этапов при обновлении цифровых карт местности (карт) по цифровым аэрокосмоснимкам (снимкам) в геоинформационной системе (системе) является этап совмещения их изображений. Это обусловлено тем, что от качества совмещения, его точности и скорости зависит точность и оперативность обновления карт [1], [2]. В связи с этим особую значимость приобретают разработка и исследование эффективных способов и алгоритмов совмещения снимков и карт, позволяющих обеспечить требуемую точность их обновления за приемлемое время и при этом не снижающих точность карт при их неоднократном обновлении.

Традиционный способ совмещения снимков и карт, применяемый при обновлении карт [3], основан на пространственном преобразовании изображения снимка в систему координат карты с формированием видеомодели области снимка, растровый слой которой совмещается с векторным слоем соответствующей области карты на экране монитора системы. Это позволяет оператору визуально сопоставить совмещенные изображения снимка и карты и выявить изменения объектов карты. Однако этому способу совмещения присущи следующие основные недостатки, влияющие на оперативность, точность и достоверность обновления карт, которые заключаются в снижении:

- 1) оперативности совмещения снимков и карт из-за затрат процессорного времени на получение видеомоделей по большеформатным снимкам высокого разрешения;

2) точности карт при их неоднократных обновлениях, поскольку каждое совмещение приносит в точность обновляемой карты свою погрешность;

3) достоверности обновления карт из-за ошибок, возникающих в выявлении изменений объектов карт и их дешифрировании из-за искажений дешифровочных признаков объектов местности, изображенных на видеомодели снимка, по сравнению с исходным снимком.

Предлагаемый способ совмещения позволяет избежать указанных недостатков. Это осуществляется за счет использования пространственного преобразования объектов карт в систему координат снимков и формирования видеомодели контурных объектов карт. При этом преобразуются лишь точки, составляющие осевую линию контуров этих объектов.

Для совмещения карт со снимками способ использует как глобальные, так и локальные прямые и обратные преобразования [4], обеспечивающие взаимоднозначное координатное соответствие между преобразуемыми точками.

В качестве глобального преобразования, задающего общее отображение всей площади одного изображения на другом, может выступать преобразование из группы движения, подобия, аффинное, полиномиальное или проективное. Локальное преобразование задается так же, как и глобальное преобразование, параметры которого зависят от пространственных координат. Эти параметры часто определяются только на конкретных ключевых (опорных) точках и интерполируются на область совмещения, ограниченной выпуклой оболочкой совокупности этих точек. Локальные преобразования применяются в тех случаях, когда не удается достичь требуемой точности совмещения при глобальном преобразовании.

Общая схема алгоритма описывается следующим образом.

Снимки в системе представляются изображениями I_C в растровом формате, карты – в векторном формате V_K и изображением I_K карты в растровом формате, получаемые в результате преобразования $F: V_K \rightarrow I_K$ при загрузке карты в оперативную память системы. Изображения снимков I_C и карты I_K отображаются на экране монитора системы в своих окнах.

С помощью глобального пространственного преобразования (ГПП) и преобразования яркости (ГПЯ) координаты точек, составляющие осевые линии контуров линейных и площадных объектов, пересчитываются в систему координат окна снимка $H^{ГПП}_{K \rightarrow C}: V_K \rightarrow V_{K \rightarrow C}$; $H^{ГПЯ}: V_{K \rightarrow C} \rightarrow I_{K \rightarrow C}$. Задачей этих преобразований является обеспечение приближенного совмещения объектов карт с их образами на снимках. Оператор просматривает совмещенное изображение снимка I_C и карты $I_{K \rightarrow C}$ и определяет фрагменты, в которых имеются изменения. Для фрагмента с изменениями применяется локальное пространственное преобразование (ЛПП) и преобразова-

ние яркости (ЛПЯ) объектов карты

$S^{ЛПЯ} : V_{K \rightarrow C} \rightarrow V_{K \rightarrow C, \Phi}$; $S^{ЛПЯ} : V_{K \rightarrow C, \Phi} \rightarrow I_{K \rightarrow C, \Phi}$. Задачей этих преобразований является обеспечение точного совмещения объектов карты, расположенных во фрагменте с их образами на снимке в системе координат окна снимка. Оператор в интерактивном режиме редактирует линейно-контурное представление объектов карты $V_{K \rightarrow C, \Phi}$ по изменениям, выявленным в результате сопоставления изображений объектов карт $I_{K \rightarrow C, \Phi}$ и их образов на фрагменте снимка $I_{C, \Phi}$, и формирует массив изменений карты. Далее координаты точек отредактированных объектов карты $V_{K \rightarrow C, \Phi}$ последовательно пересчитываются в систему координат объектов карты $V_{K \rightarrow C}$ локальным преобразованием $S^{ЛПЯ} : V_{K \rightarrow C, \Phi} \rightarrow V_{K \rightarrow C}$ обратным преобразованием $S^{ЛПЯ} : V_{K \rightarrow C} \rightarrow V_{K \rightarrow C, \Phi}$, а затем глобальным пространственным преобразованием $H^{ГПЯ} : V_{K \rightarrow C} \rightarrow V_K$ в систему координат окна карты, обратным преобразованием $H^{ГПЯ} : V_K \rightarrow V_{K \rightarrow C}$. Полученные линейно-контурные представления объектов вместе с операциями, определенными для них в массиве изменений, участвуют в обновлении соответствующих объектов карт.

Список литературы

1. Зайцев, В. Ввод и обновление данных ГИС с помощью Stereo Analyst / В. Зайцев, С. Севидова // ARCREVIEW. – 1999. – № 4. – С. 12–13.
2. Абламейко, С. В. Комбинированный метод оперативной координатной привязки аэрокосмических снимков и цифровых моделей карт / С. В. Абламейко, С. П. Боричев, А. Н. Крючков // Анализ цифровых изображений / Объединенный ин-т проблем информатики НАН Беларуси. – Минск, 2002. – Вып. 1. – С. 122–130.
3. Крючков, А. Н. Технология обновления цифровых карт по аэрокосмическим снимкам / А. Н. Крючков, С. П. Боричев, Н. Н. Скриган // Цифровая обработка изображений / Ин-т техн. кибернетики НАН Беларуси. – Минск, 1997. – Вып. 1. – С. 48–58.
4. Крючков, А. Н. Методы трансформирования аэрокосмических снимков / А. Н. Крючков, С. П. Боричев // Цифровая обработка изображений / Ин-т техн. кибернетики НАН Беларуси. – Минск, 1999. – Вып. 3. – С. 202–218.

А. А. Волчек, Ю. А. Кузавко, Д. А. Костюк, Ан. А. Волчек

Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси, Брест

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РЕЧНОГО СТОКА

Защита территорий от наводнений является одной из важнейших задач в области водного хозяйства, так как причиняют не только огромный экономический ущерб, но и создают социально-психологическую напряженность. Особенно опасны половодья и паводки на реке Припять, которые перерастают в наводнения. В борьбе со стихией очень важным момен-

том является прогнозирование величины и скорости развития процесса, которое позволит принять упреждающие меры.

Целью выполняемых нами работ является определение параметров руслового потока воды ультразвуковыми фазо-частотными методами, разработка и создание прибора, регистрирующего эти параметры – автономного гидрологического устройства (АГУ); построение математической модели прогноза наводнения в бассейне Припяти и ее программная реализация.

Одним из методов, частично решающим указанную проблему, является создание единой информационной сети (ЕИС) по наблюдению и прогнозированию наводнений, обрабатывающего поток данных с сети АГУ измерения скорости течения реки и ее глубины, располагаемых в различных точках русловой сети. Непрерывное отслеживание скорости течения и глубины главной реки и ее притоков от истоков к устьям с одновременной радиотрансляционной передачей текущей информации в ЕИС на высокопроизводительный компьютер с заложенной в него оцифрованной картой рельефа и профилей поймы реки на электронных носителях позволит, используя математические модели движения речных и грунтовых вод, заблаговременно с некоторым упреждением рассчитывать степень затопления территории. Данный прогноз по мере поступления информации будет корректироваться и представляться в виде карты местности с предполагаемыми границами затопления за расчетный промежуток времени.

Первая из предлагаемых задач заключается в разработке эффективного АГУ, определяющего в конкретных точках реки скорость ее течения и глубину с помощью мобильного устройства в виде SMS-сообщений, дистанционно передаваемых через сеть сотовой связи на GSM-модем ЕИС. Покрытие сетью сотовой связи указанных территорий практически полностью решено оператором Velcom. В покрытии оператора MTS присутствуют мертвые зоны, но со временем, отведенным на разработку проекта, следует ожидать их устранения либо существенного сокращения. Второй задачей является сбор информации в ЕИС, ее преобразование в цифровые коды, воспринимаемые компьютером. Для этого на вычислительном сервере, накапливающем поступающую по каналам сотовой связи информацию, с упреждением на несколько суток рассчитывается степень затопления поймы реки на основе математических моделей движения водных потоков и грунтовых вод с использованием оцифрованных 3D-карт прибрежной местности. Программное обеспечение реализовано с применением обучающих алгоритмов по статистическим данным многолетних гидрологических измерений. Данный прогноз будет максимально приближен к реальному с указанием времени и месторасположения затапливаемых территорий, что позволит оперативно провести противопаводковые мероприятия. Результаты прогнозного расчета затопления территории отображаются

на широкоформатном дисплее и могут быть использованы для оперативно-го проведения противопаводковых мероприятий.

Система АГУ представляет собой по форме легко обтекаемый водным потоком поплавок, вносящий минимальные изменения в скорость течения реки и располагаемый в точке средней скорости течения русла реки. Измерителями скорости течения реки являются два ультразвуковых пьезокерамических преобразователя (УЗП), линия расположения которых для достижения максимальной чувствительности составляет 45° с направлением водного потока, а расстояние между ними – не более 15 см. Скорость течения водного потока фиксируется по доплеровскому сдвигу частоты принятого сигнала относительно излучаемого. Точность измерения скорости составляет 2 см/с. Система АГУ содержит также измеритель колебаний уровня воды, представляющий собой УЗП, являющийся одновременно как и излучателем перпендикулярно к поверхностям воды и дна узконаправленных акустических импульсов, так и их приемником. Глубина уровня воды определяется по временной задержке между излученным сигналом и отраженным от дна водоема принятым сигналом. Основные погрешности в определении глубины устраняются многократным дублированием измерений, исключением заведомо ложных данных, а также введением соответствующих поправок. Точность измерения колебаний уровня воды составит 2 см. Измерительные преобразователи запитываются через генератор возбуждения от аккумуляторных батарей с определенной скважностью, задаваемой реле времени, использование которого как в измерительном, так особенно в передающем каналах АГУ позволяет существенно экономить электроэнергию, что в результате обеспечивает автономное длительное функционирование прибора. Сигналы с измерительных преобразователей поступают на усилители, и далее по их переднему фронту формируются стробирующие метки, по которым процессор формирует требуемые для радиопередачи цифровые коды на устройство мобильной связи. Преимущество предлагаемого АГУ перед известными и используемыми на практике устройствами заключается в непрерывной беспроводной передаче данных в ЕИС, автономном питании, программировании временных интервалов опроса датчиков, в формировании оперативной обновленной базы данных.

Разрабатываемая ЕИС является сложной современной системой, включающей в себя GSM-модем. Принятая информация через АЦП-анализатор в виде цифровых кодов воспринимается компьютером, который на основании оцифрованной карты рельефа и профиля поймы реки с помощью математических моделей движения воды в реке может дать границы затопления пойменных территорий. При таком методе прогнозирования существует обратная связь, позволяющая уточнять параметры затопления.

Для территории, площадью 2500 км², равноценной территории Пинского района, массив картографических данных составит 1 Гбайт. Так как рельеф бассейна реки Припяти меняется весьма медленно, то возможно сжатие информационного массива в сотни раз. Указанное обстоятельство позволит примерно во столько же раз сократить время расчета прогнозных вариантов затопления поймы и свести их до нескольких минут. Прогнозные карты затопления поймы или их фрагменты отображаются в цвете на экране дисплея.

Предлагаемая разработка легко тиражируема и представляет интерес для практики ведения эффективного землепользования в районах, подверженным наводнениям.

Э. А. Высоцкий, В. Н. Губин

Белорусский государственный университет, Минск

СТРУКТУРНЫЕ КРИТЕРИИ ПОИСКОВ ГОРЮЧИХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ ПО ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИМ И ДИСТАНЦИОННЫМ ДАННЫМ

На территории Республики Беларусь горючие полезные ископаемые представлены нефтью, бурым углем, горючими сланцами и торфом. Среди них основное экономическое значение имеет нефть. В настоящее время выявлено 72 месторождения нефти. Все они расположены в Припятском прогибе. Особенностью размещения большинства нефтяных месторождений является приуроченность их к системам приразломных блоков и надразломных поднятий [1]. По мнению специалистов РУП «Белгеология» (Я. Г. Грибик, И. А. Слободянюк) и РУП «Белоруснефть» (В. Н. Бескопыйный, В. Д. Порошин и др.) в Припятском прогибе в настоящее время остается неразведанными 50 % прогнозных ресурсов нефти, в том числе в Северном нефтегазоносном районе – 42,7 % и в Центральном нефтеперспективном районе – 99,6 %.

Углепроявления в Беларуси связаны с континентальными отложениями неогена, палеогена, средней юры и карбона. Территориально они приурочены в основном к двум крупным отрицательным структурам – Припятскому прогибу и Подляско-Брестской впадине, а также выявлены в пределах Полесской, Жлобинской и Брагинско-Лоевской седловин и на южных склонах Белорусской антеклизы. По горно-геологическим условиям, степени разведанности, качеству углей и величине запасов наиболее перспективны для освоения залежи бурого угля неогенового возраста в западной части Гомельской области. Здесь разведаны три месторождения: Житковичское, Бриневское и Тонежское.

В пределах Беларуси большое внимание уделяется геолого-разведочным работам и выявлению новых промышленных залежей нефти

в Припятском прогибе, оценке перспектив нефтегазоносности Подляско-Брестской и Оршанской впадин. На основе интерпретации материалов дистанционных съемок (МДС) и геолого-физических данных устанавливаются системы дизъюнктивных дислокаций платформенного чехла — от трещин до глубинных разломов, которые создают блоковый характер строения нефтегазоносных регионов и влияют на формирование высокопродуктивных трещинных коллекторов. Дешифрирование МДС разных уровней оптической генерализации (региональный, локальный, детальный) позволяет выяснить иерархическую совокупность разломных структур, выделить межблоковые зоны и оценить их активность на новейшем этапе геологической истории.

Системы разломов являются одним из основных элементов структуры нефтегазоносных бассейнов, обнаруживаемых по комплексу дистанционных и геолого-геофизических данных. Анализ МДС при нефтепоисковых работах в условиях Припятского прогиба позволяет уточнить пространственное распределение разломов разного порядка, выделить блоковые структуры в девонских подсолевых и межсолевых нефтеносных комплексах, различающиеся по амплитуде и направлению позднеолигоцен-антропогеновых движений, а также наметить зоны повышенной трещиноватости платформенного чехла, с которыми связано улучшение коллекторских свойств продуктивных горизонтов.

В ходе аэрокосмогеологических исследований установлено, что известные месторождения нефти (Речицкое, Осташковичское, Вишанское и др.) приурочены к умеренно активной Северной неотектонической зоне, ограниченной Северо-Припятским и Гродненско-Мозырским суперрегиональными линеаментами. В структурном отношении эта зона охватывает Речицко-Шатилковскую и Червонослободско-Малодушинскую тектонические ступени, где выявлена основная промышленная нефтеносность. Суммарные амплитуды позднеолигоцен-антропогеновых движений составляют здесь 60–90 м. Такой размах деформаций почти вдвое ниже по сравнению с Внутренним грабеном палеорифта, где поиски нефти пока не увенчались существенными успехами. По-видимому, умеренная активность неотектонических процессов способствует оптимальной тектонической делимости платформенного чехла и как следствие — концентрации нефти и газа при наличии региональных флюидоупоров. Интенсивные новейшие деформации изменяют физико-механические свойства пород чехла, что приводит к расформированию залежей углеводородов. В пределах Северной неотектонической зоны Припятского прогиба локальные структуры подсолевого и межсолевого нефтеносных комплексов отражаются в новейшем структурном плане и на МДС.

Региональными аэрокосмогеологическими исследованиями установлены новейшие тектонические структуры, представляющие интерес для

целенаправленного поиска угольных залежей [2]. На западном склоне Полесской седловины оконтуривается узел Балтийско-Украинского суперрегионального линеамента субмеридианального простираения с Березовской кольцевой структурой высокого порядка. В рельефе кровли донеогеновой поверхности этой территории соответствуют замкнутые понижения с амплитудами 20 м и более, связанные с развитием карстовых воронок, а также фрагмент древней долины сходной амплитуды. Рассматриваемый структурный узел приурочен к площади распространения верхнеолигоцен-миоценовых отложений, где в местах сочленения линеаментов отмечаются углепроявления. В зоне широтного Припятского суперрегионального линеамента системы эшелонированных локальных разрывных нарушений контролируют Житковичскую, Бриневскую и Погост-Хвоенскую угольные залежи, в пределах которых расположены Пасековская и другие мелкие кольцевые структуры. В узле пересечения Припятского разлома с Лунинецкой кольцевой структурой среднего диаметра по данным бурения установлена серия изометричных в плане понижений донеогенового рельефа с амплитудой 20–40 м. В рассматриваемой зоне неотектонические движения носили малоамплитудный положительный характер, что привело к накоплению маломощных осадков верхнего олигоцена и миоцена с редкими углепроявлениями.

Дальнейшее совершенствование аэрокосмических методов при прогнозировании месторождений горючих полезных ископаемых связано с внедрением новых материалов дистанционного зондирования с высоким пространственным разрешением, полученных как в оптическом диапазоне, так и в невидимой области электромагнитного спектра: инфракрасной (ИК), радиоволновой (РЛ) и др. Установленные на спутниковых системах ИК-радиометры и газоанализаторы способствуют прямому выявлению углеводородов. Возможность распознавания залежей обусловлена тем, что в связи с окислением углеводородов, мигрирующих из скоплений нефти и газа в вышележащие пласты, где наблюдается свободный обмен и аэрация, происходит выделение тепла. Аномалии теплового потока обнаруживаются над продуктивными структурами и в зонах активных разломов, служащих путями миграции флюидов из залежи. Новые виды МДС, в частности РЛ-изображения, будут способствовать проведению структурного анализа в связи с прогнозированием залежей бурых углей.

Список литературы

1. Синичка, А. М. Горючие полезные ископаемые Беларуси / А. М. Синичка, Л. М. Ланкуть // Геология, поиски и освоение месторождений полезных ископаемых Беларуси / редкол.: А. М. Синичка [и др.]. – Минск, 2005. – С. 187–190.
2. Губин, В. Н. Региональный структурный анализ по данным дешифрирования космических снимков в связи с прогнозом угленосности юго-запада Белоруссии / В. Н. Губин, Е. А. Никитин, Л. М. Палер // Белоруссия: проблемы региональной геологии / редкол.: Е. А. Никитин [и др.]. – Минск, 1986. – С. 132–141.

КАРТОГРАФИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

В последнее время крупномасштабные универсальные и оценочные карты растительности занимают важное место в системе управления особо охраняемых природных территорий (ООПТ). В 2005 г. в ходе выполнения плановых работ отдела геоботаники и картографии растительности для заказников местного значения («Мицкевичи», «Голубые озера», «Березы (Мартишкии)» (Сморгонский район), «Сержанты» (Островецкий район) составлены серии электронных крупномасштабных универсальных и оценочных карт растительности в программе ESRI ArcView 3.3. В исследованиях главный объект характеристики – лесной биогеоценоз, границы которого условно совпадают с границами таксационного выдела. Базовой основой являлась карта актуальной растительности. При ее составлении использовалась традиционная доминантная классификация растительности и структурно-динамические принципы построения легенды. База данных, связанная с картой, содержит поконтурные характеристики, отражающие экологическое состояние растительности. На основе карты растительности и сопряженной с ней базы данных создавались следующие прикладные карты (М 1:25 000).

1. Карта факторов антропогенного воздействия на растительность показывает действие (одного-двух) наиболее значимых факторов на каждый выдел растительности: сенокосение и выпас, зарастание бывших угодий и рубок, сплошные и выборочные рубки, верховые и низовые пожары, осушительная мелиорация, подтопление, рекреационная нагрузка, строительство и т. д.

2. Карта современного состояния растительности – отражает степень нарушенности растительного покрова в результате действия антропогенных факторов. Выделены 5 градаций: ненарушенная (растительное сообщество без следов природных катастроф или хозяйственного воздействия); слабонарушенная (местообитание практически не затронуто воздействием, растительность близкая к коренной); средненарушенная (местообитание затронуто несущественно, но состав и структура, естественный ход формирования растительного сообщества существенно отличаются от естественного состояния); сильнонарушенная (вторичная растительность с полным изменением состава и структуры сообществ); полностью уничтоженная естественная растительность.

3. Карта особо ценных растительных сообществ и природных объектов. При составлении карты выделены следующие категории: природ-

ные эталоны и наименее измененные хозяйством антропогенно-природные леса; биогеоценозы редко встречающихся типов леса; хозяйственные естественные и искусственно созданные леса местных лесообразователей высокой продуктивности и целевого соответствия; лесосеменные участки плюс насаждения деревьями ценных видов и форм; фитоценозы на болотах, вокруг озер и минеральных источников, у истоков рек; местообитания охотничьей фауны; мемориальные леса и комплексы; участки лесного мониторинга; сообщества с наличием редких и охраняемых видов и т. д.

4. Карта экологических функций растительности показывает средообразующий и ландшафтно-защитный потенциал растительности исследуемых заказников.

5. Карта ресурсного потенциала растительности отображает растительные ресурсы (пищевые, лекарственное и техническое сырье) лесных земель заказников.

Важнейшей частью созданной серии являются карты, характеризующие хозяйственную и природоохранную деятельность землепользователя ООПТ.

6. Карта запланированных лесохозяйственных и природоохранных мероприятий составлена на основе проекта лесоустройства и Положения о заказнике.

7. Карта фактически выполненных лесохозяйственных и природоохранных мероприятий характеризует организационно-экономические условия, действующие на территории ООПТ.

8. Карта нарушений лесохозяйственной и природоохранной деятельности составлена на основе данных повыведельного натурного обследования, в ходе которых фиксировались сведения о нарушениях лесохозяйственной деятельности (высокая интенсивность рубок ухода, выбор лучших здоровых деревьев, брошенная древесина на лесосеках, погибшие культуры, перевод погибших культур в лесопокрытую площадь, неудовлетворительная очистка лесосек, рубка средневозрастных и приспевающих насаждений и т. д.) и о фактах деятельности, запрещенной Положением о заказнике (рекреация, браконьерство, выпас скота, мелиоративные работы, строительство и т. д.)

9. Карта экологического потенциала растительности является интегральной и отображает весь комплекс характеристик растительности: наличие редких и охраняемых видов и сообществ, степень сохранности растительного покрова, динамическое состояние, значимость выполняемых экологических функций. Эта карта служит основой для составления рекомендательных карт хозяйственного использования и охраны ценных объектов на территории ООПТ.

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИЙ, ПОДВЕРЖЕННЫХ ТЕХНОГЕННОМУ ЗАГРЯЗНЕНИЮ

Интенсивность загрязнения окружающей среды химическими веществами техногенной природы, как правило, носит локальный характер. Для оценки экологической опасности такого загрязнения необходима разработка принципов и методов экологического картографирования территорий, подверженных загрязнению.

Целью настоящей работы является индикация уровней загрязнения территорий техногенными аэрозольными выбросами с использованием природных тест-объектов. В качестве района исследования выбрана территория в радиусе 25 км от центра г. Могилева. Оценка уровней загрязнения территории производили по содержанию в биоиндикаторах элементов группы тяжелых металлов (ТМ): Cd, Pb, Zn, Cr, Co, Ni, Cu, V. Принято считать, что ТМ являются наилучшим индикатором для диагностики техногенного загрязнения окружающей среды [1]. Исследования проводили по следующей схеме:

1. Выбор объектов, которые могут служить достоверными индикаторами. На основании вариационного анализа и анализа достоверности различия концентраций ТМ в образцах из ближней зоны (0,1–3 км от эпицентра выбросов) и дальней зоны (10–25 км) тестового полигона установили мониторинговое значение, или индикацию, элемента для используемых тест-объектов (табл. 1).

Т а б л и ц а 1. Достоверность различия средних данных между двумя местообитаниями

Объект исследований	t ₀₅	Фактическое значение t-критерия (t _{факт})							
		Cd	Pb	Zn	Cu	Cr	Co	Ni	V
<i>Pinus sylvestris</i> (хвоя)	2.23	2.61	3.34	2.84	2.11	1.56	4.26	3.51	2.31
<i>Pinus sylvestris</i> L. (кора)	2.23	–	2.14	1.65	2.41	1.35	2.58	2.60	3.11
<i>Picea abies</i> (хвоя)	2.12	3.00	2.19	2.53	2.56	0.84	1.24	3.44	1.56
<i>Picea abies</i> (кора)	2.12	1.12	1.89	2.17	1.34	1.36	1.45	1.50	1.41
<i>Russula</i> sp.	2.10	–	4.50	1.15	1.21	2.79	3.45	2.23	1.31
Зеленые мхи	2.07	2.64	2.70	2.26	2.44	2.51	2.19	2.20	2.01
<i>Hypogymnia physodes</i>	2.01	4.54	4.25	4.25	3.92	4.45	2.80	1.77	2.37
Лесная подстилка (A0L)	2.07	2.36	2.26	2.42	3.45	3.50	1.71	2.52	2.84

2. Определение базовых уровней концентрации в тест-объектах. Рекомендуются различать понятия «фоновый» (background) и «базовый» (baseline) уровни концентрации элемента [1]. Фон подразумевает пред-

ставление о естественной или природной концентрации, которая в идеале исключает влияние человека. Базовый уровень концентрации элемента представляет собой совокупность рассеянных примесей в данном районе, для которых нет возможности разделить отдельные источники загрязнения [1]. Предложен ряд способов его вычисления. В наших исследованиях мы использовали методику расчета, разработанную в Институте экспериментальной метеорологии Госкомгидромета СССР [2]. Расчетные данные о базовых концентрациях металлов в некоторых природных тест-объектах представлены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2. Базовые концентрации (валовое содержание) ТМ в некоторых биоиндикаторах, мг/кг воздушно-сухой массы (для условий Беларуси, фрагмент)

Объект исследований	Элемент							
	Cd	Pb	Zn	Cu	Cr	Co	Ni	V
<i>Pinus sylvestris</i> (хвоя)	0.03	1.0	20	3	0.4	0.2	0.4	0.2
<i>Pinus sylvestris</i> L. (кора)	0.09	2.5	15	5	0.5	0.5	0.9	0.5
<i>Picea abies</i> (хвоя)	0.04	2.0	30	5	0.5	0.3	0.5	0.4
<i>Picea abies</i> (кора)	0.10	1.5	20	5	0.5	0.5	1.0	0.6
<i>Russula</i> sp.	0.05	2.0	30	15	0.5	0.2	1.0	0.1
Зеленые мхи	0.15	3.5	30	5	2	0.5	1.5	2.0
<i>Hypogymnia physodes</i>	0.15	7.0	25	4.5	2	0.3	0.8	1.5
Лесная подстилка (A0L)	0.25	10.0	25	8	2.5	0.9	3.5	2.0

3. Создание системы оценочных шкал содержания загрязняющих веществ. Данные о базовых концентрациях использованы при разработке оценочных шкал содержания загрязняющих веществ (табл. 3). Следует отметить, что на сегодняшнем этапе исследований представленные данные следует рассматривать как сугубо ориентировочные.

Т а б л и ц а 3. Шкала валового содержания тяжелых металлов в зеленых мхах (проект), мг/кг воздушно-сухого материала

Элемент	Градация, уровень содержания				
	I	II	III	IV	V
	Местный фон	Низкий	Умеренный	Высокий	Очень высокий
Cd	≤0.15	0.15–0.3	0.30–0.75	0.75–1.5	>1.5
Pb	≤3.5	3.5–7	7–17.5	17.5–35	>35
Zn	≤30	30–60	60–150	150–300	>300
Cu	≤5	5–10	10–25	25–50	>50
Cr	≤2	2–4	4–10	10–20	>20
Co	≤0.5	0.5–1	1–2.5	2.5–5	>5
Ni	≤1.5	1.5–3	3–7.5	7.5–15	>15
V	≤2	2–4	4–10	10–20	>20
Mn	≤300	300–600	600–1500	1500–3000	>3000

Для интегральной оценки загрязнения биоиндикатора ТМ рассчитаны суммарные показатели загрязнения (ZC) по следующей формуле [2]:

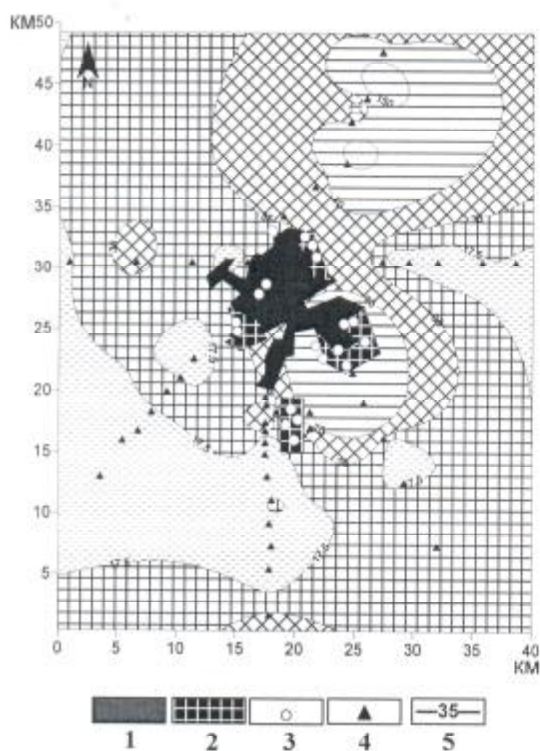
$$Z_c = \sum_{i=1}^n K_c - (n-1) \quad (1)$$

где n – число учитываемых аномальных элементов, K_c – коэффициент их концентрации, рассчитанный по отношению к фону.

Определение уровней загрязнения по значениям суммарного показателя ZC проводилось в соответствии с существующими нормативами [2]. Нижним порогом аномальности принята концентрация элементов, превышающая выбранный фоновый эталон в 1,5 раза; эта величина выбрана исходя из точности эмиссионного спектрального анализа [2].

4. Выбор метода интерполяции применительно к исходным данным. В наших исследованиях в качестве метода пространственной интерполяции мы использовали «крикинг», который обеспечил хороший компромисс между скоростью вычисления и качеством интерполяции. Интерполяционные расчеты проводились с применением стандартного программного пакета SURFER 8.0, который позволяет по опытным точкам рассчитывать концентрации в узлах регулярной сетки желаемой густоты.

5. Отображение пространственного распределения поллютантов относительно источников загрязнения. Установлено, что наиболее интенсивно техногенные эмиссии рассеиваются вблизи промышленного предприятия (в радиусе до 1–2 км). По направлениям преобладающих ветров протяженность области интенсивного загрязнения может достигать 3–7 км от эпицентра выбросов. Значительно меньше поллютантов выпадает в дальней зоне (10–25 км). Наиболее загрязненные участки расположены в южном и северо-восточном секторах тестового полигона (рис. 1, 2). Происхождение первой аномалии связано с размещением у южной окраины г. Могилева крупных источников промышленных выбросов, формирование северо-восточного очага связано с ветровым переносом загрязняющих веществ.

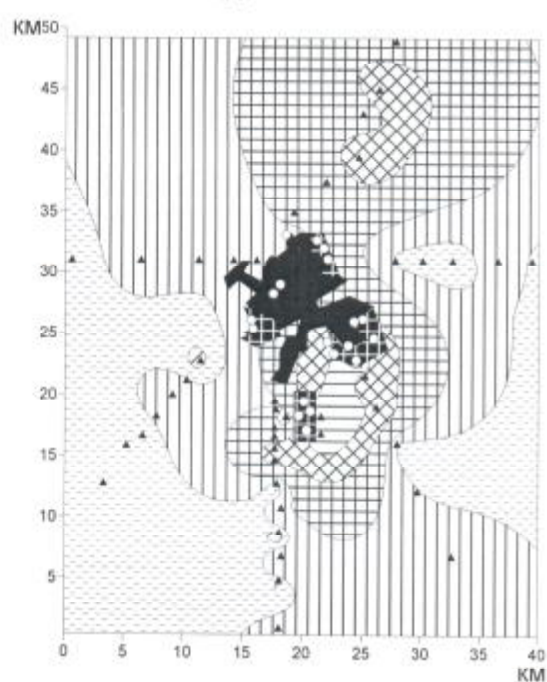


1 – городская застройка;
2 – промышленная зона;
3 – источник выбросов;
4 – точка отбора проб;
5 – концентрация металла,
мг/кг воздушно-сухого материала

Зона (см. табл. 3):

I
II
III
IV
V

Рис. 1. Карта-схема распределения свинца в зеленых мхах в 25-км зоне вокруг г. Могилева



Ассоциации элементов с $K_c > 1,5$ в контуре аномалии

$Ni_{34,5}-V_{25,9}-Pb_{24,1}-Cd_{12,3}-Co_{12,2}-Zn_{9,5}-Cu_{5,7}$
($Z_c=118,2$)
 $Pb_{30,7}-Ni_{16,8}-Zn_{13,7}-V_{12,6}-Cd_{11,9}-Co_{9,2}-Cu_{7,8}-Cr_{6,7}$ ($Z_c=102,4$)
 $Pb_{61,2}-(Cu, Cr)_{7,1}-Cd_{6,9}-Zn_{4,6}-Co_{3,3}-(Ni-Mn)_{2,4}-V_{1,8}$ ($Z_c=88,8$)
 $Pb_{11,3}-Ni_{8,4}-(Cd, Co, V)_{6,3}-Cr_{5,6}-Zn_{4,8}-Cu_{4,5}-Mn_{1,9}$ ($Z_c=47,4$)
 $Pb_{6,6}-Cd_{5,1}-Cr_{4,2}-Cu_{2,8}-Ni_{2,7}-Co_{1,9}-V_{1,8}$ ($Z_c=19,1$)
 $Cd_{4,1}-Pb_{3,5}-(Cu, Cr)_{2,7}-Mn_{2,2}-Ni_{2,1}-V_{1,8}-Zn_{1,6}$ ($Z_c=13,7$)
 $Cd_{3,3}-Cu_{2,9}-Zn_{2,8}-Co_{1,9}-Ni_{1,6}$ ($Z_c=8,5$)
 $Pb_{2,3}-Cd_{2,0}-Cr_{1,8}$ ($Z_c=4,1$)

Остальные условные обозначения см. на рис. 1

Рис. 2. Интегральная оценка загрязнения ТМ зеленых мхов в 25-км зоне вокруг г. Могилева

Список литературы

1. Бязров, Л. Г. Лишайники в экологическом мониторинге / Л. Г. Бязров. – М., 2002. – 336 с.
2. Методические рекомендации по проведению полевых и лабораторных исследований почв и растений при контроле загрязнения окружающей среды металлами / под ред. Н. Г. Зырина, С. Г. Малахова. – М., 1981. – 108 с.

СТРУКТУРА КАРЬЕРНЫХ ГЕОСИСТЕМ ПО ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

В Минской области находится 23 месторождения строительных песков и 43 гравийно-песчаных отложений. Промышленная освоенность основных объектов следующая: разрабатывается 5 месторождений песков и 19 гравийно-песчаных пород, резервные базы соответственно 2 и 8 [1]. Большая часть месторождений песков и гравийно-песчаных пород: Векшичи (Минский р-н), Веснянка (Логойский р-н), Высокое (Смолевичский р-н), Кутнево (Солигорский р-н) и др. тяготеют к краевым ледниковым комплексам (конечно-моренные гряды и холмы) и флювиогляциальным образованиям (конусы выноса, камовые террасы, озовые гряды). Важное значение в минерально-сырьевой базе Минской области занимают месторождения глин, однако объектов промышленных категорий здесь меньше, чем в других областях Беларуси, и насчитывается всего 21. Среди наиболее крупных месторождений разрабатываются Гайдуковка (Минский р-н), Мороськи-2 (Молодечненский р-н), Мархлевщина (Крупский р-н) и Глухой Ток-2 (Березинский р-н). Месторождения представляют собой озерно-ледниковые глинистые отложения. При этом широко развиты ленточные глины, встречающиеся на Нарочано-Вилейской низине, Центрально-Березинской равнине, среди конечно-моренных образований Минской возвышенности.

Эксплуатация месторождений минерального строительного сырья производится открытым способом, включающим проведение вскрышных горных работ и карьерную выемку полезных ископаемых. Открытые разработки месторождений характеризуются наиболее обширными нарушениями геосистем, оказывают негативное воздействие также на прилегающую территорию. Выработанное пространство литогенной основы геосистем характеризуется площадью карьеров, их глубиной, устойчивостью бортов, физико-химическими свойствами горных пород и гидрогеологическими особенностями. Подобные параметры свойственны отвалам вскрышных пород.

В результате разработки месторождений строительных материалов формируется особый тип природно-антропогенных комплексов – карьерные геосистемы. С теоретических позиций В. А. Прокопени [2], А. А. Хомич [3] и др., карьерная геосистема состоит из горной выемки полезного ископаемого (пески, гравийно-песчаные породы, глины), внешних отвалов вскрышных пород и прилегающей территории, испытывающей влияние открытой горной выработки.

При добыче песков и гравийно-песчаных пород формируются карьерные выемки в виде мультимедийных форм рельефа, характеризующихся размерами в поперечнике от нескольких десятков метров до 600–700 м и

глубиной 2–40 м. Карьеры имеют бугристое днище и крутые борта, осложненные экзогенными процессами (осыпи, оползни, эрозионные рытвины и овраги). Карьерные выемки глинистых пород отличаются меньшей глубиной (от 2–5 до 10 м) и невысокими (2–5 м) гребневидными отвалами вскрышных пород. При неглубоком залегании грунтовых вод (1–5 м от поверхности) в днищах карьеров развиваются процессы заболачивания, а также формируются карьерные водоемы. Немаловажную роль в образовании подобных водоемов играют поверхностные воды и атмосферные осадки.

Анализ результатов дешифрирования материалов дистанционных съемок (МДС) и наземных ландшафтно-индикационных исследований позволил выявить пространственно-временные особенности карьерных геосистем. Важную роль в динамике подобных комплексов играют экзодинамические процессы, вызванные открытыми горными работами. В пределах разрабатываемых месторождений на вскрышных уступах и склонах карьеров отмечаются оползни, осыпи и эрозионные рытвины (овраги). В выработанных карьерах, не подвергшихся рекультивации, развиваются процессы вторичного заболачивания и образуются водоемы.

Оползни и осыпи являются ярким свидетельством развития экзогенных процессов в карьерных геосистемах. Подобные явления вызваны прежде всего гравитационным фактором. На разрабатываемых месторождениях отмечается движение горных пород в пределах крутых стенок карьеров. Перемещение материала тормозится силами сцепления между частицами горных пород. Силы сцепления (F) пропорциональны массе частицы (m) и синусу угла наклона поверхности (α) данного участка склона. $F = mg \cdot \sin \alpha$, где g – ускорение свободного падения. Если силы сцепления ослабевают и становятся меньше силы тяжести, возникает движение обломков горных пород по уклону склона карьерной выработки. Обычно скольжение происходит по поверхности глинистого или какого-нибудь другого водоупорного слоя. Наиболее подвержены оползням склоны, сложенные чередующимися водоупорными глинистыми, водопроницаемыми и водоносными слоями.

Другим важнейшим фактором образования оползней является смачивание поверхности скольжения атмосферными осадками и грунтовыми водами. При этом горные породы склонов карьеров увеличиваются в весе, ослабевают их физико-механические свойства, уменьшается сила трения, что вызывает смещение пород. Движение горных масс вниз по склону облегчается гидродинамическим давлением грунтовых вод, текущих обычно в направлении перемещения оползня.

В карьере на западной окраине Минска, на склоне горной выработки, встречен оползень шириной около 6 м и длиной 8 м. Подобная деформация сложена моренным суглинком с включениями гальки и отдельных валунов кристаллических пород диаметром до 0,3 м. В верхней части разреза при-

знаки обрушения выражаются в виде систем трещин, по которым происходят относительные перемещения отдельных частей горных масс. Далее по склону оползень имеет плитчато-блоковую структуру. Размеры блоков в поперечнике колеблются от нескольких десятков сантиметров до 1–2 метров.

На ряде участков описываемого карьера, а также в пределах других горных выработок, например у д. Ржавец Минского района, помимо блоковых оползней фиксируются оползни-потоки. В данном случае глинистые отложения, теряя монолитность при намокании и смещении, превращаются в бесформенную массу, стекающую вниз по склону в виде языка. На откосах карьеров, сложенных моренными суглинками, отмечаются оползни-потоки длиной до 20–30 м.

В песчаных и гравийно-песчаных карьерах наблюдаются оползни-осыпи, на динамику которых влияют крутизна стенок разрабатываемого карьера и физико-механический состав горных пород. Угол откоса песчаной осыпи составляет 30–35°, песчано-гравийной – 35–40° и гравийно-галечной – 40° и более. В нижней части склона угол поверхности конуса осыпи уменьшается. С течением времени (при прекращении эксплуатации карьера) осыпные явления затухают, осыпи выхолаживаются, уплотняются и задерновываются. Оползни и осыпи обнаруживаются на МДС масштабов 1:2 500 – 1:1000 и крупнее.

Процессы заболачивания и формирования карьерных водоемов вызваны добычей минерального строительного сырья в четвертичных отложениях при неглубоком (3–5 м) залегании грунтовых вод. На основе проведенных полевых работ и анализа опубликованных материалов [4] выделен ландшафтно-генетический ряд процесса ландшафтообразования в заброшенных песчаных карьерах. Он представлен рядом стадий, которые характеризуются совокупностью следующих признаков: крутизной стенок карьеров, их структурой, степенью задернованности, степенью покрытия обводненного дна карьера растительностью.

Первая стадия – исходная. Возраст карьеров до двух лет. Стенки обрывистые, крутые (более 50°), фактически лишены растительности. Эта стадия индицирует полное отсутствие почвенных образований. Карьеры заполнены водой и поэтому уверенно различаются на МДС.

Вторая стадия – возраст карьеров 5–7 лет. Крутизна стенок составляет 30–50°, задернованность – до 30 %. Здесь поселяются растения, произрастающие на окружающей территории – мятлики, полевицы, тысячелистник и др. Водная поверхность на 30–50 % закрыта произрастающим здесь розгом широколистным, частухой, ситниками. Пески на склонах со следами ожелезнения, а ближе к урезу воды в них наблюдаются гнезда оглеения, рассеянные на глубине 0,2–0,4 м. Эта стадия индицирует начальные этапы почвообразования, в котором уже выражены элементы заболачивания.

Третья стадия – возраст карьеров до 10 лет – характеризуется крутизной склонов до 10–20°, задернованностью до 50 %. Влаголюбивые растения выходят на пологие склоны. До 70 % водного зеркала под зарослями рогоза, частухи, ситника. Появляются хвощи, осоки. В прибрежной части образуется сплошной оглеенный горизонт в песке на глубине 0,2–0,4 м. Все это свидетельствует об активно идущем процессе заболачивания, который заметен на крупномасштабных МДС.

Четвертая стадия (возраст карьеров до 15 лет) отличается крутизной склонов 5–20°, задернованностью до 80 %. Открытая водная поверхность наблюдается в центре водоема и составляет 7–20 %. Остальная площадь занята зарослями рогоза, ситника расходящегося, болотницей, осокой, ивами. Мощность оглееного горизонта достигает здесь 0,5 м. На поверхности образуется оторфованный горизонт мощностью до 0,1–0,2 м. Отмечен ореол болотообразования. Эта стадия индицирует начальные этапы торфообразования.

Таким образом, эволюция карьерных геосистем направлена в сторону развития процесса болотообразования и превращения карьеров в заболоченные отрицательные мезоформы техногенного рельефа. Проявление природно-антропогенных процессов в карьерах хорошо выделяются на МДС крупного масштаба, на которых удастся отдешифровать растительные группировки по четкости границ, определить степень сформированности ландшафтно-генетического ряда.

Список литературы

1. Полезные ископаемые Беларуси / ред. П. З. Хомич, С. П. Гудак, А. М. Синичка [и др.]. – Минск, 2002. – 528 с.
2. Прокопеня, В. А. Географическое обоснование рекультивации нарушенных земель Белоруссии: дис. ...канд. геогр. наук: 11.00.01 / В. А. Прокопеня. – Минск, 1981. – 200 с.
3. Хомич, С. А. Геоэкологические аспекты водохозяйственной рекультивации нарушенных земель Беларуси / С. А. Хомич. – Минск, 2001. – 124 с.
4. Островская, Л. М. Применение индикации при охране водоемов, сформировавшихся в песчаных карьерах (Белоруссия) / Л. М. Островская // Ландшафтная индикация для рационального использования природных ресурсов: тез. докл. Всес. науч. совещ., Москва, 25–27 ноября 1986 г. – М., 1986. – С. 198–200.

Г. Джалилова, У. Таджиев, Х. Намазов

Ташкентский государственный аграрный университет

КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ЭРОДИРОВАННЫХ ПОЧВ НА ОСНОВЕ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ

Под эрозией обычно понимается процесс разрушения почв под воздействием воды и ветра. Изучение и картографирование почвенно-

эрозионных процессов в горных и высокогорных условиях представляют большой научный и практический интерес.

Из общей площади Республики Узбекистан 44,884 млн. га горы и предгорья (вместе со скальной поверхностью) занимают площадь 13,429 млн. га, что составляет 29,9 % всей территории. Условия проявления эрозионных процессов в горных районах изменяется по высотным зонам в соответствии с изменением рельефа, климата, почвенного и растительного покрова, хозяйственного использования земель. В результате эрозии происходит катастрофическое обеднение почв горных регионов, смывается верхняя, наиболее плодородная часть почвы.

Одним из основных условий рационального использования земельных ресурсов в Республике является установление закономерностей ареалов, выявление и изображение на тематических картах распространения различных видов эрозии почв, разработка основных принципов повышения плодородия эродированных земель.

Наличие сильно расчлененных горных сооружений Памиро-Алая и Тянь-Шаня, часто интенсивное выпадение на горных склонах хребтов атмосферных осадков и в то же время присутствие пустынных и полупустынных ландшафтов на равнинах и межгорных впадинах способствуют формированию и широкому распространению эродированных и дефлированных земель. На развитие эрозионных процессов влияет также наличие выходов коренных пород, скальных образований, осыпей, обнажений, оползней, каменистых и песчаных участков, лишенных растительного покрова.

Изучение и анализ космических и аэрофотоснимков и сравнение их с традиционными почвенно-эрозионными картографическими материалами показало, например, что космические снимки (КС) обладают более высокой информативностью. Контурные (выделы) эродированных почв на них распознаются в зависимости от изменения фототона, текстуры и структуры изображения, а также их сочетания, следует подчеркнуть при этом наличие их тесной корреляционной связи с отражательной способностью почвенного покрова [1].

Применение КС при изучении и картографировании эродированных и дефлированных почв горной территории и сопоставление результатов их дешифрирования с традиционными почвенно-эрозионными материалами дало возможность объективно разработать способы показа на почвенно-эрозионной карте юга Центральной Азии плоскостную, ирригационную, овражную и ветровую эрозию с разделением их по грациям смыва, размыва и дефляции. Кроме того, анализ фотоизображения показал, что КС являются хорошей топоосновой для составления дополнительных карт плотности, густоты, площади оврагов и др.

При составлении карты эродированных почв мы распознавали на разных космических снимках проявление эрозионных процессов по дешифровочным косвенным и прямым почвенным признакам. По нашему мнению, при эрозионном дешифрировании почв нецелесообразно руководствоваться каким-нибудь одним признаком. Например, если взять за дешифровочный признак только фототон, то в зоне распространения сероземов при дешифрировании КС обнаруживаются темные, небольших размеров «размазанные» контуры. На основании фототона эти контуры следовало бы относить к несмытым почвам. Но когда мы привлекали косвенные и прямые признаки фотоизображений вместе, тогда в поясе сероземов, помимо небольших участков несмытых почв, выявлялись выходы плотных коренных пород темного тона. Поэтому правильный анализ дешифровочных признаков можно получить только на основе детального изучения основных фотоэталонов почв, выбранных на КС [2]. На них выделяется несколько видов эрозионных процессов с характерными для них контурами, различающихся также степенью проявления эрозии. Например, на склонах горных хребтов Чаткал, Бабатаг, Гиссар, Зарафшан, Туркестан и др. на КС четко выделяются сероземы и горные коричневые почвы, приуроченные к пролювиальным и делювиальным отложениям. Эти почвы объективно и уверенно разделяются между собой по тону, рисунку, структуре изображения, что дает возможность выделить участки со слабо-, средне- и сильно-эродированными почвами.

Эродированные почвы, распространенные в поясе горных коричневых почв, выделяются контурами серого и темно-серого тонов. При этом сильноэродированные почвы на КС имеют серовато-серый тон изображения. Иногда среди контуров эродированных почв отчетливо видны многочисленные промоины в виде очень мелких белых узких полос, что указывает на распространение здесь овражной эрозии.

Исходя из приведенной выше информации, можно сделать следующие выводы:

Анализ содержания почвенно-эрозионной карты, составленной на КС, и сопоставление ее с традиционными почвенно-эрозионными материалами свидетельствует о том, что на КС с большой точностью и достоверностью выделяются слабо-, средне- и сильноэродированные и те же дефлированные почвы.

Изображение эродированных почв на КС обусловлено различной степенью развития на их поверхности растительных сообществ, содержанием гумуса, влаги, легкорастворимых солей, карбонатов, зависящие от приуроченности почв к определенным условиям мезо- и микрорельефа.

Географо-генетические свойства и экологические особенности эродированных и дефлированных почв на КС обозначаются различными оттен-

ками фототона, структурой, текстурой изображения, что дает возможность объективно их выделять и оконтуривать.

Составленная на КС почвенно-эрозионная карта позволяет не только уточнить ареалы эродированных и дефлированных почв горных территорий, она также является необходимым картографическим документом для правильного учета динамики почв в целях рационального их использования и охраны.

Список литературы

1. *Таджиев, У.* Использование материалов космической фотосъемки при изучении и картографировании почв / У. Таджиев, А. Ишмуратова, В. Мазко // Использование материалов космических фотосъемок для комплексного изучения и картографирования природных ресурсов СССР: межведомств. темат. сб. науч. тр. / ЦННИГАиК. – М., 1988.

2. *Намазов, Х.* Картографирование почв на основе использования материалов космических снимков / Х. Намазов, У. Таджиев. – Ташкент, 2003.

С. М. Зайко, Л. Ф. Вашкевич, С. С. Бачила, А. В. Рудь

Белорусский государственный университет, Минск

К ВОПРОСУ СОВМЕЩЕНИЯ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ И НАЗЕМНЫХ МОНИТОРИНГОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ОСУШЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ И ПОЧВ

Экологический мониторинг однозначно определяется в настоящее время специалистами разного профиля как информационная система наблюдений, исследований состояния природных и природно-антропогенных систем, направленности их изменений и устойчивого функционирования с обязательным прогнозным моделированием и составлением геоинформационных систем.

Почвенно-ландшафтный мониторинг включает следующие задачи: 1) пространственно-временное изучение на местном и региональном уровнях наиболее информационных показателей состояния экологически неустойчивых ландшафтов и почв; 2) установление направленности их изменения, эволюции, деградации и опустынивания; 3) составление оптимизационных моделей их функционирования и использования; 4) изучение новых антропогенных ландшафтов и почв, в результате трансформации осушенных болот, их экологической роли и продуктивности; 5) составление географической информационной системы осушенных ландшафтов.

Мониторинговые исследования и наблюдения являются научной основой природопользования и охраны окружающей среды. Такие исследования в первую очередь должны проводиться в ландшафтах сильно подверженным антропогенным воздействиям, характеризующимися негатив-

ными изменениями. Широкомасштабные осушительные мелиорации, проведенные в заболоченных ландшафтах Беларуси, по силе и глубине воздействия гораздо превосходят земледельческое освоение и использование не заболоченных ландшафтов. Изменение гидрологического режима осушенных территорий, понижение уровня грунтовых вод (УГВ) ведет к изменению факторов ландшафто- и почвообразования, что вызывает направленное их изменение.

Осушенные ландшафты с измененным водным режимом экологически неустойчивы и наиболее подвержены изменениям и трансформации. Это вызвало настоятельную необходимость первоочередного проведения мониторинговых наблюдений и исследований почв ландшафтов осушенных территорий.

Объектами мониторинга были определены наиболее подверженные деградации осушенные ландшафты и почвы. Исследования проводились географическим факультетом Белгосуниверситета с 1971 г. на всей территории республики на 30 стационарных площадках (полигонах) и 20 почвенно-геоморфологических профилях (трансектах). Площадки закладывались на основных природно-территориальных комплексах на уровне ландшафтных урочищ. Прокладывались для мониторинга стационарные почвенно-геоморфологические профили с инструментальной съемкой и с фиксацией почвенного покрова и УГВ. Сочетание исследований на площадках и почвенно-геоморфологических профилях позволяет исследовать большое разнообразие природных комплексов.

Стационарные мониторинговые исследования проводились на мелиоративных объектах различной давности освоения и сельскохозяйственного использования (от одного года до 40–60 лет при исходных исследованиях) с различными приемами мелиорации (сеть каналов, сочетание открытых каналов с гончарным дренажем, польдерное осушение и др.). Исследовались почвы различного генезиса и их мелиоративного состояния – от дерново-подзолистых заболоченных до торфяных различной мощности (немелиорированных, мелиорированных, в зоне влияния мелиорации), незаболоченных почв водораздельных территорий. Изучались и антропогенные минеральные почвы, образовавшиеся на месте сработанных торфяных. Они являются важным показателем изменения, деградации осушенных болотных торфяных комплексов и образования на их месте новых антропогенных ландшафтов.

На строго привязанных на местности стационарах проводились в тех же точках исходные и повторные исследования морфологии почв и СПП, а также сработка торфа по изменению его мощности и запасов и в модельных опытах. Изучалось изменение естественной растительности и агроценозы. Исследования с применением многолетних нивелировочных съемок позволило выявить резкие изменения микро- и мезорельефа.

Состояние осушенных ландшафтов и почв, их деградации и трансформации оценивались по интегральным показателям: территориальной структуре ландшафта, структуре почвенного покрова, содержанию органического вещества, водного режима, средневзвешенного балла плодородия почвенного покрова. На основании мониторинговых исследований составлены модели эволюции трех групп осушенных природных комплексов: I – с минеральными почвами; II – сочетание минеральных и торфяных почв; III – торфяных комплексов. Разработана методика определения устойчивости и степени деградации осушенных природных комплексов по комплексу информативных показателей (критериев) на уровне ландшафтных урочищ как важнейшей единицы ландшафта для изучения и практического использования.

На основании установленных закономерностей эволюции и деградации осушенных торфяных почв и образования на их месте антропогенных минеральных постторфяных почв выделены два этапа: 1) деградация осушенных торфяных почв (1–5 стадий); 2) деградация антропогенных постторфяных почв (4 стадии). Установлено более 10 показателей (критериев), характеризующих степень изменения осушенных природных комплексов.

Назрела необходимость разработки и внедрения методики дистанционного мониторинга осушенных ландшафтов и почв. Целесообразность этого мероприятия связана с необходимостью слежения за динамикой почвенного покрова с торфяными почвами, находящимися на разных стадиях деградации, связанные с уменьшением содержания органического вещества и большой трудоемкостью их мониторинга и картографирования с использованием наземных методов.

С появлением новых технических средств, позволяющих получить качественные аэрокосмические снимки, имеется возможность изучать такие сложные объекты, как осушенные ландшафты и почвы. Это позволяет проводить мониторинговые наблюдения за возрастающим влиянием человека на природную среду и почвенный покров и определять их негативные последствия, а также осуществлять регулярный и оперативный контроль за состоянием природной среды.

Многолетние мониторинговые исследования осушенных ландшафтов и почв позволили накопить разнообразный фактический информационный материал по большому числу показателей: составлены серии карт, модели пространственно-временного изменения ландшафтов и почв, а также прогностические модели эволюции. Указанные материалы могут быть использованы для дешифрирования и машинной обработки космоснимков признаков по некоторым показателям.

Анализ космоснимков почв на двух эталонных участках показывает в сопоставлении с наземными исследованиями хорошее совпадение контуров по степени заболоченности. Однако не все многочисленные кон-

туры, выделенные на снимках, дешифрируются. Считаем необходимым использовать результаты мониторинговых исследований наземных стационаров для увеличения разрешающей способности дешифрирования космоснимков.

А. К. Карабанов

Институт геохимии и геофизики НАН Беларуси, Минск

ОСНОВНЫЕ ФОРМЫ ПРОЯВЛЕНИЯ РАЗЛОМОВ В СТРУКТУРЕ НОВЕЙШИХ ОТЛОЖЕНИЙ И РЕЛЬЕФЕ ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ

Геологические данные свидетельствуют о значительном влиянии разломно-блоковой тектоники на формирование структуры новейших отложений и современный рельеф. Одним из наиболее ранних по времени проявления (поздний олигоцен – средний миоцен) признаков такого влияния является приуроченность погребенных карстовых форм (по мелу и соляным породам), выполненных преимущественно отложениями позднеолигоцен-среднемиоценовой буроугольной формации, к активизированным фрагментам крупных платформенных и доплатформенных разломов. Новейшая активизация таких разломов повышала трещиноватость карстующихся пород, определяла характер гидрологического режима и, следовательно, в значительной мере контролировала процессы выщелачивания. Примерами такого парагенеза является большинство углепроявлений и месторождений бурых углей позднеолигоцен-среднемиоценового возраста (Красная Слобода, Тонеж, Бринев и др.), приуроченных к погребенным карстовым формам.

Вторым интервалом новейшего времени, с которым связан целый массив данных об активизации разрывных нарушений и их влиянии на седименто- и морфогенез, является вторая половина плейстоцена (время образования отложений ледниковой формации). Связь сформировавшихся в среднем и позднем плейстоцене гляциодислокаций, конечных морен (напорных и насыпных), других краевых ледниковых образований с активизированными разломами (Ошмянским, Налибокским, Северо-Припятским и др.) показана в работах З. А. Горелика, Э. А. Левкова, А. В. Матвеева и др. Такая связь проявляется в отношении Ельско-Буйновичских, Солигорско-Любанских краевых образований; Ошмянской, Новогрудской, Слонимской, Копыльской, Мозырской и других возвышенностей [1–3].

В последние годы получено много новых данных, свидетельствующих о проникновении разрывных нарушений в толщу четвертичных отложений и молодом (не древнее среднего плейстоцена) возрасте многих локальных неотектонических структур. Признаками дифференцированных движений по активным разломам являются нарушения первоначального залегания

отложений, выраженные в форме уступов, флексур, разрывов слоев, резкое изменение мощности и состава аккумуляций на разных крыльях активного разлома, локализация над таким разломом конечно-моренных, озовых и других гряд, совпадающих с ним по простиранию, расположение непосредственно над разломом крупных гляциодислокаций и эрозионных (ледниковых ложбин и речных долин) врезов (рис.1).

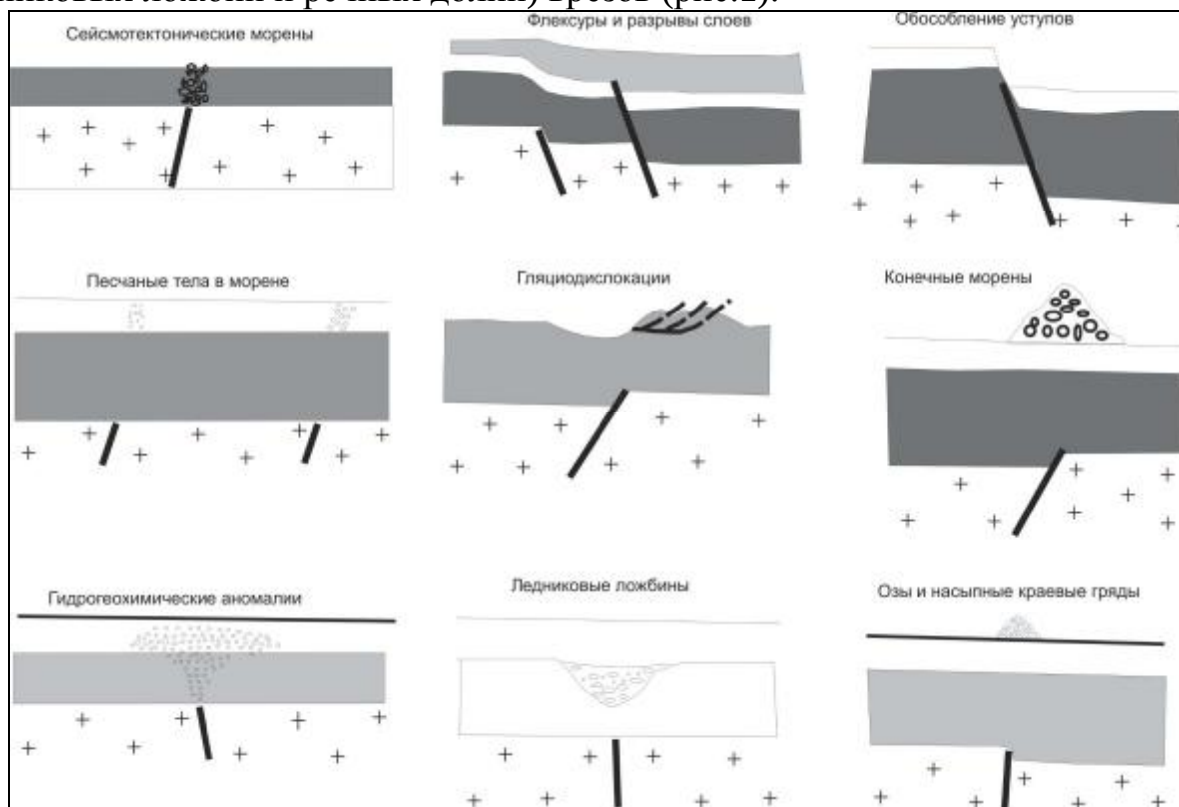


Рис. 1. Основные формы проявления активных разломов

Многочисленные примеры проявления активных разрывных нарушений дало изучение детальных геологических профилей, построенных по данным выполнения крупномасштабных геолого-съёмочных, геолого-разведочных, инженерно-геологических и других работ. Чаще всего по геолого-геоморфологическим материалам достаточно уверенно идентифицируются новейшие структуры локального уровня, сформировавшиеся (либо формирующиеся до настоящего времени) в результате относительного смещения блоков, ограниченных активными разломами. Сопоставление выявленных по данным бурения характерных деформаций в структуре толщи новейших отложений (флексурообразных перегибов слоев, складок) со структурными элементами (пликативными и разрывными) допоздне-олигоценовых образований платформенного чехла и фундамента в ряде случаев позволяет сделать заключение о преимущественно тектонической природе таких деформаций и образованных в результате дифференцированных движений по проникающим в новейшие отложения разломам

структурных форм. Самые молодые по времени проявления подвижки по разломам нередко выражены в современном рельефе, более ранние распознаются только по структуре погребенных слоев.

Морфологически активные разломы лучше всего выражаются уступами, разделяющими расположенные на разном гипсометрическом уровне ступени. Такие ступени прослеживаются как по подошве и мощности опорных горизонтов, так и в современном рельефе. Относительная высота таких уступов составляет 10–15 м, а иногда достигает 35–40 м и более. Учитывая возраст формирующих рельеф отложений, можно предположить, что некоторые из рассматриваемых тектонических уступов сформировались в самом конце позднего плейстоцена и продолжают развиваться до настоящего времени. Такие уступы на значительных отрезках образуют борта котловины Полоцкого приледникового озера, долины Западной Двины и др. Позднеплейстоценовая активизация движений по разломам на севере региона была в значительной степени обусловлена гляциоизостатическим фактором.

Кроме приведенных примеров форм рельефа, имеющих собственно тектоническое происхождение, многие специалисты отмечают косвенное (опосредованное) влияние активных нарушений на морфогенез. Одной из таких особенностей проявления активных разрывных нарушений является их связь с эоловыми образованиями, которая обнаруживается в районах распространения легко перевеваемых песчаных отложений (Белорусское Полесье, Верхне- и Средненеманская, Полоцкая низины). Предпосылкой локализации эоловых гряд над разломами, по которым осуществлялись малоамплитудные подвижки, является изменение гидрологического режима (осушение) на поднимающихся крыльях таких нарушений. В геологической литературе приводятся многочисленные факты тектонического контроля распространения и даже особенностей морфологии эоловых образований (Северо-Припятский, Южно-Припятский, Сколодинский, Червонослободский и др. разломы) [2].

Среди разнообразных форм рельефа ледникового происхождения с активными разломами более всего связаны линейно вытянутые эрозионные врезы (ледниковые ложбины, долинные зандры) либо озовые и озоподобные гряды, возникшие в крупных трещинах в теле ледника.

Детальный анализ соотношений разломов и планового рисунка сети ледниковых ложбин на территории Беларуси выполнен академиком А. В. Матвеевым, которым сделан вывод о том, что большая часть таких врезов (основное время формирования – первая половина среднего плейстоцена) располагается над крупными разрывными нарушениями фундамента [2], [3].

Сопоставление расположения систем озовых гряд, сформировавшихся на территории Белорусского Поозерья в интервале 17–14 тыс. лет назад с простиранием глубинных разломов, установленных в фундаменте, по гео-

лого-геофизическим данным (Чашникского, Бешенковичского, Глубокского и др.) показало, что некоторые из наиболее протяженных гряд или группы из нескольких продолжающих друг друга коротких озов сидят над разломами, которые ранее считались доплатформенными (не проникающими в платформенный чехол). Примером такого соотношения разрывных нарушений в фундаменте и тектоноледниковых форм рельефа является система озовых и озоподобных гряд и сопряженных с ними ложбин, образующих вытянутую на несколько десятков км полосу «ориентированного» рельефа шириной от 0,2 до 1,0 км под общим названием Жеринский линеамент [4]. Этот линеамент отчетливее всего выражен на отрезке длиной не менее 60 км между устьем р. Улла и оз. Черейское. К северу линеамент фрагментами прослеживается сквозь флювиогляциальные и лимногляциальные отложения еще как минимум на такое же расстояние. Линеамент хорошо дешифрируется на разномасштабных космо- и аэроснимках и может быть эталоном, который следует использовать при совершенствовании методики выявления активных разломов по дистанционным данным.

Список литературы

1. Левков, Э. А. Гляциотектоника / Э. А. Левков. – Минск, 1980. – 280 с.
2. Матвеев, А. В. История формирования рельефа Белоруссии / А. В. Матвеев. – Минск, 1990. – 144 с.
3. Матвеев, А. В. Линеаменты территории Беларуси / А. В. Матвеев, Л. А. Нечипоренко. – Минск, 2001. – 124 с.
4. Левков, Э. А. О позднеплейстоценовой активизации разломов в Белорусском Поозерье / Э. А. Левков, А. К. Карабанов // Докл. АН Б. – 1994. – Т. 38, № 5. – С. 92–96.

*Ю. П. Качков *, О. Ю. Панасюк ***

*Белорусский государственный университет, **Белорусский государственный педагогический университет им. М. Танка, Минск

О МЕТОДИЧЕСКИХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЯХ ПРИРОДНО-СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО РАЙОНИРОВАНИЯ С ПОМОЩЬЮ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

Районирование является одной из центральных теоретических и практических задач географической науки. Оно входит как существенный элемент во многие исследования, посвященные изучению и оценке природных условий в целях рационального размещения территориальных систем природопользования. Из всех видов современного природопользования сельское хозяйство наиболее тесным образом связано и предопределяется особенностями природной среды. Последняя в Беларуси характеризуется выраженным ландшафтным разнообразием, неоднородностью почвенного покрова, сложностью геоморфологических и гидрологических условий. Природно-сельскохозяйственное районирование призвано раскрыть зако-

номерности распределения природных факторов сельскохозяйственного производства, их взаимодействие и проявление в определенных территориальных выделах (провинциях, округах, районах и т. д.), особенности использования земель в пределах этих выделов.

Решение проблемы природно-сельскохозяйственного районирования тесно связано, с одной стороны, с изучением и анализом материалов отраслевых и комплексных районирований и установления среди них ведущих (лежащие в основе их выделения природные факторы определяют производственный потенциал природно-территориальных единиц), с другой – с разработкой приемов и способов выявления и обоснования выделения природных образований и их границ. Решение последней задачи достаточно эффективно осуществляется с помощью методов дистанционного зондирования.

Естественные рубежи в республике носят различный характер, лучше разделяются природные районы, обладающие контрастными физико-географическими условиями. Но зачастую границы выделить однозначно нельзя, они носят неясный, расплывчатый вид, что, безусловно, влияет на точность выделения границ при традиционных методах районирования. Это касается, например, почвенно-географического районирования, являющегося, по сути, базовым при проведении природно-сельскохозяйственного районирования. Действительно, почвенно-географическое районирование, как самое документированное и обоснованное, дополненное различной информацией об особенностях экологических условий территориальных единиц, наиболее полно соответствует современным требованиям природопользования разного направления и особенно сельскохозяйственного производства.

Принятая в Беларуси классификационная схема почвенно-географического районирования, разработанная еще в 70-х годах прошлого века и оставшаяся неизменной до нынешнего времени, далеко не исчерпывает существующего большого разнообразия почвенного покрова, его сильно выраженной неоднородности на большей части территории, находящей объективное отражение на аэрокосмических материалах. Например, весьма информативным дешифровочным признаком в этом отношении является рисунок фотоизображения. Так, округло-пятнистый рисунок почвенного покрова характеризует распространение холмисто-котловинного моренного рельефа последнего оледенения, древовидно-округло-пятнистый отличает уже ландшафты, сформированные в более раннюю эпоху оледенения, полосчато-линзовидный образуется в условиях пойменного режима, кольцевой рисунок характерен для обширных заторфованных котловин, линейно вытянутые формы почвенного покрова типичны для грядово-ложбинного рельефа. Эти рисунки создаются благодаря рас-

пространению тех или иных почвообразующих пород, приуроченных, в свою очередь, к определенным типам и формам рельефа.

Фотоизображение различных компонентов ландшафта позволяет определить особенности их территориальных образований и их границы, фиксируемые в разных масштабах. Так, на космических снимках масштаба мельче 1:1 000 000 границы могут определять биоклиматические факторы, которые в этом случае служат критериями выделения природно-сельскохозяйственных подразделений наиболее высокого таксономического ранга – поясов, зон и применительно к республике – провинции. Выделенные Северная, Центральная и Южная провинции своими очертаниями во многом совпадают с границами издавна сложившихся историко-географических понятий – Белорусское Поозерье, Центральная Беларусь, Белорусское Полесье.

Снимки масштаба 1:1 000 000 отражают характер фотоизображения распространения геолого-геоморфологических компонентов (состав геологических пород, геоморфологическое устройство территории), формирующие во многом природно-сельскохозяйственные округа (Полоцкий, Витебский, Гродненский, Минский, Могилевский, Брестский, Пинский, Мозырский, Гомельский).

На снимках масштаба 1:500 000 фотоизображение детализируется теми же компонентами, частично характером почвенно-растительного покрова, позволяющие, в свою очередь, детализировать, уточнять границы округов.

На космических снимках масштаба 1:200 000 и крупнее фотоизображение определяется почвенно-геоморфологическими факторами, со значительным влиянием растительности, поэтому появляется возможность выявить и очертить природно-сельскохозяйственные районы (таких на территории республики выделено 73).

На снимках масштаба 1:17 000, 1:10 000 фотоизображение осложняется элементами мезо- и микрорельефа, свойствами почв и растительных сообществ, что позволяет выявить и отобразить реальный почвенный покров, его компоненты, структуру, обеспечивая тем самым составление наиболее точных крупномасштабных почвенных карт. В свою очередь, последние, например, служат надежной и объективной основой для проведения типологии земель, то есть категорий, объединяющих всю совокупность природных факторов, определяющих производительную способность земель, в единую форму. Ареалы распространения тех или иных типов земель являются, по сути, содержанием природно-сельскохозяйственных районов, подрайонов и микрорайонов.

Таким образом, построенная на основе использования аэрофотоматериалов более крупных масштабов технологическая схема (реальный почвенный покров, тип земель, природно-сельскохозяйственный подрайон,

микрорайон) позволяет проводить природно-сельскохозяйственное районирование на более низком таксономическом уровне.

Очерчивание границ природно-территориальных подразделений может облегчить определение состояния посевов сельскохозяйственных культур, кормовых угодий на аэрофотоматериалах, полученных в сроки с конкретными погодными условиями. Так, засушливый период может по-разному влиять на состояние трав и посевов сельскохозяйственных культур на суглинистых и песчаных почвах. Хорошо дешифрируемая на аэроснимках степень сельскохозяйственного освоения территории, соотношение земельных угодий также могут служить косвенными характеристиками природных условий района. Ярким примером последнего являются два контрастно различающиеся масштабами сельскохозяйственного освоения природно-сельскохозяйственные районы – Россонско-Городокский и Слуцко-Несвижский. В регионах, подвергшихся широкомасштабной гидротехнической мелиорации (Полесье), наличие открытой осушительной сети, четко дешифрируемой на аэрофотоснимках, является хорошим ориентиром при обособлении тех природно-сельскохозяйственных территориальных подразделений, почвенный покров которых и, следовательно, их агропроизводственный потенциал мог претерпевать и часто претерпевает при интенсивном характере сельскохозяйственного использования радикальную трансформацию. В этом случае вследствие деградации почвенного покрова появляется новый для этих регионов дополнительный дешифровочный признак – округло-пятнистый рисунок.

В целом задача природно-сельскохозяйственного районирования – выявление однотипных территорий, характеризующихся относительно однородными природными условиями на основе анализа фотоизображения, – может решаться в два этапа.

На первом этапе на основе анализа мелкомасштабных снимков и фотопланов, где находят более наглядное изображение ведущие факторы, формирующие физиономический облик района и собственно его фотоизображение, выделяются районы, различающиеся набором крупных физико-географических элементов, составом и соотношением земельных угодий, к которым привязывается район. В выделенных районах намечаются ключевые участки для более детальных работ, охватывающие в каждом районе разнообразный рисунок и текстуру снимка и составляющие около 20–25 % общей площади.

Районирование отражает пространственную дифференциацию природных условий, при этом границы выделенных таксонов являются границами возможной экстраполяции дешифровочных признаков и установленных взаимосвязей различных ландшафтных компонентов. В дальнейшем на основании камеральной (а в отдельных случаях и полевых работ) обработки ключевых участков, в частности их почвенных карт

более крупного масштаба, маршрутных наблюдений, детального и сопряженного изучения всех карт и литературных источников, проводится дешифрирование, результаты которых распространяются на весь изучаемый район.

На втором этапе производится уточнение границ выделенных таксономических подразделений на первом этапе, детализация, анализ и обобщение всех собранных материалов, составляются подробные характеристики каждого таксона.

Опыт дешифрирования различных материалов аэрокосмических съемок в различных условиях показал, что по фотоизображению хорошо распознаются объекты, различающиеся контрастными режимами, природа которых может быть различна. Это характерно как при выделении ландшафтов и природно-сельскохозяйственных подразделений, так и при последующей детализации их содержания. Уже одно это обстоятельство предопределяет целесообразность и необходимость проведения исследований природно-сельскохозяйственного районирования на основе дистанционных методов.

А. А. Ковалев, З. А. Ничипорович, А. В. Гончаров

ГНУ Республиканский научно-технический центр дистанционной диагностики природной среды «ЭКОМИР» НАН Беларуси и Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, Минск

СОЗДАНИЕ БАЗЫ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ ТОРФЯНО-БОЛОТНЫХ КОМПЛЕКСОВ БЕЛАРУСИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ИХ ИНВЕНТАРИЗАЦИИ

Традиционные методы учета и контроля мелиорированных территорий, базирующихся на наземном обследовании, не позволяют достаточно точно и оперативно решать задачи оценки их современного состояния, динамики и трансформации. Наиболее остро эта проблема стоит для торфяно-болотных комплексов (ТБК) Беларуси, которые характеризуются высокой степенью антропогенной освоенности и, как следствие, почти повсеместной деградацией торфяных месторождений на разных уровнях ее проявления.

В связи с этим инвентаризация ТБК в целом, а также выработанных торфяных месторождений и их направлений использования является важнейшей задачей рационального природопользования и охраны окружающей среды Республики Беларусь.

Как показывают многолетние исследования, задача может быть успешно реализована на базе спутниковых данных высокого пространственного разрешения и космических ГИС-технологий. В данной статье представлены результаты работ по созданию баз спутниковых и атрибу-

тивных данных калибровочно-эталонных участков на примере Гричино-Старобинского полигона, который характеризуется высокой степенью изученности и обеспечен обширным фактическим материалом различной тематической направленности.

В настоящее время на отдельных участках Гричино-Старобинского торфяного месторождения идет промышленная добыча торфа, большая часть его площади уже сработана и находится под различными видами антропогенной деятельности: лесопосадками, сельскохозяйственным использованием, искусственным затоплением. На территории полигона широко практикуется новое направление использования выработанных торфяных месторождений – повторное заболачивание.

Комплексное натурное обследование, выполняемое на полигоне, включало: выбор и обоснование калибровочно-эталонных участков, планово-координатную привязку опорных точек с помощью GPS-систем глобального позиционирования, полевое дешифрирование, оценка репрезентативности ключевых участков, оценка точности определения метрических характеристик объектов дешифрирования и степени достоверности их распознавания.

Анализ информативности спектральных каналов и пространственного разрешения спутниковых данных ТБК для решения задач их инвентаризации выполнялся на основе изображений спутника Terra Aster в трех каналах (видимый и ближний ИК, коротковолновой ИК и тепловой ИК) в 14 диапазонах с пространственным разрешением 15, 30, 90 м соответственно.

По результатам предварительной тематической интерпретации на основе программного обеспечения (ПО) ERDAS Imagine 9.0 разработана база спутниковых данных Aster в виде Catalog Imagine с набором стандартных характеристик: координаты верхнего левого, нижнего правого углов, центра снимков в системе WGS-84, размер пиксела на местности в метрах, количество пикселей в строках и столбцах и т. д.

На втором этапе разработан тематический классификатор ТБК, который включал девять классов объектов (информационных слоев): поля добычи торфа, поля под сельскохозяйственным использованием, повторное заболачивание на разных стадиях (зарастание травянистой, кустарниковой и древесной растительностью), искусственное затопление, мелиоративные каналы, дороги, населенные пункты, и был положен в основу создания базы данных космоэталонов для разработки автоматизированных методов дешифрирования спутниковых данных.

Таким образом, анализ коммерчески доступных спутниковых данных по оценке их информативности для решения задач инвентаризации ТБК Беларуси показал, что на сегодняшний день наиболее оптимальным по спектрально-информационным свойствам и стоимостным характеристикам

является использование космоснимков системы Terra Aster, полученных в видимом и ближнем ИК с разрешением не ниже 15 м.

Специализированное ПО ERDAS Imagine 9.0, используемое для обработки космоизображений ТБК, обеспечивает автоматизированное определение метрических характеристик (длин контуров, площадей), планово-координатную привязку опорных точек в системе WGS-84, а также визуализацию результатов различного тематического содержания.

М. Е. Комаровский, О. А. Комаровская

Белорусский государственный университет, Минск

ТИПИЗАЦИЯ ЛЕДНИКОВЫХ ЛОЖБИН БЕЛОРУССКОГО ПООЗЕРЬЯ ПО ГЕОЛОГО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИМ И ДИСТАНЦИОННЫМ ДАННЫМ

В области Белорусского Поозерья, перекрывавшейся последним оледенением, ледниковые ложбины с озерами являются характерным элементом ландшафта, отличаются морфологической выразительностью и генетическим разнообразием, что вызывает значительный интерес у исследователей. Однако до сих пор в большинстве работ, посвященных рельефу северной Беларуси, подробные классификации этих форм отсутствуют, что затрудняет понимание многих вопросов динамики ледников и их роли в формировании рельефа и отложений. Именно поэтому авторами были проведены специальные исследования с использованием принципа многоступенчатости [1], и обоснована новая морфогенетическая классификация ледниковых ложбин (рис. 1). При создании подобной классификации выполнялся комплексный анализ материалов геоморфологического картографирования и аэрокосмических снимков разных уровней оптической генерализации.

Полученные данные свидетельствуют о том, что ложбины, созданные активным ледником в поверхности ложа, отличаются от переуглублений, сформированных процессами, протекавшими в массивах мертвого льда. Неравномерное динамическое состояние льда обуславливает различную обстановку и процессы рельефообразования. При регрессии ледников решающее значение в формировании ложбин имели особенности циркуляции субгляциальных талых ледниковых вод. Исходя из изложенного, все разнообразие ледниковых ложбин по состоянию среды формирования можно объединить в четыре макрокомплекса. Первый из них включает отрицательные формы, связанные с активным ледником, второй – с мертвым льдом, третий и четвертый возникли соответственно в условиях стока талых ледниковых вод под гидростатическим давлением и при свободном оттоке.

Выделенные генетические макрокомплексы ложбин дифференцировались по месту предполагаемого формирования. Под активными ледниковыми языками в пределах внутренней и краевой зон образовывались ледниковые ложбины разного генезиса. Они являются отражением значительных разли-

чий характера морфогенеза на определенных участках ледникового языка. Анализ ложбин, возникновение которых связано с процессами в массивах мертвого льда, также показывает, что имеет место закономерное размещение и сочетание гляциоинъективных (подледниковых), гляциокарстовых (краевых) и созданных неравномерной аккумуляцией супрагляциальных водно-ледниковых отложений. В деградирующем ледниковом языке канализированные потоки талых вод закладывались под ледником недалеко от его края, а условия свободного оттока талых вод складывались у края ледника. Таким образом, по положению в теле ледника процессы формирования ложбин можно группировать на подледниковые, надледниковые и краевые.

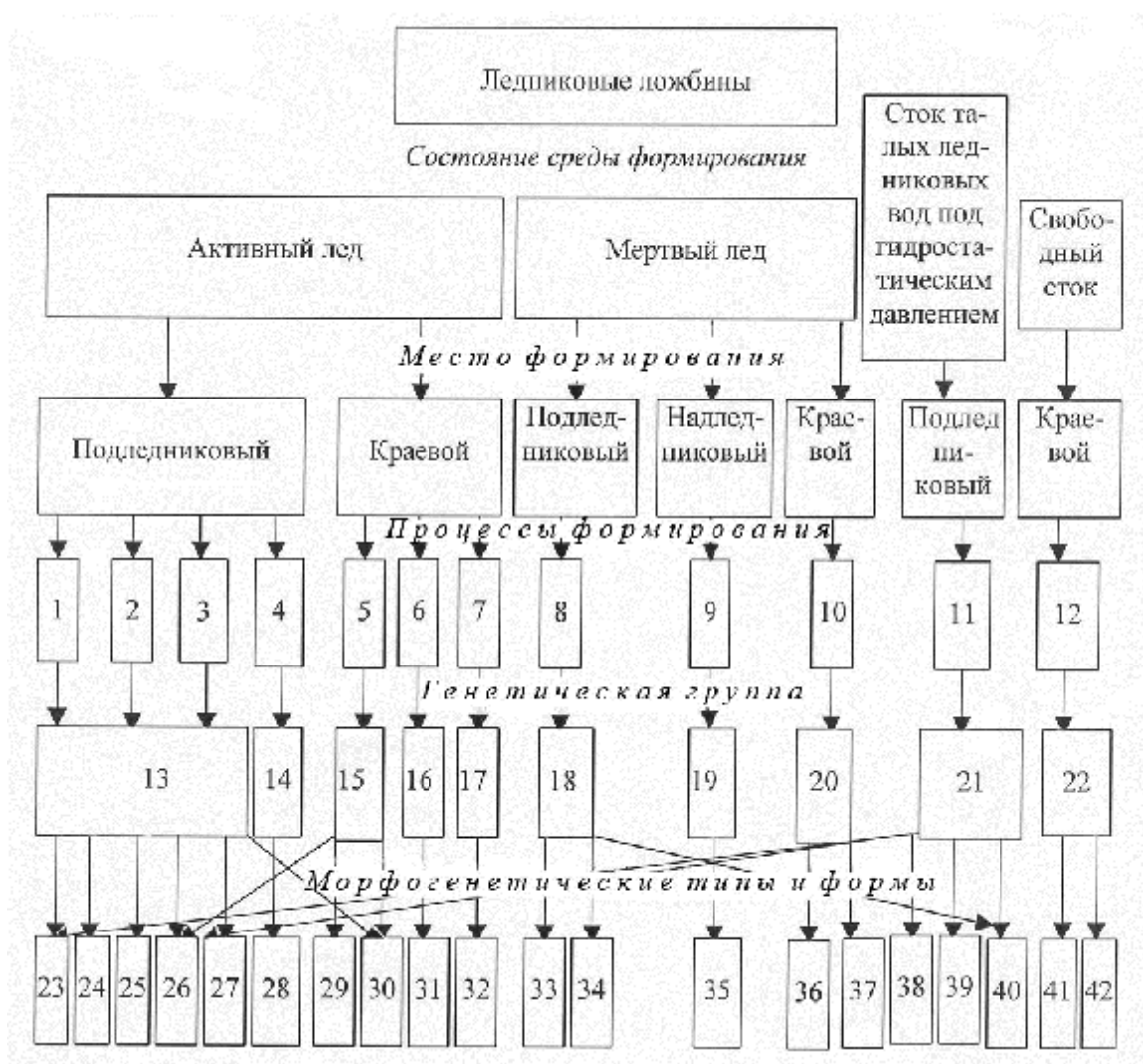


Рис. 1. Классификация ледниковых ложбин Белорусского Поозерья.

1 – линейная экскавация; 2 – избирательная экскавация; 3 – площадная экскавация; 4 – неравномерная аккумуляция основной морены; 5 – экскавация жестким напором льда, выдавливание и выжимание; 6 – радиальный разнос скиб; 7 – неравномерная ледниковая аккумуляция; 8 – пластическое выдавливание в трещины и ослабленные зоны льда; 9 – неравномерная водно-ледниковая аккумуляция; 10 – гляциокарст; 11 – туннельная эрозия и вынос осадка по каналу; 12 – эвразия; 13 – субгляциальная экскавация;

онная; 14 – субгляциальная аккумулятивная; 15 – маргинальная гляциотектоническая (протрузионная); 16 – маргинальная растяжения; 17 – маргинальная ледниковая; 18 – подледниковая гляциоинъективная (интрузионная); 19 – наледниковая аккумулятивная; 20 – краевая гляциокарстовая; 21 – субгляциальная размыва; 22 – маргинальная эвормионная; 23 – котловины экзарации и размыва, 24 – экзарационные ложбины; 25 – экзарационные котловины; 26 – ложбины экзарации и выдавливания; 27 – ложбины выдавливания и экзарации; 31 – брамы; 32 – межгрядовые ложбины; 33 – инъекционные ванны; 34 – кольцевые формы; 35 – аккумулятивно-просадочные ложбины (котловины, западины, ямы); 36 – гляциокарстовые западины (котловины); 37 – гляциокарстовые ложбины; 38 – туннельные долины; 39 – туннельные каналы; 40 – ложбины субгляциально-го размыва и выдавливания; 41 – ямчатые рытвины; 42 – ледниковые котлы и выбоины.

Для дальнейшего более подробного деления генетических комплексов ложбин учитывались виды рельефообразующих процессов, уверенно дешифрирующиеся на аэрофотоснимках. В наступающем леднике в краевой зоне происходило сочетание экскавации жестким напором льда с выдавливанием и выжиманием пород. У края многих ледников проявлялись радиальный разнос скиб, неравномерная ледниковая аккумуляция и др. В зафронтальной зоне активного ледника большое значение для возникновения ложбин имели различные виды экзарации и неравномерная аккумуляция основной морены. Совершенно иной морфологический облик врезов возникал в мертвом льду за счет гляциокарста и неравномерной водноледниковой аккумуляции. Еще одна разновидность ложбин появлялась при движении талых ледниковых вод с очень высокими скоростями под ледником, что сопровождалось проявлением туннельной эрозии и выносом осадков по каналу. И наконец, в краевой зоне могли формироваться депрессии за счет эвормии. С учетом характера перечисленных видов рельефообразующего процесса ложбины дифференцировались на десять генетических групп. В пределах каждой из десяти групп выделяются, как показано на схеме, морфогенетические типы ложбин, обязанные своим происхождением конкретному процессу. Многие ложбины созданы не одним, а несколькими процессами, т. е. являются полигенетическими, что также отражается в классификационной схеме.

К наиболее распространенным типам ложбин отнесены экзарационно-эрозионные котловины, экзарационные ложбины, котловины выпадения, ложбины экзарации и размыва, ложбины выдавливания и экзарации, ванны выдавливания, брамы, гляциокарстовые котловины, инъекционные ванны, аккумулятивно-просадочные ложбины, котловины и воронки, субгляциальные водно-эрозионные ложбины, эвормионные котлы и выбоины, ямчатые рытвины.

Список литературы

1. Асеев, А. А. Классификация ледникового рельефа покровного оледенения / А. А. Асеев, А. Н. Маккавеев // Геоморфология. – 1982. – № 4. – С. 23–29.

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРИ ПОИСКАХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ АЛМАЗОВ В БЕЛАРУСИ

Возможности использования аэрокосмических методов при поисках коренных месторождений алмазов в трубках взрыва, выполненных кимберлитами и лампроитами, определяются тектоническим контролем их формирования и распространения и приуроченностью к разломным зонам древнего заложения и длительного развития и к кольцевым структурам, которые находят выражение в рельефе и выделяются при дешифрировании аэро- и космоснимков.

Как правило, трубки взрыва приурочены к широким разломным зонам, не имеющим магистрального сместителя, и большой вертикальной амплитуды смещения, поскольку именно такие зоны обычно субвертикальны и характеризуются высокой проницаемостью земной коры. В отличие от них, рифтовые разломы с большой амплитудой смещения, примером которых могут служить краевые и ступенеобразующие региональные и субрегиональные мантийные разломы Припятского прогиба амплитудой до 3–4 км, не являются магмопроводящими. Они листрические, имеют значительный наклон плоскостей сбрасывателей, вследствие чего плоскости их сместителей закрыты и слабо проницаемы для магматических расплавов и глубинных флюидов. Поэтому в рифтовых зонах очаги вулканизма, а на плечах рифтов трубки взрыва, обычно приурочены не к рифтовым разломам большой амплитуды, а к поперечным разломам древнего заложения и длительного развития, представляющим собой широкие зоны дробления, которые оживляются в процессе рифтогенеза. Как правило, очаги вулканизма, в том числе и трубки взрыва, контролируются зонами пересечения разломов. На Сибирской платформе в Якутской алмазоносной провинции диатремы, в том числе и алмазоносные, приурочены к участкам пересечения разломов северо-восточного и северо-западного или субширотного и субмеридионального простирания. При этом здесь установлено, что формирование сети кимберлитоконтролирующих разрывных нарушений в среднем палеозое – мезозое определялось преимущественно сдвиговыми движениями по субмеридиональным и субширотным разломам фундамента. Это объясняется тем, что сдвиги характеризуются наибольшей проницаемостью земной коры. Здесь установлено, что как отдельные кимберлитовые тела, так и их кусты расположены в пределах частных структур растяжения, возникающих при формировании и активизации сдвиговых зон. Это прежде всего пулл-апарт структуры и дуплексы растяжения, образующиеся на участках сближения кулисообразных разрывов. Три этапа внедрения диатрем (нижний-средний палеозой, средний-верхний палео-

зой и мезозой) приурочены к трем этапам проявления региональных полей тектонических напряжений сдвигового типа, которые определяли кинематику смещений и формирование структурных парагенезисов разрывов в кимберлитобразующих разломных зонах: 1) СЗ сжатие – СВ растяжение; 2) СВ сжатие – СЗ растяжение; 3) субмеридиональное сжатие – субширотное растяжение [2]. В Архангельской алмазоносной области девонские алмазоносные трубки взрыва приурочены к участкам пересечения субмеридиональных разломов девонского и субширотных разломов рифейского возраста.

По данным В. А. Милашина [2], кимберлитовые поля приурочены к зонам повышенной проницаемости земной коры, которые являются зонами повышенной трещиноватости. 96 % диатрем локализуются в пределах блоков с изотропной по ориентировке трещиноватостью, при этом обнаружены они на крупных и средних и почти не известны на мелких (менее 300 км²) блоках. Остальные показатели дислоцированности, в том числе и плотность трещиноватости, не влияют на размещение кимберлитовых полей. Изотропный характер трещиноватости выявляется при дешифрировании аэрокосмоснимков.

На плечах палеорифтов диатремы контролируются поперечными разломами и нередко приурочены к участкам пересечения продольных рифтовых и поперечных зон разломов, при этом сами рифтовые разломы амагматичны. От краевых разломов палеорифтов алмазоносные диатремы обычно удалены на многие десятки, иногда первые сотни километров. Часто поля диатрем расположены в долинах рек, поскольку реки наследуют зоны тектонической трещиноватости земной коры. Так, Жлобинское поле диатрем расположено в долине Днепра, который имеет здесь субмеридиональное простирание и, по-видимому, наследует простирание древнего субрегионального разлома, который пересекает всю территорию Беларуси с юга на север и выделяется в качестве Брагинско-Витебской зоны неотектонически активных разломов. Особенно характерен рисунок речной сети в районе Рогачевского куста диатрем, где Днепр в районе впадения Друти имеет субширотное простирание и контролируется субширотным Рогачевским разломом. Как было отмечено Н. В. Веретенниковым и В. П. Корзуном, такое поведение речной сети свидетельствует о пересечении здесь системы субширотных рифтовых и субмеридиональных древних разломов, что создает зону раздробленности и высокой проницаемости земной коры, контролируемую Жлобинское поле диатрем. Здесь, судя по поведению долины Днепра, имеет место правосторонний сдвиг по субширотному разлому. Западнее поля диатрем могут контролироваться долинами рек Ола, Березина, Птичь, Оресса, Случь, также имеющими субмеридиональное и северо-западное простирание. Восточнее поля диатрем могут быть приурочены к долине реки Сож, в частности к двум участкам, где реки Ипуть и Беседь

впадают в реку Сож (Ветковский и Светиловичский участки). При общем субмеридиональном и северо-восточном простирании долин рек здесь их течение резко изменяется на субширотное, северо-западное и северо-восточное, и это может свидетельствовать о пересечении субширотных рифтовых разломов с древними разломами субмеридионального простирания, в частности с субмеридиональным суперрегиональным глубинным Одесским разломом, в систему которого входит Лоевский разлом. К северу от слияния рек Сож и Беседь выделяется Светиловичское поле предполагаемых диаатрем, где, наверное, пересекаются с субмеридиональным Одесским субширотный Суражский разлом и древний Пержанский глубинный разлом северо-восточного простирания, ограничивающие с северо-запада Брагинский гранулитовый массив, в связи с чем здесь можно предполагать участок с высокой раздробленностью и проницаемостью земной коры.

Во многих алмазоносных районах установлена приуроченность трубок взрыва к кольцевым структурам, выделяемым при дешифрировании аэрокосмоснимков. Так, в Архангельской алмазоносной области кусты трубок взрыва контролируются кольцевыми аномалиями второго порядка, при этом алмазоносные трубки взрыва тяготеют к центру кольцевой аномалии первого порядка. К периферии этой аномалии они последовательно замещаются трубками взрыва с неалмазоносными кимберлитами, а по периферии кольцевой аномалии – трубками взрыва, выполненными пикритами и иными породами, не представляющими интереса в алмазоносном отношении. Жлобинское поле диаатрем также контролируется кольцевой аномалией второго порядка.

На территории Беларуси, согласно правилу Клиффорда, наибольший интерес в алмазоносном отношении представляет архейский Витебский гранулитовый массив. В его пределах перспективные в алмазоносном отношении участки могут быть связаны с древними раннепротерозойскими зонами субдукции под архейский массив с запада со стороны Центрально-Белорусской структурной зоны, которая является шовной зоной, сформированной на месте закрывшегося палеоокеана. Эти участки могут быть связаны с районами пересечения древних субмеридиональных разломов: Чашникского, Бешенковичского, Богушевского, Витебского, Руднянского, которые ограничивают и осложняют Витебский массив [1] с субширотной зоной разломов в районе субширотного течения реки Западная Двина на участке от Бешенкович до Витебска. На территории Витебского гранулитового массива на основе дешифрирования космоснимков выделена Витебская кольцевая структура первого порядка с поперечником около 200 км [4]. В ее пределах интерес в алмазоносном отношении могут представлять более мелкие кольцевые структуры, тяготеющие к центру кольцевой структуры первого порядка и участку субширотного течения Западной Двины. Это Сенненская структура второго порядка диаметром около 60 км

и в ее пределах более мелкие Залесская и Станьковская кольцевые структуры, Лучосенская структура третьего порядка и в ее пределах более мелкие Богушевская и Ромальдовская структуры, а также Мишковичская, Кокорская, Быковская, Савченковская, Костелевская, Воронянская и другие кольцевые структуры четвертого порядка. В этом районе в междуречьи Западной Двины и Днепра и прилегающих районах необходимо провести детальное дешифрирование аэро- и космоснимков с выделением кольцевых аномалий второго и третьего порядка. Среди них наиболее перспективными и первоочередными следует считать те, в пределах которых пересекаются линейные аномалии, особенно если по ним намечаются сдвиги, а характер трещиноватости изотропный. В пределах таких кольцевых аномалий в первую очередь следует провести детальную магнитную съемку, а выявленные кольцевые магнитные аномалии заверить бурением с отбором керна и изучением минералогического состава базальных горизонтов как возможных промежуточных коллекторов с целью выявления спутников алмазов.

Этот район находится на пересечении выделенных на основе дешифрирования обзорных космических материалов трансплитного Лапландско-Нильского линеамента субмеридионального простирания и трансконтинентального Испано-Таймырского линеамента северо-восточного простирания [3]. Участки пересечения таких линеаментов являются зонами высокой проницаемости земной коры и рудоконтролирующими структурами.

Список литературы

1. Аксаментова, Н. В. Тектоника фундамента / Н. В. Аксаментова // Геология Беларуси / под ред. А. С. Махнач, Р. Г. Горецкого, А. В. Матвеева [и др.]. – Минск, 2001. – С. 483–498.
2. Гладков, А. С. Области активного тектогенеза в современной и древней истории Земли: в 2 т. / А. С. Гладков. – М., 2006. – Т. 1. – С. 157–159.
3. Лопатин, Д. В. Линеаментная тектоника и месторождения-гиганты Северной Евразии / Д. В. Лопатин // Исследование Земли из космоса. – 2002. – № 2. – С. 77–91.
4. Матвеев, А. В. Кольцевые структуры территории Беларуси / А. В. Матвеев, Л. Ф. Ажгиревич, Л. С. Вольская [и др.]. – Минск, 1993.
5. Милашев, В. А. Трубки взрыва / В. А. Милашев. – Л., 1984.

А. В. Костюкевич, В. М. Мирончик, В. А. Саечников, В. Я. Туруто

Белорусский государственный университет, Минск

СИСТЕМА ОПЕРАТИВНОГО КОНТРОЛЯ ПАВОДКОВОЙ ОБСТАНОВКИ НА ВОДОСБОРАХ РЕК

Оперативный контроль и организация мероприятий по предотвращению и ликвидации последствий наводнений является одной из основных задач подразделений МЧС нашей республики. Белгосуниверситетом вме-

сте с ГП «Белгипроводхоз» и Госкомгидромет РБ в рамках совместного научно-методического центра МЧС-БГУ «Обеспечение жизнедеятельности» разработана система контроля катастрофических наводнений на реках Припять, Березина, Западная Двина, Сож и Днепр с оценкой возможного экономического ущерба и разработкой антипаводковых мероприятий. Система включает базу данных со статистическими данными по наводнениям за период 30–60 лет и работает по оперативным данным, получаемым от государственной системы мониторинга гидрометеорологической службы. Из-за чрезвычайно большой площади (5 речных бассейнов) и достаточно скудной информации, получаемой в настоящее время из гидрометеорологической службы, никакая детерминистическая модель не может быть успешно использована. Поэтому в основу была положена достаточно простая статистическая модель. Кроме того, оказалось, что при использовании большого количества цифровых картографических слоев, включая крупномасштабные специализированные, используемые для расчета прогнозируемого экономического ущерба (инфраструктура, почвы, растительность, сельское хозяйство и так далее), возникли большие сложности при использовании стандартных ГИС-систем типа ArcView или ArcInfo. Поэтому была разработана специализированная ГИС «OverCalc-2».

Система состоит из двух главных модулей:

- модуль для прогноза зоны затопления по цифровой карте;
- модуль оценки прогнозируемого ущерба от катастрофических наводнений и разработки антипаводковых мероприятий.

Система работает по следующей схеме:

- Режим прогноза: получение информации о прогнозируемом уровне воды на постах наблюдения.
- Режим отображения текущего состояния: получение информации об актуальном уровне воды на постах наблюдения.
- Ввод полученных данных по постам в программу для расчета зоны затопления. Каждый пост имеет свою зону влияния, т. н. створ и таблицу соответствия уровня воды процентной обеспеченности. На основе текущего или прогнозируемого уровня воды на постах рассчитывается зона затопления.
- Вычисление ущерба от наводнения. На этом этапе рассчитывается экономический ущерб от наводнения. Оценка проводится по следующим объектам ущерба: сельскохозяйственные угодья и почвы (для каждого типа сельскохозяйственных культур, выращиваемых на различных категориях почвы оценки различны); инфраструктура (линии связи, радиосвязи, линии электропередач, дороги и т. д.); зоны застройки. Определение экономического ущерба по объектам, оказавшимся в зоне затопления, проводится на цифровой карте с учетом уже рассчитанной зоны затопления и усредненной стоимости объектов.

Разработанная программа установлена в Центре управления кризисными ситуациями Министерства по чрезвычайным ситуациям. Система постоянно развивается и совершенствуется. Функциональные возможности системы были проверены во время катастрофического наводнения на реке Припять. Сравнение результатов расчета зоны наводнения с данными, полученными непосредственно на местности, показало соответствие лучше, чем 5 %.

Наземная сеть мониторинга гидрологической обстановки в нашей республике в настоящее время явно недостаточна. Поэтому вопрос качества и полноты исходных данных для оценки паводковой опасности стоит очень остро. Необходим и интенсивно проводится поиск новых каналов получения информации для повышения оперативности и достоверности прогнозов. В частности, были опробованы возможности использования в качестве канала входных данных многозональные изображения, получаемые со сканера Aster-Terra с разрешением 15 м. Как показали результаты испытаний, использование этих данных позволило идентифицировать границы области затопления с точностью не менее 10 м и получить дополнительную информацию об особенностях речной сети.

Таким образом, подключение канала данных дистанционного зондирования к системе видится как реальное решение вопроса оперативности и достоверности входной информации. Кроме того, это позволит не только контролировать катастрофические наводнения, но и осуществлять оперативный контроль паводковой обстановки при небольших уровнях превышения воды и в случаях, когда она не выходит за пойму реки.

А. А. Лепешев, М. А. Ильючик, Е. В. Кучерова

Белорусский государственный педагогический университет
им. М. Танка, Минск

ПРИМЕНЕНИЕ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ РАЗНОВРЕМЕННЫХ СНИМКОВ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ДИНАМИКИ РОСТА ОВРАЖНО-БАЛОЧНОЙ СЕТИ

Интенсивная эрозия приводит к физическому уничтожению почвы, возникновению бросовых земель. Ущерб, наносимый сельскому хозяйству от эрозии почв, определяется не только снижением их плодородия, но и уменьшением урожайности выращиваемых культур, сокращением площади пашен за счет роста оврагов [1].

По данным статистики, в мире более 6 млрд. га сельскохозяйственных земель подвержено эрозии. За один ливень может быть снесен в течение нескольких часов слой почвы толщиной в 2–4 см, в то время как для образования трехсантиметрового слоя почвы требуется от 300 до 1000 лет.

Для Беларуси проблема развития водной эрозии почв предельно актуальна. Она проявляется в виде плоскостного смыва в основном на морен-

ных возвышенностях в северной и центральной частях республики: Бра-славская, Свентянская гряды, Городокская, Витебская, Ошмянская, Мин-ская и Новогрудская возвышенности.

Эродированные почвы на пашне занимают в республике 479,5 тыс. га (9,4 % общей площади). Кроме того, 2108,2 тыс. га или 41,2 % пахотных земель относятся к эрозионноопасным землям, которые при неправильном использовании могут быть подвержены эрозии. Следует отметить, что в ряде районов вполне отчетливо прослеживается тенденция расширения ареалов действия эрозионных процессов [2]. Овражная или глубинная эро-зия охватывает территории с наиболее плодородными почвами (лѣссами и лѣссовидными суглинками), которые приурочены к северо-восточной ча-сти Оршано-Могилевской равнины, Копольской гряде, частично Оршан-ской возвышенности, Мозырской гряде, Минской (Логойский, Дзержин-ский районы) и Новогрудской (восточная часть) возвышенностям. В не-значительной степени процессы овражной эрозии проявляются на терри-тории Волковысской и Гродненской возвышенностях в виде глубинных береговых (склоновых) размывов. По предварительным подсчетам, на тер-ритории Беларуси процессами овражной эрозии подвержено более 11 тыс. га [3].

Наиболее активно глубинные размывы проявляются на территории Оршано-Могилевской равнины. Разрушено более 2,858 га лесных и сель-скохозяйственных угодий. Общая длина овражно-балочной сети составя-ет 816,716 м, а площадь водосбора, с которой овраги получают питание, – 497,17 тыс. га. Более 2/3 оврагов приходится на территории Горецкого, Мстиславского и Шкловского районов.

Довольно широкое распространение овражная эрозия получила на территории Мозырской гряды. Общая площадь различных стадий развития оврагов достигает здесь 931,29 га, протяженность которых превышает 130 тыс. м, объем вымытого материала – 899,676 м³. По нашим подсчетам, небольшая лѣссовая гряда насчитывает 128 оврагов, из которых к первой стадии относится 4, второй – 8, четвертой – 116 оврагов.

На Новогрудской возвышенности площадь овражно-балочной сети составляет 3671 га, причем под береговыми (склоновыми) оврагами заняты 2048 га, донными – 725 га, дорожными – 845 га, подземными – 58 га.

Наблюдения за интенсивностью роста оврагов на территории Ново-грудской возвышенности (1966–1969 гг.) нами проводились при помощи мензульной съемки на пяти ключевых участках в Новогрудском и Коре-личском районах. Наблюдения показали, что наиболее интенсивно проте-кает рост оврагов во второй стадии развития, особенно на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах, развитых на легких лѣссовидных суглинках. Для изучения интенсивности роста был подобран береговой овраг в колхозе «Свитязь» Новогрудского района, который расположен на

выпуклом склоне крутизной 8°. Здесь вспашка на протяжении многих лет велась вдоль склона, в севообороте иногда включались пропашные культуры. Два параллельных оврага возрастом около 7 лет были сняты мезульной съемкой, а после повторных съемок было установлено, что их увеличение происходило за счет роста вершин и выработки профиля равновесия. Общее количество вымытого материала за три года составило 1200 т.

В последние годы появилась возможность изучать динамику роста оврагов с помощью более современных методов, достаточно точных и менее трудоемких. Нами используются разновременные аэрофотоснимки и космические снимки.

В настоящее время для наблюдения за динамикой роста оврагов на территорию Кореличского района подобраны материалы космической съемки за различный период времени. Это снимки со спутника Landsat TM (дата съемки 4.05.1986 г.), его пространственное разрешение составляет 28,5 м в видимом и ближнем инфракрасном диапазонах, Landsat 7 ETM+ (2.05.2000 г., 11.07.2002 г.) с разрешением в видимом и ближнем ИК-диапазонах 30 м и панхроматическом канале 15 м, системы Terra Aster (17.07.2001 г.) с разрешением в видимом и ближнем ИК-диапазонах 15 м, IRS rap (21.04.2003 г.) с разрешением 6 м и другие.

Система изучения овражных образований с использованием данных космической съемки, а также данных аэрофотосъемки включает ряд технологических операций по их обработке. Обработка снимков состоит из геометрической коррекции, географической коррекции для точной увязки объектов по разновременным снимкам; фрагментирования, создания синтезированных изображений с использованием различных комбинаций спектральных каналов и т. п. Для материалов аэрофотосъемки предусматривается преобразование их в цифровой формат путем сканирования снимков, географической увязки с использованием космических снимков или топоосновы, а также создание мозаики на объект исследования.

При обработке снимков будут использованы специализированные программные продукты типа Scanex Image Processor, Erdas Imagine, Envi и др. по обработке данных дистанционного зондирования, а также ГИС-пакеты типа ArcView или ArcGis для создания векторных слоев с атрибутивной (описательной) характеристикой объекта исследования.

По материалам дистанционного зондирования Земли будет изучено как современное состояние овражных систем, так и их состояние на момент съемки, что позволит проследить характер изменений в системе за последние 50–60 лет.

Список литературы

1. *Лепешев, А.* Овражная эрозия Новогрудской возвышенности: монография / А. Лепешев. – Минск, 2004.

2. Проектирование противозрозионных комплектов и использование эрозионно-опасных земель в разных ландшафтных зонах Беларуси: рекомендации / под ред. А. Ф. Черныша. – Минск, 2005.

3. Жилко, В. В. Эродированные почвы Беларуси и их использование / В. В. Жилко. – Минск, 1976.

*П. С. Лопух *, И. С. Данилович *, Л. А. Некрасова **, Л. Б. Трофимова ***

**Белорусский государственный университет,*

***ГУ «Республиканский гидрометеорологический центр», Минск*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДИСТАНЦИОННЫХ МЕТОДОВ ДЛЯ АНАЛИЗА СТОКА РЕК БЕЛАРУСИ

Современные природные процессы – потепление климата, увеличение повторяемости экстремальных явлений и вызванные этими изменениями последствия – касаются всех сфер общественной жизни, поскольку стихийные метеорологические и гидрологические явления, которые по своей интенсивности, продолжительности, времени возникновения, площади распространения могут привести к значительным потерям в экономике, создают угрозу здоровью и жизни людей. По данным многочисленных исследований примерно 70 % ущерба от природных катастроф приходится на ущерб от стихийных гидрометеорологических явлений.

Актуальной проблемой современной науки является разработка стратегий по снижению объемов негативных последствий стихийных явлений. Одной из важных задач для достижения этой цели является раскрытие закономерностей формирования водного режима и направленное воздействие климатообразующих факторов, поскольку гидрологический режим рек находится в тесной зависимости с климатом и физико-географическими особенностями территории.

Климатические условия Беларуси определяются положением республики в умеренных широтах, близостью к Атлантическому океану, отсутствием природных рубежей на пути воздушных масс. Циркуляция атмосферы обуславливает отклонение климатических параметров от средних значений, что приводит к изменению условий формирования стока рек, а затем и особенностей речного режима.

Простейшим индикатором, характеризующим атмосферную циркуляцию в Северной Атлантике, является индекс североатлантического колебания (NAO), который описывает распределение атмосферного давления между Арктикой и субтропиками, и разница давления между атмосферными центрами определяет изменения скорости и направления ветра, распределение температуры воздуха и режим увлажнения над Атлантикой и Европейским континентом.

Влияние циркуляции на сток рек Беларуси можно обнаружить через зависимость индексов NAO и температуры воздуха. Наиболее тесная связь индексов NAO и температуры воздуха Беларуси отмечается в холодную половину года, когда происходит формирование запасов воды в снеге и почве. Запасы воды и динамика температуры воздуха весной определяют питание рек во время вскрытия и высоту уровней весеннего половодья.

Североатлантическое колебание оказывает влияние на сток рек Беларуси. Наиболее тесная связь между NAO и стоком отмечается в зимние и весенние месяцы. Наблюдаются существенные различия условий формирования стока при различных фазах NAO. Интенсивность североатлантической циркуляции влияет на сроки начала и конца весеннего половодья, а также максимальный расход весеннего половодья. Наиболее высокие уровни, представляющие опасность, наблюдались в годы при отрицательной фазе NAO декабрь – март. В задачу дальнейших исследований в этой области входит разработка дешифровочных признаков для дистанционной оценки по космическим снимкам фаз водного режима рек Беларуси.

В. И. Михайлов

Белорусский национальный технический университет, Минск

ДЕШИФРИРОВАНИЕ ОЗЕР БЕЛАРУСИ ПО МАТЕРИАЛАМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

Космические снимки масштаба 1:1 000 000 хорошо отображают географическое положение, форму и ориентацию озер, даже тех, которые имеют площадь до 0,1–0,2 км². Снимки, выполненные в весеннее время, позволяют изучать не только существующие озера, но также все западины, временно заполненные водой. Установлено, что общее количество всех озерных образований на космических снимках в два раза больше, чем на картах аналогичного масштаба. Это открывает большие возможности для изучения режима озер, регулирования их стока, составления карт озерности территории, изучения истории развития рельефа, установления связей гидрографических характеристик с другими компонентами ландшафта, выявления закономерностей неотектонического и структурного плана района.

Вышеизложенное убедительно подтверждается фрагментом карты озерности северо-западной части Беларуси и сопредельных районов, составленной по результатам дешифрирования космических снимков масштаба 1:1 000 000 (рис. 1 А). На карте озера располагаются в виде нескольких крупных систем, осложненных большим количеством мелких

озерных образований. Все они занимают определенное положение в геоморфологическом комплексе, представленном холмисто-моренным рельефом. Озера торфяных массивов отражаются темным фототонном, на возвышенностях имеют более правильные и четкие очертания на светло-сером фоне ледникового ландшафта. Возникнув под влиянием деятельности ледников и его талых вод, они долгое время были заполнены льдом и лишь в результате расконсервации заполнились водой, сохранив свою первоначальную форму и ориентировку. Роза-диаграмма простирания современных озерных котловин отражает их преобладающую северо-западную вытянутость, сохранившуюся после отступления валдайского ледника (рис. 1 Б).

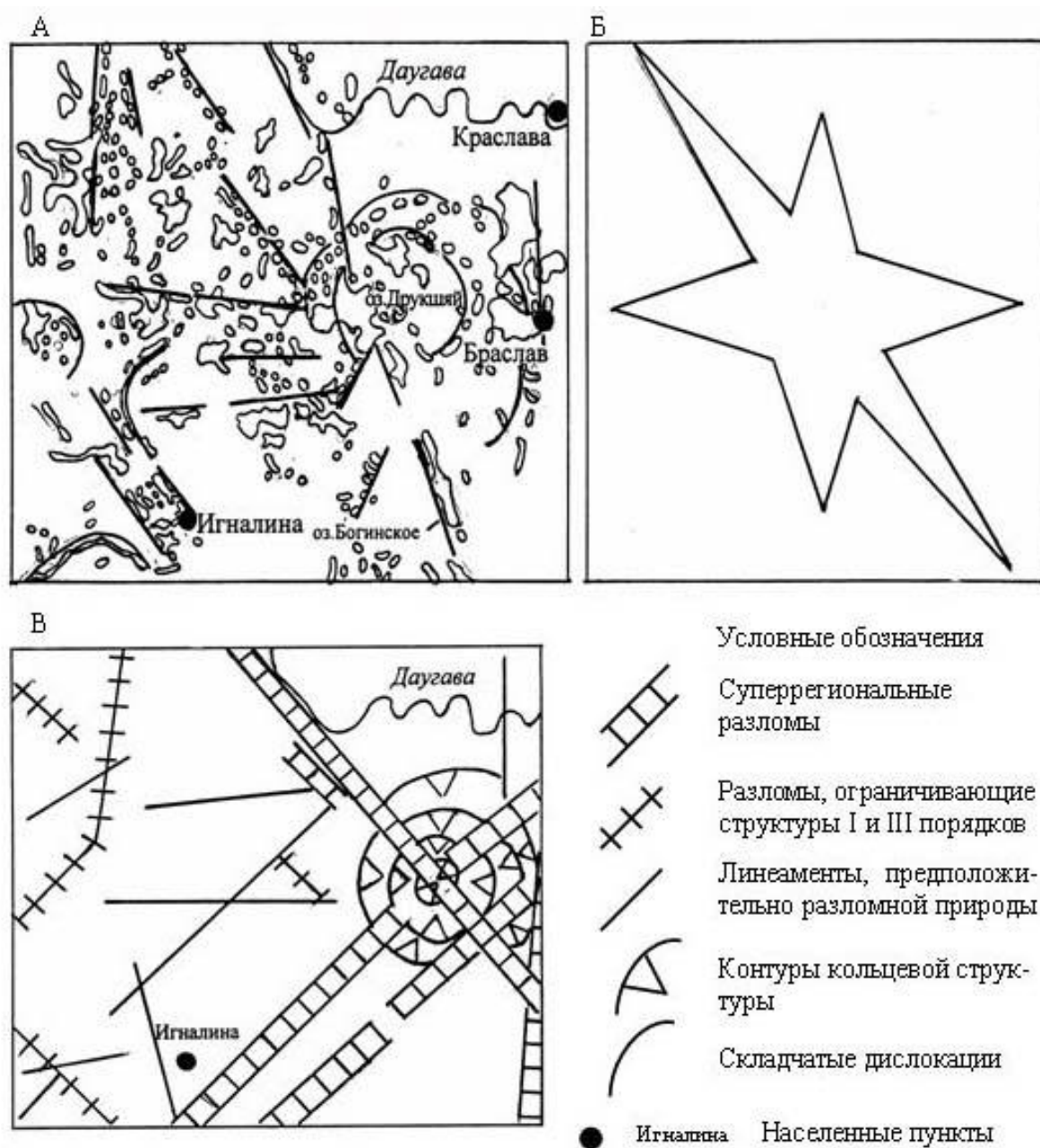


Рис. 1. Сопоставление фрагментов карты озерности масштаба 1:1 000 000 (А) и схемы тектоники (по Губину В. Н., 1995) (В) северо-запада Беларуси и сопредельных районов. Б – Роза-диаграмма простираения озерных котловин

Кроме особенностей морфологии котловин, озера северо-запада Беларуси, изображенные на космических снимках, несут большую информацию относительно проявлений тектонических движений в земной коре. На карте озерности нанесены прямые и концентрические линии простираения озер, предположительно отражающих различные деформации в осадочном чехле, вызванные тектоническими нарушениями. Прежде всего выделяется кольцевое расположение озер в восточной части района, контролируемых субмеридианальным линеamentом, совпадающим с коленообразным изгибом р. Западная Двина. К западу от озера Друкшяй радиально расходятся спрямленные цепочки озер, величина и направленность которых подчеркивает интенсивность неотектонических движений. Это интересное природное явление можно интерпретировать в сопоставлении со схемой тектоники запада Восточно-Европейской платформы масштаба 1:1 000 000, составленной по материалам космических съёмок и геолого-геофизическим данным (рис. 1 В).

Согласно схеме закономерная ориентировка озер севера Беларуси и сопредельных районов обусловлена сложным тектоническим строением этого региона. Сопряжение суперрегиональных разломов различного простираения в фокусе кольцевой структуры вызвало значительную активность глубинных разломов земной коры и создало крупные смещения блоков фундамента, флексурообразные перегибы, разрывы, зоны дробления горных пород глубокого заложения. Сложные физико-механические глубинные деформации оказали значительное влияние на вышележащие горизонты и отразились на земной поверхности. Эта зона характеризуется высокой скоростью современных вертикальных движений (до 8 мм в год), что не исключает возможности здесь сильных землетрясений. Следует отметить, что в юго-западной части района в зоне интенсивных неотектонических движений по некоторым разломам кристаллического фундамента находится Игналинская АЭС. Поэтому ЕС не случайно настаивает на ее скорейшем закрытии.

Таким образом, дешифрирование космических снимков дает возможность: изучать гидрогеологические и геоморфологические характеристики озерных систем; составлять карты заозеренности территории; использовать данные структурного дешифрирования озер для построения схемы геотектоники с целью изучения и прогнозирования возможных землетрясений в данном районе.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ В ИНТЕРЕСАХ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

1. Проблемы использования данных дистанционного зондирования в интересах сельского хозяйства

В связи с растущей стоимостью минеральных удобрений и жесткими экологическими ограничениями, в Беларуси разрабатываются технологии дистанционного (неконтактного) обнаружения заболеваний растений и анализа почвы, адресного внесения ядохимикатов, минеральных и органических удобрений. При этом разработки направлены как на повышение точности дистанционного мониторинга растений и почвы, так и на уменьшение площади элементарного участка местности, соответствующего пикселю изображения.

Проблема дистанционного мониторинга растений и почвы связана с трудностями получения качественных мультиспектральных изображений местности и отсутствием методик интерпретации результатов их дешифрирования. Космический мониторинг позволяет получать спектрозональные изображения больших участков местности с разрешением выше 10 м. Авиационные спектрозональные снимки целесообразно использовать для мониторинга в интересах небольших фермерских хозяйств. Преимущество использования в системе дистанционного мониторинга беспилотных летательных аппаратов (БЛА) заключается в низкой стоимости данных дистанционного зондирования. Существенным преимуществом использования авиационных средств наблюдения является возможность настраивать спектрозональную съемочную аппаратуру на конкретный вид мониторинга. При использовании спутниковых изображений такая возможность отсутствует.

К недостаткам дистанционного мониторинга сельскохозяйственных культур можно отнести зависимость характеристик мультиспектральных изображений от условий освещения местности и влажности почвы. Необходимо также создание сети опорных участков, предназначенных для интерпретации результатов тематической обработки данных дистанционного зондирования земли (ДЗЗ).

Точность дистанционного анализа почвы зависит от способа определения содержания органических и минеральных веществ в ней. Наиболее распространенные методы дистанционного мониторинга почвы основаны на регистрации спектральных характеристик почвы и дальнейшей их интерпретации. Регистрация спектральных характеристик почвы может осуществляться как с борта космического аппарата, так и при помощи мультиспектральной системы (МСС), которая перемещается в почве на глубине 10–20 см при проведении агротехнических операций. Недостатками первого варианта являются сильная зависимость полученных данных от погод-

но-климатических условий, сложность их интерпретации, невысокая разрешающая способность космических изображений и отсутствие возможности осуществлять настройку спектрофотометрической аппаратуры, второго варианта – зависимость от влажности почвы и отсутствие методик интерпретации полученных данных. При мониторинге почвы с помощью МСС формируется изображение, каждый пиксель которого характеризует элементарный участок площадью от двух квадратных метров.

При проведении спутникового мониторинга почвы необходимо создать сеть опорных участков почвы с известными геодезическими координатами. Высокая стоимость получения и анализа опорного участка почвы (5–10 дол. США) не позволяет создать опорную сеть с шагом несколько метров. В Республике Беларусь площадь представительного участка составляет от 5 до 8 Га, что ограничивает использование спутниковых изображений в интересах точного земледелия при проведении агротехнических операций на больших площадях.

2. Некоторые пути решения проблемы

Снизить затраты на создание цифровых карт результатов мониторинга почвы можно за счет комплексного исследования спектральных характеристик почвы, полученных с борта космического аппарата и при помощи МСС. При этом не требуется жесткая временная привязка процессов получения изображения местности и почвы.

Известные методы совмещения спутниковых изображений сводятся к поиску сети опорных точек и преобразованию их в некоторую систему координат. Для пересечённой местности необходимо иметь информацию о рельефе. При формировании векторного представления мультиспектрального изображения почвы производится геодезическая привязка центра элементарного участка. Траектория движения МСС повторяет рельеф местности. При мониторинге почвы на холмистой местности размеры элементарного участка могут отличаться от расчетных по данным GPS приёмника. Контролировать длину элементарного участка местности предложено по данным средней скорости движения МСС, а геодезическую привязку производить через 1 с. В этом случае при движении, например со скоростью 5 км/час, мультиспектральная сенсорная система проходит 1,4 м/с. Система сканирует почву с частотой 140 Гц. Далее осуществляется ежесекундное усреднение сигналов, поступающих с выхода спектрометра. При необходимости можно принять длину элементарного участка почвы 10 см, увеличив на порядок скорость сканирования.

При комплексном исследовании спектральных характеристик почвы необходимо сопоставить спектральные характеристики соответствующих пикселей спутникового изображения местности и мультиспектрального изображения почвы и результаты их интерпретации. При этом геодезические координаты пикселей должны совпадать. Изображения местности и

почвы являются мультиспектральными. Однако спектры электромагнитных волн, в которых они получены, могут не совпадать. Это связано с тем, что спектральные диапазоны в МСС пользователь может выбирать с учетом химических свойств почвы.

Универсального метода выбора спектральных каналов наблюдения за местностью и почвой не существует. В зависимости от решаемой задачи необходимо провести экспериментальные исследования зависимости спектральной отражающей способности объекта наблюдения от условий его освещения, влажности, размеров, структуры, пространственной ориентации, методов обработки полученных данных и требуемой достоверности их интерпретации. Одни и те же спектральные признаки могут принадлежать различным классам объектов и явлениям. С одной стороны, увеличение количества спектральных каналов позволяет повысить вероятность классификации объектов наблюдения или явлений, а с другой – повышает стоимость мониторинга, усложняет аппаратуру и увеличивает время данных дистанционного зондирования.

Заключение

Съемку местности необходимо производить в нескольких спектральных диапазонах, количество которых зависит от характеристик объектов наблюдения. При интерпретации результатов обработки мультиспектральных изображений необходимо в максимальной степени использовать имеющиеся методики, ориентированные на конкретные условия. Разработка новых методик требует значительных временных и материальных затрат.

Для мониторинга почвы целесообразно использовать спутниковые изображения и данные, полученные с помощью мобильной многоканальной сенсорной системы.

*С. Г. Мышляков *, И. А. Тяшкевич **, Е. И. Белова ***

**Белорусский государственный университет,*

***УП «Космоаэрогеология» НАН Беларуси, Минск*

АВТОМАТИЗАЦИЯ ВЫДЕЛЕНИЯ ЛИНЕАМЕНТОВ ПО КОСМИЧЕСКИМ СНИМКАМ ПРИ НЕФТЕГАЗОПОИСКОВЫХ РАБОТАХ

Выделение линеаментов и последующий анализ их распределения – одна из ключевых задач космоаэрогеологических исследований при изучении областей, перспективных на нефть и газ. Линеаменты являются линейно вытянутыми элементами изображения, зафиксированными на космических снимках благодаря своим оптическим характеристикам. Они являются индикаторами разрывных тектонических нарушений в толще осадочного чехла и разломных структур кристаллического фундамента.

На основе анализа пространственного размещения ловушек нефти и газа в нефтегазоносных бассейнах выявлена определенная закономерность в со-

отношении нефтегазосодержащих структур и разрывных нарушений. Особую роль в формировании и переформировании ловушек углеводородов сыграли неотектонические движения, отличающиеся резкой дифференцированностью и значительными амплитудами разнонаправленных вертикальных перемещений отдельных блоков и сегментов земной коры, которые не только окончательно оформили структуры древнего заложения, но и создали принципиально новые структурные элементы.

Главными индикаторами неотектонических движений и сопряженных с ними разломов выступают рельеф и гидросеть. Линеаменты проявляются в ландшафте в виде спрямленных русел и долин водотоков, цепочек озер, гряд, холмов, границ ледниковых форм рельефа, границ растительности различного видового состава.

В НП РУП «Космоаэрогеология» в настоящее время разрабатывается методика автоматизированного выделения линеаментов по многозональным космическим снимкам. Объектом изучения является Оршанская впадина — тектоническая структура с осадочным чехлом большой мощности, относящаяся к Московской синеклизе. Исследования ведутся по космическим снимкам различного уровня генерализации в различных зонах электромагнитного спектра.

В ходе проведенных исследований установлено, что наиболее оптимальными для выделения линеаментов на территории Оршанской впадины являются снимки, полученные в ближнем инфракрасном диапазоне (0,8–0,9 мкм).

Данные дистанционного зондирования (ДДЗ) континентального уровня генерализации представлены снимками, полученными со съемочных систем Terra MODIS, Landsat MSS и Метеор. Региональный уровень в наших исследованиях представлен данными со съемочных систем Landsat 7 ETM+ и Landsat TM.

Автоматизированное выделение линеаментов заключается в выполнении определенной последовательности операций с целью получения каркаса исходного изображения. Операции выполнялись в программных пакетах по обработке ДДЗ ERDAS Imagine 8.5 и ENVI 4.2. Было произведено вычисление значений градиентов изображения с использованием различных операторов дифференцирования. К снимкам, уже прошедшим предварительную обработку, применялись фильтры Собела, Лапласа, Превитта. Данные фильтры основаны на выделении линейных объектов, контуров, границ между областями на снимке, имеющими различную спектральную яркость. Алгоритмы выделения границ рассматривают изменение яркости на снимке как некоторую непрерывную функцию и используют операции с производными первого и второго порядков. При переходе через линейный объект или контур яркости меняются скачкообразно или принимают экстремальное значение [2]. В дальнейшем по-

лученное изображение подвергалось преобразованиям яркости и контраста (инвертирование цвета, гамма-фильтрация, бинаризация и др.).

В результате применения фильтров было сформировано изображение, иллюстрирующее распределение линеаментов по территории.

В целях интерпретации полученных результатов и дальнейшего географического анализа совместно с другими данными были построены карты плотности распределения линеаментов. Карты плотности создавались в программном комплексе ArcGIS 9 – строились непрерывные растровые поверхности с рассчитанным значением в каждой ячейке. Необходимо отметить, что рисунок изолиний на таких картах во многом зависит от величины поискового радиуса для каждой ячейки раstra.

В условиях Беларуси существенным фактором, негативно влияющим на процесс автоматизации выделения линеаментов, является высокая антропогенная освоенность территории. Так, на снимках регионального уровня генерализации Landsat 7 ETM+ в автоматическом режиме в большом количестве выделяются линейные элементы явно нетектонического происхождения, обусловленные исключительно деятельностью человека.

Анализ карт плотности и распределения линеаментов, построенным по снимкам со спутника Terra MODIS, показал их хорошую сходимость с имеющимися геолого-геофизическими данными и с результатами визуального структурно-геологического дешифрирования. Наибольшая плотность линеаментов наблюдается в районе Оршанского горста и Могилевской мульды. Комплексный анализ полученных в процессе работы результатов и геолого-геофизических данных дает основание выделить перспективные на нефть и газ участки.

Автоматизированное выделение линеаментов по многозональным космическим снимкам в комплексе со структурно-геологическим дешифрированием позволяет осуществлять взаимный контроль выделения разрывных нарушений. Анализ полученных карт подтвердил целесообразность дальнейших работ по автоматизации выделения линеаментов. В то же время на картах нашли отображение и множество нежелательных артефактов. В любом случае машина не может сама отобрать нужные элементы и отбросить лишние. Интерпретация полученных данных должна осуществляться экспертом. Из этого вытекает очевидная необходимость визуального дешифрирования геологических структур и контроля качества автоматических построений.

Список литературы

1. Аэрокосмические методы геологических исследований / под ред. А. В. Перцова. – СПб., 2000. – 316 с.
2. Лурье, И. К. Теория и практика цифровой обработки изображений / И. К. Лурье, А. Г. Косиков // Дистанционное зондирование и географические информационные системы / под ред. А. М. Берлянта. – М., 2003. – 168 с.

**ОЦЕНКА ОПАСНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ТРАССАХ
МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАТЕРИАЛОВ ДИСТАНЦИОННЫХ СЪЁМОК**

По материалам дистанционных съёмок (МДС), результатам полевых натурных исследований и на основе анализа литературных данных [1–3] установлены особенности проявления опасных геологических процессов на трассах магистральных трубопроводов, проходящих по территории Беларуси. При этом были решены следующие задачи: выявлено пространственное распределение негативных процессов, которые могут повлиять на безопасность магистральных трубопроводов; выявлены особенности морфологии; установлены причины и факторы возникновения экстремальных геоморфологических ситуаций, влияющих на безопасность магистральных трубопроводов.

В исследованиях использовался картографический метод, который заключался в наложении схем распределения магистральных трубопроводов на карты возможного проявления опасных геологических процессов: агрессивности грунтовых вод, распространения и просадочности лёссовых отложений, проявления современных геологических процессов.

В настоящей работе под термином «экстремальная эколого-геоморфологическая ситуация» понимается совокупность геоморфологических явлений, возникающих вследствие экстремального проявления рельефообразующих (в том числе и экзогенных) процессов, ухудшающих на данной территории условия жизни и ведения хозяйства [1]. В районах магистральных трубопроводов неблагоприятные условия вызваны климатическими особенностями, что приводит к изменению инженерно-геологической обстановки.

Среди опасных геологических процессов, влияющих на магистральные трубопроводы, особое внимание при дешифрировании МДС уделяется карсту, оползневым процессам, просадкам в лёссовых толщах, агрессивности грунтовых вод.

Карст. Поверхностные карстопроявления могут быть следующими: провалы (при видимой глубине деформации более 0,25 м); просадки, возникающие внезапно и представляющие главную опасность для сооружений; воронки, образующиеся за счёт оползания массива грунта вокруг провалов.

Оползни – один из наиболее распространенных видов опасных геологических процессов, развитых в зоне распространения ледниковой формации. Особенно высока вероятность возникновения осыпей и оползней при

переходе магистральных трубопроводов через русла рек. Переработка береговых склонов наиболее интенсивно идет в период прохождения паводков, когда вначале наступает максимум скоростей, затем максимум расходов и, наконец, максимум уровней. Наибольшая сила воздействия на прибрежные склоны начинается в момент, когда паводок вступает в максимум расходов и возникают предельные скорости циркуляции воды в реке. В это время на участках, где происходит пересечение магистрального трубопровода рекой, вероятность аварии увеличивается.

Просадочность лёссовидных отложений. На территории Беларуси лёссовидные породы приурочены к Оршано-Могилёвскому плато, Минской и Новогрудской возвышенностям, Мозырско-Брагинской и Копыльской грядам. Лёссовидные породы тяготеют к склонам моренных гряд и платообразным участкам водоразделов рек с абсолютными отметками 140–150 м. Мощность отложений варьирует в диапазоне от нескольких десятков сантиметров до 10–15 и более м. Среди доминирующих признаков лёссовых пород на МДС является приуроченность к холмисто-моренному ландшафту; развитие в пределах таких территорий овражно-балочной сети и суффозионно-просадочных западин.

Агрессивность грунтовых вод. В пределах Республики Беларусь выделяется четыре геолого-гидрохимические зоны, характеризующиеся определенными закономерностями распространения грунтовых вод с выраженными показателями агрессивности по отношению к бетонным конструкциям [2].

Первая зона охватывает северную часть страны (бассейн реки Западная Двина), где на общем фоне преимущественно неагрессивных вод фрагментарно выделяются небольшие участки (на севере Белорусского Поозерья, в районе Бешенковичей и Шумилино), воды которых содержат повышенное количество CO_2 и относятся к водам с углекислотным типом агрессивности.

Вторая зона охватывает всю центральную и юго-восточную части Беларуси и характеризуется распространением преимущественно неагрессивных грунтовых вод за исключением вод, приуроченных к древнеаллювиальным толщам крупных рек. Основным видом агрессивности в этой зоне в указанных отложениях (участки надпойменных террас рр. Немана, Березины, Сожа и Днепра) является карбонатный тип агрессивности. Третья зона – юго-западную часть республики (бассейн р. Зап. Буг), где широкое распространение грунтовых вод, обладающих одновременно общекислотными и углекислотными типами агрессивности.

Четвертая зона охватывает практически всю центральную часть Белорусского Полесья и характеризуется повсеместным распространением грунтовых вод, обладающих различным типом агрессивности и их разнообразным сочетанием.

Для каждого трубопровода на территории Беларуси выделяются свои специфические особенности проявления опасных геологических процессов. Однако доля территории распространения подобных процессов различна. Следует отметить, что опасные геологические процессы по своей сути также неоднородны. Например, широтная ветка нефтепровода «Дружба» почти на всем своем протяжении пересекает территории с агрессивными грунтовыми водами. Газопровод Торжок – Минск – Ивацевичи пересекает лёссовидные отложения мощностью от 1–2 до 4 м. Агрессивные подземные воды на трассе газопровода представлены общекислотным, карбонатным и углекислотными типами агрессивности.

Газопровод Ямал – Европа пересекает несколько небольших водных объектов, среди которых наиболее крупные рр. Щара, Рось, Нарев.

Таким образом, неблагоприятные инженерно-геологические процессы отмечаются на участках каждого магистрального трубопровода, что может повысить их аварийность. Резкое изменение климатических и геоморфологических условий способствует формированию новых опасных для трубопроводов участков, а также усилению процессов, действующих на их территории. Наименее безопасный в этом отношении газопровод Ямал – Европа, который пересекает только район распространения лёссовых отложений, доля которых незначительна. Из самых опасных можно выделить широтную ветку нефтепровода «Дружба» и газопроводы Ивацевичи – Брест, Витебск – Могилёв. На трассах этих трубопроводов преобладают все из перечисленных опасных геологических процессов. Трасса магистрального трубопровода Торжок – Минск – Ивацевичи и меридиональная ветка нефтепровода «Дружба» на всём своём протяжении пересекают неблагоприятные участки, но доля их в пределах расположения магистралей незначительна.

Список литературы

1. Козлова, А. Е. Возможные экстремальные геоморфологические ситуации в природных экосистемах на территории России в XXI веке / А. Е. Козлова, А. В. Кошкарёв, Э. А. Лихачёва // Геоморфология. – 2006. – № 1. – С. 25–31.
2. Колпашников, Г. А. Агрессивность грунтовых вод Белорусского Полесья / Г. А. Колпашников, Р. И. Ленкевич // Вестн. Белорус. нац. техн. ун-та. – 2004. – № 3. – С. 5–7.
3. Невечера, В. Л. Принципы инженерно-геологической оценки территории для обоснования литомониторинга объектов газовой промышленности / В. Л. Невечера, В. В. Пендин // Инженерная геология. – 1991. – № 1. – С. 121–132.

ГЕОИНФОРМАТИВНОСТЬ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ФЛЮВИАЛЬНОГО МОРФОГЕНЕЗА

В настоящее время изучение современных рельефообразующих процессов тесно связано с внедрением новейших технологий и методов дистанционного зондирования Земли. Использование этих методов позволяет получать оперативную и высокоточную информацию о масштабах проявления, скорости, направленности, факторах и условиях развития рельефообразования.

В пределах закрытых равнинных территорий, испытавших неоднократно перестройку рельефа под влиянием плейстоценовых оледенений, особенно сложно оценить скорость и направленность рельефообразующих процессов. Флювиальные процессы на территории Беларуси представлены единым эрозионно-аккумулятивным циклом (плоскостной смыл и делювиальные шлейфы – эрозия временных русловых потоков и конуса выноса – эрозия и аккумуляция постоянных водных потоков) и играют значительную роль в современном морфогенезе. Практически все звенья этого цикла хорошо идентифицируются и дешифрируются по материалам аэрокосмических съемок. Геоинформативность дистанционных материалов определяется их масштабом, разрешающей способностью, уровнем генерализации и другими факторами [1], [2].

МДС детального уровня генерализации с высоким разрешением позволяют по комплексно-физиономичным признакам дешифрировать площади проявления, интенсивность, морфометрические характеристики и скорости процессов, стадийность рельефа эрозионно-аккумулятивного цикла. Разнообразная информация, получаемая при анализе прямых и косвенных индикаторов, дает возможность с высокой степенью достоверности дешифрировать русловые процессы по характерному рисунку гидрографической сети. Разновременные снимки позволяют исследовать динамику русловых форм, скорость смещения меандров, выявить закономерности преобразования рельефа поймы и надпойменных терасс.

МДС регионального уровня генерализации представляют большой интерес при выполнении районирования флювиального рельефа, исследовании его пространственной дифференциации, топологии. В природных геосистемах ветвящиеся структуры встречаются везде, где необходимо собрать с некоторой поверхности вещество и энергию в одну точку при минимальной общей длине структуры или, наоборот, равномерно его распределить. Гидрографическая сеть равнинных территорий (в частности территория Беларуси) имеет в основном древовидный плановый рисунок.

Высотные аэро- и космические снимки позволяют довольно точно воспроизводить рисунок гидрографической сети и определять порядковый номер водотоков и водосборных бассейнов. Построение на основе дистанционных методов топологических схем речной сети разного иерархического уровня дает возможность сравнивать их с идеальной моделью реальных физических явлений ветвления – фракталом. Поскольку такие структуры состоят из геометрических фрагментов различного размера и ориентации, аналогичны по форме, то их мозаика во многом объясняет закономерности развития гидросети.

Возможности воссоздания по МДС полного рисунка разноуровневых гидрографических систем и их сравнительный анализ с идеальным фракталом позволяет решать задачи, связанные с прогнозом развития речной сети флювиального рельефа, выявлять площади, наиболее подверженные динамическим процессам, анализировать саморегуляцию и скорости восстановления гидрографической сети в различных физико-географических условиях.

Список литературы

1. Губин, В. Н. Аэрокосмическое изучение экзогенных процессов в условиях техногенеза / В. Н. Губин, А. А. Ковалев, В. Д. Коркин. – Минск, 2003. – 142 с.
2. Книжников, Ю. Ф. Аэрокосмические исследования динамики географических явлений / Ю. Ф. Книжников, В. Кравцова. – М., 1991. – 206 с.

В. Р. Понтус, А. Р. Понтус, И. А. Тяшкевич

УП «Космоаэрогеология», Минск

ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ ДИСТАНЦИОННЫХ СЪЁМОК В ПРОТИВОЭРОЗИОННОМ УСТРОЙСТВЕ ТЕРРИТОРИИ

Роль материалов дистанционного зондирования Земли (МДЗ) как одного из видов информации при противоэрозионном устройстве территории повышается в современных экономических условиях в силу того обстоятельства, что они позволяют получить данные о геологическом строении, характере рельефа, эрозионных процессах, а также ряд других данных одновременно на большие площади и с требуемой детальностью и обзорностью. Являясь уникальным по своей информативности материалом, космические снимки (КС) позволяют в более короткие сроки составлять и обновлять самые различные тематические карты, картографировать и отслеживать динамику ряда процессов, которые весьма трудоемки при использовании традиционных наземных методов. Интегрированный анализ данных МДЗ с материалами наземных и дистанционных исследований на базе современных ГИС-технологий позволяет более быстро и эффективно решать научные и прикладные задачи в области комплексных исследований

природной среды, в том числе и для разработки эффективной системы противоэрозионных мероприятий на конкретных территориях. Возможность работы с информацией в реальном масштабе времени обусловило применение МДЗ при решении задач экологического мониторинга окружающей среды, в т. ч. при противоэрозионном устройстве территорий.

Каждой природно-эрозионной зоне характерны определенные особенности рельефа, виды растительности и почв, гидрогеологические условия, что приводит к необходимости выявления и изучения зональных дешифровочных признаков эрозионных процессов.

На КС, получаемых системой ASTER с космического аппарата TERRA (США) и индийского спутника IRS, имеющих высокое пространственное и радиометрическое разрешение и уникальные съемочные диапазоны электромагнитного спектра, отчетливо прослеживается такая важная характеристика состояния почвенного покрова, как его эродированность, последствия которой ведут к необратимой его деградации. Кроме того, на КС высокого и сверхвысокого разрешения (IRS-1C/1D, SPOT-5, EROS, IKONOS), близкого к масштабу составляемых средне- и крупномасштабных почвенных карт, прослеживаются генерализованные контуры почв и пространственной структуры почвенного покрова (СПП) с возможностью их отображения на почвенных картах. При этом эти контуры легко идентифицируются на снимках по конкретным формам и элементам рельефа с ареалами различной растительности, а также не только по тону или цвету, но и путем распознавания размеров, форм конкретных объектов, по рисунку изображения, создаваемому долинами, западинами, полями разных размеров и т. д. На этих снимках используются признаки дешифрирования, наблюдаемые на аэрофотоснимках. Это позволяет достоверно дешифрировать на них СПП с детальностью почвенных карт среднего и крупного масштаба.

Современные средства программного обеспечения (ПО) тематической обработки КС позволяют строить цифровые модели рельефа и соответственно прогнозировать степень эрозионной опасности при определенном уровне использования земельных угодий. Привязка градаций земель различной эрозионной опасности к склонам определенной крутизны, длины и экспозиции с тем или иным типом почв и в определенной ландшафтной зоне позволяет проводить картирование земель по их эрозионной опасности путем совмещения соответствующих контуров почвенных и морфометрических карт, а также при учете экономических данных.

По данным А. Х. Шкляра (1962), территория республики разделена на три агроклиматические области, или зоны – северная, центральная и южная. Для первых двух областей характерно преобладание водной эрозии, а для южной (Полесской) – ветровой эрозии. В Полесском регионе, характеризующимся большими объемами осушенных и распаханых площадей, существуют предпосылки для развития ветровой дефляции торфяно-

болотных почв и почв легкого механического состава. Как правило, выдувание почв отображается на снимках осветлением фототона. В целом светлые пятна дефлированных почв имеют мягкие расплывчатые контуры. Иногда на космических снимках удается зафиксировать шлейфы пылевых бурь, то есть процесс дефляции в действии. Большое значение в борьбе с дефляцией почв в данном регионе имеют полезащитные лесные полосы. Однако эффективность их в данный момент невысокая, и тому есть ряд причин, которые заслуживают отдельного обсуждения.

Сравнительный анализ пространственной структуры и конструкции защитных насаждений, составленных по результатам визуального и автоматического дешифрирования разновременных космических снимков, позволяет с использованием специализированного ПО объективно оценить характер и эффективность их работы, параметры размещения, схемы посадки, породный состав, процент сохранности насаждений и ряд других показателей и изменений, произошедших в составе и структуре защитных лесных насаждений.

Основным моментом при использовании МДЗ для противоэрозионного устройства территории является мониторинг динамики эрозионных процессов почвенного покрова и вычисление по повторным снимкам тренда изменения площади как элементарных почвенных ареалов, так и почвенных комбинаций. Эродированные почвы с содержанием гумуса менее 0,5 %, как правило, хорошо различаются на фоне сформированных зональных почв. Они имеют высокий коэффициент отражения – 0,3–0,5, близкий по значению к почвообразующей породе. Благодаря этому ареалы эродированных почв дешифрируются на панхроматических снимках достоверно, а измерение их площади хорошо автоматизируется. В настоящее время для этих целей наиболее широко используются снимки, полученные в видимом и ближнем инфракрасном диапазоне электромагнитного спектра. На этих снимках находят отражение только те объекты, которые образуют поверхностную оболочку, т. е. являются физиономичными, так как только благодаря их спектральным свойствам и пространственной структуре они отображаются на снимках в тоне, цвете, структуре рисунка. Различные возможности ПО при первичной и последующей тематической обработке материалов космической съемки позволяют получать различные по содержанию карты, отражающие современное состояние и динамику СПП.

Поскольку кривые спектральной отражательной способности почв максимально расходятся в красной и ближней инфракрасной зонах, где не только значения, но и различия коэффициентов спектральной яркости наибольшие, то целесообразно использовать снимки в этих зонах для дешифрирования эродированных почв по прямым признакам.

В наших исследованиях автоматическая классификация снимков выполнялась в ПО Erdas Imagine. Использовался метод классификации с обу-

чением. На космических изображениях были выделены дешифровочные почвенные эталоны – сигнатуры. Проведение автоматической классификации снимков в ПО Erdas Imagine повышает объективность и детальность результатов дешифрирования. Основными задачами исследований являются поиск способов и приемов интеграции МДЗ с данными наземных обследований, таксационными и картографическими материалами внутрихозяйственного землеустройства и лесоустройства; способы и приемы визуализации информации, изучения пространственной структуры и ретроспективного анализа данных в информационно-картографической системе. Все это может послужить хорошей основой для разработки рекомендаций и осуществления мероприятий по борьбе с эрозионными процессами на территории республики.

Т. А. Попова, И. А. Бычкова, М. А. Шубина

Научно-исследовательский институт космоаэрогеологических методов
(ГУП НИИКАМ), Санкт-Петербург

ПРИМЕНЕНИЕ ДИСТАНЦИОННЫХ МЕТОДОВ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ПРИРОДНОГО ПАРКА «ВЕПСКИЙ ЛЕС»

Доклад посвящен книге «Природный парк “Вепсский лес”», опубликованной в 2006 г. коллективом сотрудников ГУП НИИКАМ.

Парк занимает обширную площадь (190 000 га) на крайнем востоке Ленинградской области, где приурочен к Карбоновому плато и его уступу, а также небольшому участку девонской низины.

Характеристика парка основана на анализе материалов дистанционного зондирования (МДЗ), наземных комплексных исследованиях и реконсцировочных маршрутах.

По МДЗ проведено функциональное зонирование территории. Выделены: резерваты с особым строгим режимом охраны; буферная защитная зона, в которой запрещена хозяйственная деятельность; зоны смешанного назначения, в которых допустима щадящая хозяйственная деятельность, возможны побочные промыслы, предусмотрена рекреация (ареалы рекреации, наземные и водные экскурсионные маршруты).

По космическим снимкам (КС) проведено картирование гидрографической сети (реки, озера, болота).

Ландшафтное районирование выполнено по КС с использованием геологических карт. Всего выделено 3 района и 18 подрайонов.

В отдельных разделах книги характеризуется флора, растительность и фауна парка.

Особое внимание уделяется описанию 7 резерватов. Для наиболее крупного резервата «Вепсский лес» (площадь 7392 га) составлена карта растительности по аэрофотоснимкам (АФС) масштаба 1:10 000.

Вопросы динамики природно-территориальных комплексов рассмотрены при анализе природы резерватов и в отдельном разделе. Приведены примеры многолетней трансформации лугов, зарастания озер, заболачивания приречных лесов и лугов в результате деятельности бобров, смены хвойных и смешанных лесов вторичными насаждениями в результате сплошных рубок.

В разделе, посвященном туризму и рекреации, даны описания нескольких маршрутов и кратко охарактеризованы новые виды туризма.

Большое внимание уделено населению края, в котором компактно проживает малая народность финно-угорской группы – вепсы. Отдельные подразделы посвящены топонимике, истории расселения, культурным традициям, исторической хозяйственной деятельности на территории нынешнего парка. Историко-этнографическое описание основано на архивных данных и наблюдениях самих авторов.

В приложении приведены списки флоры, фауны, озер и рек с указанием местоположения и старых наименований, существующих и исчезнувших населенных пунктов.

Книга, общим объемом 344 страницы, содержит многочисленные иллюстрации: фотокарты, карты, фрагменты АФС и КС, наземные фотографии.

А. П. Романкевич

Белорусский государственный университет, Минск

ДИСТАНЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИКИ РЕЛЬЕФА МЕЛИОРИРОВАННЫХ ЛАНДШАФТОВ

Материалы дистанционных исследований предоставляют объективную и оперативную информацию о физическом состоянии земной поверхности, которая широко и эффективно используется для изучения динамики различных природных явлений.

Изучение рельефа мелиорированных ландшафтов требует всестороннего подхода и применения комплексных методов, в том числе и дистанционных методов исследований. Материалы аэрофотосъемки используются как основа для обобщения, сопоставления и анализа в пространстве и времени всей информации о рельефе.

Аэрофотоизображение, обладая стереоскопическими свойствами, является объемной моделью местности. Стереоскопические свойства аэрофотоснимков позволяют использовать их не только для изучения плановых характеристик, а с применением стереоизмерительных приборов дает возможность определения количественных вертикальных смещений земной поверхности, что является важной особенностью измерительных свойств аэрофотоснимков.

Исследования по изучению динамики рельефа проводились в пределах озерно-аллювиальных и озерно-болотных мелиорированных ландшафтов СПК «Калиновка» Любанского района Минской области. Программа исследований предусматривала решение следующих задач:

- определение превышений точек местности по продольным параллаксам с целью определения их высотного положения в условиях микро-рельефа мелиорированных ландшафтов;
- изучение пространственно-временной динамики рельефа на основе разновременных материалов аэрофотосъемки и традиционных методов наземных исследований.

Для этой цели использовались контактные черно-белые аэрофотоснимки масштаба 1:18 000 и фотосхемы масштаба 1:10 000, полученные с периодичностью аэрофотосъемки 20 лет.

Для морфометрического дешифрирования аэрофотоснимков использовались стереоизмерительные приборы. Уточнение пространственно-временной динамики рельефа проводилось на ключевых участках и геоморфологических профилях методом геометрического нивелирования одновременно с изучением почвенного покрова и полевым дешифрированием аэрофотоснимков.

Наиболее контрастно на материалах аэрофотосъемки в пределах озерно-аллювиальных мелиорированных ландшафтов отображаются современные формы рельефа, где общим фоном являются маломощные торфяно-болотные почвы с участками высокой степени деградации в результате полной сработки торфа. Фотоизображение территории отличается ярко выраженным пятнистым рисунком, который обусловлен сочетанием низин и минеральных островов, дешифрирующихся по более светлому тону фотоизображения.

Достаточно уверенно дешифрируются болотные и озерно-болотные отложения, приуроченные к заторфованным низинам и котловинам в пределах озерно-болотных мелиорированных ландшафтов и занимающие более пониженное положение в рельефе. Характерным признаком дешифрирования последних является однородный рисунок аэрофотоизображения, более темный, чем фоновый фототон, обусловленный литологическим составом отложений, близким уровнем грунтовых вод и соответствующим почвенно-растительным покровом. Однако граница потемнения фототона на аэрофотоснимках не всегда совпадает с контурами почвенных разностей, но, как правило, определяет границу участков земной поверхности с повышенным увлажнением.

В результате исследований составлены гипсометрические карты и выполнен сравнительный картометрический анализ земной поверхности мелиорированных ландшафтов, полученный фотограмметрическим и геодезическим способами.

Сочетание методов качественного анализа аэрофотоматериалов с полученными количественными характеристиками является наилучшим вариантом применения фотограмметрического метода, а наличие разновременных аэрофотоматериалов позволяет выявить динамику поверхности мелиорированных ландшафтов и установить направленность рельефообразующих процессов.

*М. Л. Романова *, В. Л. Андреева ***

**Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси, **Белорусский государственный педагогический университет им. М. Танка, Минск*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДИСТАНЦИОННЫХ МЕТОДОВ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ИССЛЕДОВАНИЯ ТИПОВ ЗЕМЕЛЬ ЗАПОВЕДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ СЕВЕРНОЙ ГЕОБОТАНИЧЕСКОЙ ПОДЗОНЫ БЕЛАРУСИ

Изучение таких сложных природных объектов, как геосистемы (типы земель), нуждается в точной информационной основе. Применение дистанционных методов и ГИС-технологий призвано улучшить качество и надежность получения положительных результатов, прежде всего оценить приемлемость, полезность и затратность получения новой или актуализированной информации, методов и продуктов. Для успешной хозяйственной, природоохранной, рекреационной и туристическо-историко-познавательной деятельности необходима дифференциация территории на более или менее однородные по комплексу общих признаков природные системы, которые могут являться тестовыми полигонами при проведении дистанционных исследований.

На примерах таких малонарушенных территорий в северной геоботанической подзоне, как Березинский биосферный заповедник, Нарочанский национальный парк, Национальный парк «Браславские озера», по почвенным картам М 1:50 000 были созданы карты типов земель, которые позволяют преодолеть трудности в идентификации растительных сообществ. Почвенные карты и аэрофотоснимки давно используются в качестве ключей к глубокому пониманию лесной типологии.

В итоге осуществления многих проектов в рамках изучения структуры почвенного покрова (СПП) были разработаны методы типизации закономерно-организованных почвенных комбинаций (ПК), хорошо идентифицируемых на почвенных картах и материалах дистанционного зондирования. ПК представляют собой сочетания почв, различающиеся по набору (перечню) образующих почв, площади (%) их в составе комбинаций и по геометрии почвенных ареалов – форме почвенных контуров. ПК являются отражением распределения гравитационных полей рельефом, литологией (составом и строением поверхностных отложений) и связанных с этим перераспределением влаги, участвующей в формировании почв. Перечень

почв и формы контуров ПК строго соответствуют определенному сочетанию геоморфологических факторов. Изучение структуры почвенного покрова позволяет дешифровать разнообразную информацию, содержащуюся (закодированную) в ПК.

Понятие о ПК по содержанию близко к понятию «геосистема» (ГС), определение которой дано В. Н. Сукачевым как полицентричное образование взаимосвязанных экосистем, исходя из предположения, что экосистема – это однородное моноцентричное сочетание биоценоза и экотопа, вместе образующее биогеоценоз (БГЦ), неотъемлемой составляющей которого является отдельная почвенная разновидность.

Анализ СПП позволяет выделять ГС, совместимые с почвенными комбинациями. В прикладных целях для разработки концепции рационального природопользования эти ПК названы типами земель (ТЗ). Однако ГС имеют более широкое научное и практическое значение. Вместе с тем особенность ПК состоит в том, что они в своей выразительной целостности лучше, чем другие компоненты ландшафта, дешифрируются по материалам дистанционного зондирования. Имеющаяся информация о составе, типизированных и отчасти параметризованных характеристиках вполне может подвергаться цифровой обработке с целью получения синтетических показателей степени неоднородности, на основе уже разработанных и перспективных методик.

На самом высоком таксономическом уровне ГС (ТЗ) делятся на 2 категории, различающиеся по общей динамике природных процессов: внепойменные и пойменные.

Среди внепойменных различаются ГС относительных повышений и понижений – водоразделов и депрессий, что отражается на почвенных картах в преобладании автоморфных и полугидроморфных почв на водоразделах и полугидроморфных и гидроморфных – в депрессиях.

По геоморфологии водоразделы делятся на фрагментарные – молодые холмисто-моренные образования с сетчатой СПП, обусловленной контурами заболоченных почв в межхолмных понижениях; выпуклые – старые, сглаженные морены и водно-ледниковые аккумуляции, характеризующиеся прежде всего склонами разной крутизны и формы с контурами переувлажненных почв лопастной формы, отражающие эрозионное расчленение склонов; плоские – равнинные поверхности с наличием изоморфных (округлых) контуров переувлажненных почв в замкнутых западинах.

Состав почвенных комбинаций позволяет также разделить их по абсолютной и относительной высоте: водоразделы на высокие и низкие, депрессии на неглубокие и глубокие. Геоморфология депрессий позволяет выделить два их варианта: долинообразные и озеровидные.

Важным моментом в исследованиях СПП является группировка почвообразующих пород, согласно которой все отложения ледникового ком-

плекса делятся на 5 групп: 1) рыхлые – пески, содержащие менее 10 % частиц диаметром менее 0,01 мм (физической глины); 2) двучленные без водоупора – связные пески и рыхлые супеси, содержащие менее 15 % физической глины и подстилаемые с глубины менее 1,0 м песками; 3) двучленные с водоупором – связные пески и супеси, подстилаемые с глубины менее 1,0 м суглинистыми и глинистыми моренно- и озерно-ледниковыми породами, содержащими от 20 до 80 % частиц физической глины;. 4) суглинистые – лёссовидные суглинки и связные супеси, подстилаемые морской, содержащие в покровной породе от 20 до 30 % физической глины; 5) глинистые – отложения тяжелого гранулометрического состава, содержащие от 30 до 80 % физической глины.

В результате проделанной работы были созданы электронные карты типов земель всех трех особо охраняемых природных территорий северной геоботанической подзоны. Такие карты являются основой, на которую послойно можно наносить разную экологическую нагрузку: лесную типологию, результаты многочисленных полевых исследований, проводимых в широком диапазоне изучения лесных экосистем; использовать для прогнозирования будущих изменений лесов, что позволяет оценивать преимущества лесорастительных условий при проведении учета леса на основе спутниковых изображений, сочетая данные полевых анализов типологических пробных площадей (ТПП), заложенных лабораториями Института экспериментальной ботаники, с данными очередного лесоустройства со спутниковыми. Можно получить информацию о текущем качестве лесорастительных условий, дать четкие параметры для мелкоконтурных насаждений. Вся накопленная таким образом на тестовых полигонах информация может использоваться квазисинхронно подспутниково для биоиндикации лесных условий в каждом типе земель по физиологическим признакам с использованием гиперспектрального дистанционного зондирования для получения информации на уровне древостоя по концентрации пигментов, флуоресценции хлорофилла и других признаков актуального состояния лесных экосистем.

Т. А. Романова

РУП «Институт почвоведения и агрохимии», Минск

ДИСТАНЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ И СТРУКТУРА ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА

Преимущество дистанционного зондирования земной поверхности с целью выявления и учета природного разнообразия не требует особых доказательств, так как оно обеспечивает получение точных и объективных

данных о разных аспектах характера и состояния географического пространства и природной среды.

Многолетние исследования, выполнявшиеся в Беларуси в области изучения структуры почвенного покрова (СПП) на основе модифицированной методики В. М. Фридланда (1983), дают возможность использовать ее результаты для предметного и количественного дешифрирования материалов аэрофото- и космических снимков. Эта возможность базируется на разработке приемов выделения и анализа природных систем как целостных образований, обладающих особой выразительностью внешних картографических и натурных признаков в виде своеобразных «узоров», которыми отличаются закономерно организованные, повторяющиеся в пространстве, почвенные комбинации (ПК), четко выделяющиеся на всех материалах дистанционного зондирования, особенно при использовании снимков, сделанных в разных зонах спектра.

В качестве структурных единиц системного подхода к анализу почвенного покрова ПК содержат информацию, которая характеризует не только почвы, но и тесно взаимосвязанные с ними компоненты природной среды. Строго типизированные ПК через геометрию (форму) почвенных ареалов и компонентный состав почвенных разновидностей отражают общие орографические условия, определяющие формирование каждой ПК, их геоморфологические особенности, литологию поверхностных отложений, структуру почвенного покрова и состав растительности, в частности лесотипологические комплексы, с учетом гипсометрического уровня в виде подразделения ПК на высокие и низкие, неглубокие и глубокие. Такая информация позволяет рассматривать структурные единицы почвенного покрова как аналоги геосистем с набором характеристик и признаков, к числу которых следует добавить разработанные в НИИ почвоведения и агрохимии методы получения количественных показателей (коэффициентов) степени контрастности (Кк), расчлененности (Кр) и общей неоднородности (Кн).

Использование цифровых методов анализа материалов дистанционного зондирования, включающих определение площади геосистем (ПК), процентное участие в их составе элементарных единиц – экосистем (биогеоценозов), аналогами которых служат почвенные разновидности, отражение на снимках рельефа как отдельной характеристики территории позволяет не только дифференцировать ее на четко различимые фрагменты, но уточнить имеющиеся представления о составе и степени неоднородности (или однородности) геосистем, полученные в результате картометрического анализа почвенных карт, составленных наземным или полуназемным способом.

В настоящее время в республике накоплено достаточно много данных анализа СПП в виде карт М 1:5000 (мелиоративные объекты: «Совхоз Днепро-Бугский, филиал «Парахонск»), М 1:50 000 (Житковичский и Пин-

ский административные районы Брестской области, особо охраняемые природные территории: Национальные парки «Беловежская пуща», «Браславские озера», «Нарочанский» и Березинский биосферный заповедник). Кроме того, по материалам аэрофотосъемки М 1:25 000 составлена карта СПП особенно сложной территории, каковой является пойма реки Припять в границах Беларуси. Карта составлена в М 1:100 000, для чего разработана и утверждена «Методика изучения пойменных земель» (1981 г.).

По заказу НИИ градостроительства и районной планировки составлены карты СПП для всех областей республики в М 1:200 000 с подсчетом площадей ПК. При участии лаборатории мелиорации ландшафтов БГУ подготовлена к изданию (но не издана) карта СПП Беларуси масштаба 1:500 000.

Сотрудниками БГУ (Ф. Е. Шалькевич, А. А. Топаз и В. В. Краснопрошин) представлен удачный опыт цифровой автоматизированной обработки аэрофотоснимков с выделением и количественными характеристиками ПК в долине реки Припять.

Все это, и особенно последнее, свидетельствует о реальной возможности разработки фотоэталонов, которые могут быть использованы для целей дешифрирования (в том числе автоматического) материалов дистанционных методов изучения природы Республики как по аэрофотоснимкам, так и по снимкам со спутника Земли.

Естественно, что разработанные дешифровочные признаки можно дополнить целым рядом показателей, как, например, средневзвешенная величина бонитета почв, характер их использования. На этой основе может быть выполнена инвентаризация земель и учет природных ресурсов по регионам и по Республике в целом для разработки концепции рационального природопользования с формированием типизированных устойчивых систем ведения сельского, лесного и других видов хозяйствования.

А. А. Святогоров, Н. Н. Абраменко

БелНИГРИ, Минск

ДИСТАНЦИОННАЯ ДИАГНОСТИКА ЗОН ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ АВАРИЙНОСТИ ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ (ЗОН РИСКА), СВЯЗАННЫХ С СОВРЕМЕННОЙ ГЕОДИНАМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТЬЮ

До недавнего времени считалось, что подавляющее число аварийных ситуаций и ущерб на особо ответственных и экологически опасных объектах обусловлены в основном технологическими причинами. Однако анализ большого объема данных (около 2000 аварий на нефтегазопроводах) по Восточно-Европейской платформе, куда входит и территория нашей Республики, показал, что места наибольшей концентрации аварии (до 90 %

случаев по данным ВНИМИ РАН, 2001 г.) приурочены к зонам влияния активных разломов земной коры.

Авария тоннельного перегона Петербургского метро, произошедшая в 1985 г., обусловлена проявлениями тектонического фактора, проигнорированного проектантами, значение которого в полной мере выяснилось лишь после проведения специальных геоэкологических и структурных работ. В результате детальных дорогостоящих исследований установлена приуроченность аварийного участка, пересекающего палеодолину, к узлу сопряжения четырех систем разломов, из которых наиболее активен в настоящее время субширотный (СВ 700). Этими исследованиями обоснован вывод о деструктивном влиянии непериодических малоамплитудных колебаний, характерных для современных тектонических движений нашего региона в целом.

Особую тревогу за безопасность крупных технических сооружений вызывают участвовавшие в последнее время землетрясения в Румынии, на Балтике, в Карпатах, регулярно фиксируемые Плещеницкой геофизической обсерваторией НАН Республики Беларусь. Эти малоамплитудные колебания в ряде случаев могут вызывать как разрыв сплошности скальных грунтов, так и деформацию уровней вышележащих рыхлых грунтов, особенно на границах тектонических блоков.

Аварийность на территории Беларуси только на магистральных трубопроводах за 1986–2002 гг. (Проматомнадзор МЧС РБ) составляет 43 случая, в том числе разрывы в 9 случаях связаны с геодинамическими процессами в зонах влияния активных в настоящее время разломов. Материальный ущерб от этих аварий составил около 1,9 млрд. руб. 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 зонах платформенных, не сейсмических, куда относится и Беларусь.

Кроме того, следует отметить, что разломы земной коры – это тектонически ослабленные, раздробленные зоны, по которым, как правило, курсируют более минерализованные растворы, обладающие повышенными коррозионными свойствами и тем самым усиливающие потенциальную опасность возникновения аварий.

Безопасную и эффективную эксплуатацию инженерных объектов и коммуникаций можно обеспечить, если из множества разломов земной коры будут выделены те, которые сохраняют или усиливают свою активность под влиянием различных факторов, а также если произведена оценка напряженного состояния отдельных блоков земной коры, то есть будут выделены геодинамически потенциально опасные зоны риска.

Существующие геологические и инженерно-геологические карты не отражают многообразия негативных геологических процессов и не отвечают современным потребностям в выявлении потенциально опасных тектонических разломов и их зон.

Характер работы конструкции сооружения в зонах влияния активных разломов (зонах риска) до настоящего времени на территории Беларуси детальному анализу не подвергался. Отсутствует специальная карта таких потенциально опасных зон.

Действующие нормы и правила не регламентируют необходимость учета геодинамических факторов риска при проектировании, строительстве и эксплуатации различных инженерно-технических сооружений и конструкций.

Установлено, что наиболее быстро и точно выявление и изучение трещинно-разрывной сети достигается путем дешифрирования материалов аэрокосмической съемки (МАКС), причем подобную точность и быстроту никакие другие существующие методы обеспечить не могут.

В связи с вышеизложенным по инициативе Межведомственного Совета по трубопроводному транспорту (Проматомнадзор МЧС РБ), а также при активном участии Гомельского предприятия по транспорту нефти «Дружба» и Мозырского управления магистральных нефтепродуктов в 1998 г. группой специалистов дистанционных методов исследований РУП «Белгеология» были проведены опытные структурно-геоморфологические исследования масштаба 1:50 000. Работы проведены на основе использования материалов космических и аэросъемок с целью выявления тектонически активных зон по трассе нефтепродуктопровода на Добрушском участке в полосе Бобовичи – Жгунь Буда – Хорошевка шириной 12 км.

Для дешифрирования был использован комплект разнообразных по информативности, масштабам, времени залетов и техническим характеристикам материалов аэро- и космических съемок.

Среди выявленных структурно-тектонических элементов, потенциально опасных для трубопроводов, прежде всего оказался участок севернее д. Корма на протяжении 1,5 км, испытывающий на современном этапе относительное поднятие и особенно граница блока, расположенная в 0,9 км северо-северо-восточнее д. Корма. Здесь дешифрируется разломный узел с очень активными тектоническими характеристиками и высокими значениями поля силы тяжести, что говорит о наличии отдельного блока земной коры, отличающегося составом и плотностью горных пород от окружающих. Такой же характер носит и участок в 1,2 км северо-восточнее д. Жгунь. Особое внимание к себе требует тектонически активная зона широтного простиранья, которая прослеживается севернее деревень Корма и Хорошевка. Вдоль этой зоны проложен нефтепровод «Дружба». К менее

опасным можно отнести все остальные участки пересечения нефтепровода с разрывными нарушениями.

В целом проведенные исследования, выполненные на основе дистанционного зондирования и сопоставления полученных результатов с имеющимися геолого-геофизическими данными, позволили:

- выявить тектонический блок земной коры в южной части территории исследований (деревень Жгунь – Корма), испытывающий на современном этапе относительное поднятие;
- определить три зоны повышенной тектонической активности, потенциально опасные для трубопроводного транспорта;
- выявить общий план тектонических нарушений, их концентрацию;
- определить характер выявленных при дешифрировании тектонических нарушений: размеры, протяженность, взаимосвязь и отношение к магистральным трубопроводам.

Конечно, не все вновь выявленные объекты тектонического характера в одинаковой степени заслуживают внимания и относятся к проблемам безопасности нефтепродуктопровода на исследуемом участке. Но уже первые полученные результаты свидетельствуют о целесообразности проведения подобных работ. Кроме того, как показал опыт аналогичных исследований на полигонах Газпрома РФ, необходимо сочетание дистанционных методов с наземными геолого-геофизическими, газо-эмонационными, а также методами высокоточного нивелирования на участках повышенной тектонической активности, так как в Беларуси они имеются, а значит существует потенциальная опасность аварийности трубопроводного транспорта на них.

Проведение подобных исследований будет способствовать обеспечению сохранности особо ответственных и экологически опасных инженерно-технических сооружений Республики Беларусь, особенно нефтеперерабатывающих предприятий, магистральных нефтегазо- и продуктопроводов, созданию нормальных условий их эксплуатации, а также предотвращению экологических катастроф, аварий и несчастных случаев, значительно снизит ущерб от возникновения опасных геологических процессов при эксплуатации инженерно-технических сооружений.

Список литературы

1. Ульмасвай, Ф. С. Геологические условия возникновения зон потенциальной аварийности МГ на севере Западной Сибири / Ф. С. Ульмасвай // Газовая промышленность. – 1997. – № 7. – С. 37–38.
2. Дако, Р. Э. Инженерно-геоэкологические аспекты аварии в Петербургском метро / Р. Э. Дако, Р. И. Малов. – СПб., 1997. – С. 33–34.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ В МОНИТОРИНГЕ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Региональный мониторинг дистанционного зондирования лесного покрова, наряду с разработкой методов дешифрирования типов леса, требует решения задач выделения и описания аэрокосмических территориальных единиц лесного покрова, состоящих из типов леса и их ассоциаций [4]. Для этого необходима такая система территориального расчленения лесного покрова, в которой каждая таксономическая единица обладала бы не только внутренним единством природных процессов и определенной типологической структурой лесов, но и дешифрируемостью на аэрокосмических снимках [6].

В разработке системы классификации лесного покрова, пригодного для решения задач дистанционного мониторинга лесов, наиболее удобны принципы лесорастительного районирования [2] и идеи, выдвинутые в разработках по изучению лесных территорий на ландшафтной основе [3].

Использование аэрокосмических снимков должно базироваться на рациональном сочетании дистанционных и наземных средств и методов получения информации, т. е. комплекс дистанционной индикации связан с контактной информационной системой через измерения природных параметров на экспериментальных полигонах и тестовых участках [1].

Дистанционный мониторинг лесных экосистем радиофизическим методом позволяет получить информацию о лесном фонде, включающую в себя:

- ландшафтное районирование, картографирование и учет лесного фонда;
- контроль за вырубкой и восстановлением лесного фонда;
- учет текущих изменений в лесном фонде;
- охрана лесов от пожаров, особенно в условиях облачности и задымленности;
- защита от техногенных выбросов, насекомых и вредителей, радиоактивного загрязнения и других неблагоприятных воздействий.

Исходя из этих предпосылок, целью наших исследований явилась разработка комплексных характеристик состояния лесных насаждений на основе дистанционного зондирования, математического моделирования и наземных наблюдений. Последние дают самые точные, глубокие и содержательные данные о состоянии природных экосистем. Недостатком их является локальность и высокая стоимость работ. Покрыть наземными исследованиями большие площади лесов практически невозможно, а локальные, выборочные исследования, нельзя распространить на большие терри-

тории без потери достоверности. Поэтому дистанционное зондирование с применением спутниковой техники обладает неоценимыми преимуществами: оно дешевле, доступно и оперативно. В то же время для корректировки полученных данных путем дистанционного зондирования необходимо дополнить минимум локальных, но содержательных наземных наблюдений, результаты которых позволили распространить информацию на обширные пространства.

Математическое моделирование выступает в качестве аппарата, способного принять и переработать данные наземных наблюдений, информацию, полученную путем дистанционного зондирования, и на их основе дать комплексную оценку состояния природной среды на данный момент и прогноз его изменения в будущем под влиянием природных и техногенных факторов. Эти характеристики будут носить объективный характер, а не отражать субъективные мнения тех или иных специалистов.

Исследования были выполнены в рамках Республиканской научной программы «Дистанционная диагностика...» специалистами РНТЦ «ЭКОМИР», Института экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича, Центрального ботанического сада НАН Беларуси с участием ПО «Белгослес».

Для сотрудников Центрального ботанического сада НАН Беларуси в разработке этой комплексной программы отводилась роль в подборе наземных тестовых полигонов, на которых окончательно устанавливались и эталонировались все экоценометрические характеристики функционирования лесных экосистем, а также лесотаксационные и структурные признаки конкретных типов лесных биогеоценозов. Правильно подобранные ключевые участки позволили регистрировать восстановительно-возрастные стадии насаждений того или иного типа леса и прогнозировать развитие лесных экосистем во времени и пространстве, используя серии снимков.

Работа по идентификации условий и типов экологических факторов функционирования лесных экосистем проводилась нами в следующем режиме. На первом этапе исследований по характерной мозаике спектральных и ч/б космических снимков (М 1:200 000) дешифрируются геолого-геоморфологические комплексы среднего территориального ранга (на уровне типов местности и сложных урочищ), иницирующие экологические структуры растительного покрова, а также однотипные по характеру локального разнообразия фитокомплексов и продукционных процессов. Эталонирование космических снимков показало, что в функциональном плане выделяемые мезоструктуры сопоставимы с группами типов лесорастительных условий.

Следующий этап – интерпретация снимков крупного масштаба (М 1:15 000, М 1:10 000) с целью выделения индикаторов экологических

условий на уровне простых сочетаний ассоциаций с одновременным выделением индивидуальных структур почвенного покрова. Заключительный этап – полевое эталонирование результатов на базовых топоэкологических профилях и эталонных ключевых участках.

В результате проведенных исследований в пределах трех тестовых полигонов на территории Беларуси (Новополоцкий, Березинский и Солигорский) получены следующие научные и практические результаты:

- разработаны научные основы составления кадастра типов леса;
- дан комплексный анализ пространственной структуры древостоев, расположенных в условиях промышленного загрязнения, и возможность ее идентификации на аэрокосмических снимках;
- установлены ведущие дешифровочные признаки типологической структуры лесного покрова в пределах трех тестовых полигонов;
- разработаны научные основы и ключевые методы аэрокосмического мониторинга лесного покрова республики;
- определена экономическая эффективность использования методов дистанционной диагностики для целей составления лесного кадастра.

Список литературы

1. Виноградов, Б. В. Аэрокосмический мониторинг экосистем / Б. В. Виноградов. – М., 1984. – 320 с.
2. Гельтман, С. Географический и типологический анализ лесной растительности Белоруссии / С. Гельтман. – Минск, 1982. – 326 с.
3. Калашников, Е. Н. Основы ландшафтно-статистического метода лесоинвентаризации / Е. Н. Калашников, Д. М. Киреев. – Новосибирск, 1978. – 143 с.
4. Карпухин, С. С. Принципы природно-хозяйственного районирования СССР на основе космической фотоиндикации / С. С. Карпухин // Новое в картографировании природной среды по материалам космических съемок / под ред. Ю. Г. Кельнер. – М., 1983. – С. 37–45.
5. Разработка научных основ построения кадастра, методов дешифрирования и использования материалов дистанционной диагностики для изучения и картографирования структуры лесного покрова и насыщения классификатора кадастра / под ред. Д. С. Голода [и др.]. – Минск, 1994. – 287 с.
6. Седых, В. Н. Аэрокосмический мониторинг лесного покрова / В. Н. Седых. – Новосибирск, 1991. – 239 с.

И. О. Смирнова, А. А. Русанова, Н. В. Смирнова

Научно-исследовательский институт космоаэрогеологических методов
(ГУП НИИКАМ), Санкт-Петербург

**ОБРАБОТКА И ДЕШИФРИРОВАНИЕ МАТЕРИАЛОВ ДИСТАНЦИОННОГО
ЗОНДИРОВАНИЯ НА БАЗЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ИЗУЧЕНИИ
ЭКЗОГЕННЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
(НА ПРИМЕРЕ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ТИМАНО-ПЕЧОРСКОЙ
НЕФТЕГАЗОНОСНОЙ ПРОВИНЦИИ)**

Проявление экзогенных геологических процессов (ЭГП) на территории северо-восточной части Тимано-Печорской провинции определяется климатическими, геоморфологическими и геокриологическими условиями. Для этой части провинции характерно наличие многолетнемерзлых пород (ММП) мощностью до 200 м, а также избыточное увлажнение, проявляющееся в обилии болот, рек и озер различного генезиса. В связи с тем, что льдосодержание пород возрастает в северо-восточном направлении, здесь отмечается наиболее интенсивное проявление криогенных процессов [3]. Для региона характерны такие экзогенные явления, как морозобойное растрескивание, рост повторно-жильных льдов, термокарст и гляциокарст, термоабразия, термоэрозия, пучение грунтов, заболачивание, особенно интенсивное на побережьях, дефляция песчаных грунтов с образованием пятен-раздувов, эрозионные и аккумулятивные процессы в долинах рек, солифлюкция, линейный и плоскостной смыв на склонах возвышенностей, иногда в сочетании с термоэрозионными процессами. Для изучения распространения этих процессов на территории провинции и исследования их динамики перспективно использование материалов дистанционного зондирования (МДЗ). Авторами разработана технология обработки и анализа МДЗ для изучения ЭГП, базирующаяся на использовании ГИС [2]. Технология включает создание баз пространственно привязанных дистанционных, ландшафтных и других данных, интерактивный анализ ретроспективных МДЗ, тематическую обработку МДЗ для усиления признаков выраженности проявления ЭГП (создание цветowych композиций, в том числе выбор оптимальных сочетаний спектральных каналов, межканальные преобразования и т. д.), создание ландшафтных схем (схем природно-территориальных комплексов ландшафта), выделение изменений ландшафта. Особое внимание уделено вопросам формирования базы дистанционных данных, требованиям к пространственному, спектральному, радиометрическому разрешению МДЗ для изучения криогенных процессов, выбору оптимального сезона съемки и методов целевой обработки МДЗ для выявления дешифровочных признаков различных криогенных процессов. Поскольку криогенные ЭГП развиваются под влиянием тепло- и массообмена горных пород с окружающей средой, в первую очередь необходимо

изучить морфологию земной поверхности и поверхностные покровы (почвенный, растительный, снежный, водный). Поэтому основным методом интерпретации МДЗ является ландшафтный метод, а основными изучаемыми объектами – природно-территориальные комплексы ландшафта (ПТК). Тимано-Печорская нефтегазоносная провинция характеризуется сложным геологическим строением, которое предопределяет особенности строения ландшафтной оболочки, состоящей из сложной мозаики ПТК разных рангов.

По результатам дешифрирования космических снимков LANDSAT 4, полученных в августе 1988 г., материалов аэросъемки масштаба 1:50 000 (июль 1992 г.) на территорию северо-восточной части Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции составлена схема ПТК, характеризующихся преобладанием определенных типов ЭГП.

На схеме выделены ПТК, приуроченные к различным типам рельефа: современных и верхнечетвертичных прибрежных аккумулятивных равнин морского и озерно-морского генезиса, верхне- и среднечетвертичных озерно-ледниковых и моренных равнин и плато и т. д. К более низкому рангу относятся ПТК, приуроченные к определенным формам рельефа (камам, лимнокамам, озам, моренным грядам, долинам рек). При выделении ПТК учитывались также состав поверхностных отложений, характер распространения и мощность ММП [1]. Каждый ПТК характеризуется определенным набором процессов, интенсивностью их развития и площадью распространения. В области современных и верхнечетвертичных аккумулятивных прибрежных равнин ведущим процессом является заболачивание, причем пораженность криогенными процессами возрастает от более древних к более молодым образованиям. Многочисленные озерные котловины являются проявлением процессов термокарста, их берега преобразуются термоэрозией. Зона пляжа подвержена процессам абразии. На заторфованных верхне- и среднечетвертичных водно-ледниковых равнинах широко развито полигональное растрескивание грунтов. На участках, сложенных песчаным материалом большой мощности (озерно-ледниковые равнины, камовый рельеф, некоторые лимнокамы), в зоне прерывистых мерзлых пород проявляется эоловая дефляция. Зона развития ледникового рельефа, где отмечается наличие сплошных мерзлых пород большой мощности, характеризуется распространением криогенного растрескивания, роста повторно-жильных льдов, термокарста и гляциокарста, пучения, солифлюкции, эрозии по берегам рек. На участках неотектонических поднятий возрастает интенсивность проявления солифлюкции и других склоновых процессов. Необходимо отметить, что наиболее подвержены воздействию ЭГП прибрежные аккумулятивные равнины, участки развития песчаных отложений, склоны возвышенностей и плато, долины рек и берега озер, а наименее чувствительны плоские моренные равнины. Следует учитывать

также, что интенсивность проявления ЭГП усиливается в результате техногенной деятельности, связанной с разведкой и разработкой месторождений углеводородов, строительных материалов, строительством и т. д. Так, снятие растительного покрова, осушение территорий, а также сооружение водохранилищ, дорог, трубопроводов приводит прежде всего к изменению температурного режима пород и подземных вод, активизации деструктивных ЭГП, таких как дефляция, солифлюкция, причем последняя под действием техногенной нагрузки может преобразоваться в опасную форму оплывинно-солифлюкционного течения. В результате комплексного развития полигонального растрескивания и пучения пород, термоабразии, термоэрозии, термокарста усиливается общее заболачивание территории, что может привести к подтоплению сооружений.

Для выявления потенциально опасных участков, где могут активизироваться ЭГП, необходимо проведение экологического мониторинга на основе МДЗ. Проведенное сопоставление космических снимков LANDSAT, полученных в разные годы (с 1988 по 2001) и сезоны, позволило выделить участки наибольшего заболачивания и подтопления озер. Таким образом, МДЗ являются уникальным инструментом как для картирования участков распространения различных ЭГП, так и для их мониторинга.

Список литературы

1. Геокриология СССР. Европейская территория СССР / под ред. Э. Д. Ершова. – М., 1988. – 358 с.
2. *Смирнова, И. О.* Материалы дистанционного зондирования при мониторинге экзогенных геологических процессов / И. О. Смирнова, А. А. Русанова // Региональная геология и металлогения. – 2004. – № 21. – С. 56–65.
3. Экогеология России: в 2 т. / под ред. Г. С. Вартамяна. – М., 2000. – Т. 1: Европейская часть. – 300 с.

И. О. Смирнова, А. А. Русанова, Н. В. Смирнова

Научно-исследовательский институт космоаэрогеологических методов
(ГУП НИИКАМ), Санкт-Петербург

МОНИТОРИНГ ДИНАМИКИ БЕРЕГОВОЙ ЗОНЫ БАЛТИЙСКОГО МОРЯ (КАЛИНИНГРАДСКАЯ ОБЛАСТЬ) С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАТЕРИАЛОВ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ И ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ

Проявления экзогенных геологических процессов (абразии, аккумуляции, оползней, овражной и русловой эрозии и др.), а также антропогенная деятельность (добыча полезных ископаемых, строительство, сельскохозяйственное производство) в пределах береговой зоны приводят к значительным ее изменениям. Поэтому мониторинг береговой зоны очень важен и должен проводиться как перед началом хозяйственного освоения береговой зоны, так и в процессе ее эксплуатации.

Наиболее эффективным методом изучения динамики береговой зоны является сравнительное дешифрирование ретроспективных материалов дистанционного зондирования (МДЗ) за значительный период времени. Такие исследования успешно проводились в НИИКАМ преимущественно по материалам аэросъемки на протяжении многих лет, в частности были проанализированы материалы аэрофотосъемки 1961, 1963, 1992 гг. береговой зоны Калининградской области [1]. При этих исследованиях на МДЗ разных лет в визуальном режиме определялись идентичные точки местности, вычислялось расстояние от них до уреза воды в момент съемки, рассчитывались скорость и направление передвижения береговой линии за анализируемый период [1]. Появление технологий ГИС, позволяющих проводить одновременный анализ большого количества пространственно привязанных данных, значительно ускоряет процесс дешифрирования, повышает его точность и дает возможность с минимальными затратами времени и средств провести количественную оценку произошедших изменений как в интерактивном, так и в автоматическом режимах.

В данной работе мониторинг динамики береговой зоны рассмотрен на примере побережья Балтийского моря в пределах Калининградской области (Самбийский полуостров, Куршская коса). Исследования выполнены в соответствии с технологией, разработанной авторами и реализованной на базе программного обеспечения ГИС (ERDAS Imagine, Map Info, Arc View) [3]. Для территории Самбийского полуострова создана база данных, включающая материалы космической съемки, полученные различными съемочными системами (фотографическими многоспектральными КАТЭ-200, КФА-1000, цифровыми многоспектральными JERS-1 OPS, VNIR, LANDSAT 5, 7, ASTER, IKONOS и др.), в период с 1978 по 2004 гг. и топографические карты масштаба 1:100 000, составленные по состоянию местности на 1965 г. В результате анализа МДЗ установлено, что в районе юго-западного побережья Самбийского полуострова с 1965 по 1992 гг. отмечалось спрямление береговой линии за счет аккумуляции песчаных наносов, источником которых стали сбросы пульпы янтарного комбината, расположенного в поселке Янтарный (район мыса Песчаный). Отмечен постепенный намыв берега на протяжении 6 км к северу и 5 км к югу от комбината, причем береговая линия «выдвинулась» в сторону моря почти на 2 км. В 1993 году положение береговой линии практически не изменилось, увеличилась только площадь озер, заполнивших карьеры, заложенные в пределах намытого берега к северу от мыса Песчаный. В период с 1993 по 2004 гг. берег севернее мыса Песчаный начал размываться, что могло быть связано с сокращением объемов работ, выполняемых Янтарным комбинатом в начале 90-х годов, и к 2004 году положение береговой линии практически стало таким же, как обозначено на топографической карте, состав-

ленной в 1965 году. В то же время положение береговой линии южнее мыса Песчаный практически не изменилось по сравнению с 1992 годом.

По территории Куршской косы, являющейся уникальным природным объектом как в геоморфологическом отношении, так и в качестве зоны отдыха, создана база данных, содержащая МДЗ, полученные с разных носителей в период с 1981 по 2003 гг. По результатам дешифрирования КС КФА-1000 (07.07.1981) и КС Ikonos (01.08.2003) для центральной части Куршской косы составлены схема ландшафтных комплексов по состоянию на июль 1981 г. и схема изменений ландшафта по состоянию на 01.08.2003 в масштабе 1:100 000. Выявлены следующие типы ландшафтных изменений: абразия северо-западного берега Куршской косы (смещение береговой линии в юго-восточном направлении и уменьшение ширины пляжа); зарастание северо-западного склона дюнной гряды, смещение незакрепленных растительностью дюн юго-восточного берега в сторону Куршского залива; образование озер на участках смещения незакрепленных дюн. Проведено вычисление площади измененных за период с 1981 по 2003 гг. территорий. Наибольшую площадь, составляющую 2,77 км², имеют зарастающие дюны. Площадь размытых участков пляжа составила 1,18 км², а участков, смещенных в акваторию Куршского залива – 1,73 км². Таким образом, общая площадь исследуемой части косы не уменьшилась, а даже увеличилась. По результатам анализа других МДЗ, включенных в базу данных, установлено, что величина и скорость перемещения береговой линии на различных участках в различные периоды времени отличаются. Для иллюстрации этого проведены измерения смещения береговой линии по трем профилям к северу и югу от пос. Рыбачий. Для измерений использованы космические снимки КФА-1000 (07.07.1981), Landsat 7 ETM (31.07.1999) и Ikonos (01.08.2003). Смещение береговой линии юго-восточного берега с 1981 по 1999 г. составило от 100 до 150 м. В период с 1999 по 2003 г. продвижение дюн на этих участках практически прекратилось, а по одному из профилей берег даже размылся на 10 м. Северо-западный берег косы в целом размывается, береговая линия и пляж смещаются в сторону суши. В отдельные годы исследуемого периода на отдельных участках пляж намывается снова. Однако не наблюдается тенденции к увеличению ширины пляжа в северной части косы, которое должно было бы происходить при преобладании вдольберегового переноса осадков. Выявленные на основе МДЗ изменения в береговой зоне косы подтверждает гипотезу о преобладании поперечного перемещения наносов над вдольбереговым и позволяет подтвердить данные авторов [2], рассматривающих Куршскую косу как береговой бар, образовавшийся в результате массового поступления материала со дна прибрежной части моря, т. е. преимущественно благодаря поперечному перемещению материала. Эти данные могут использоваться при планировании берегозащитных меро-

приятый. Следует отметить важность дальнейшего мониторинга береговой зоны Калининградской области на основе крупномасштабных МДЗ.

Список литературы

1. Бычкова, И. А. Использование материалов дистанционного зондирования при изучении морских побережий и акваторий / И. А. Бычкова, С. В. Викторов, Е. И. Кильдюшевский, Л. Л. Сухачева // Аэрокосмические методы геологических исследований / под ред. А. В. Перцова. – СПб., 2000. – С. 204–255.
2. Леонтьев, О. К. О морфологии и генезисе Куршской косы / О. К. Леонтьев, Л. А. Жиндарев, О. И. Рябкова // Геоморфология. – 1985. – № 4. – С. 86.
3. Смирнова, И. О. Материалы дистанционного зондирования при мониторинге экзогенных геологических процессов / И. О. Смирнова, А. А. Русанова // Региональная геология и металлогения. – 2004. – № 21. – С. 56–65.

Ф. Е. Шалькевич, Т. А. Жидкова

Белорусский государственный университет, Минск

СТАНОВЛЕНИЕ И РАЗВИТИЕ ДИСТАНЦИОННЫХ МЕТОДОВ В ПОЧВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Первые опытные работы по применению аэрофотоснимков для почвенного картографирования за рубежом были выполнены в округе Иллинойс (США) в мае 1926 г. и Ферганской долине (Узбекистан) в 1927 г. В России первой работой, посвященной методическим вопросам использования аэрофотоснимков при почвенном картографировании была статья А. Н. Лавенгунта (1931), в которой было отмечено большое преимущество аэрофотоснимков над планшетами с горизонталями при их использовании в качестве картографической основы.

Начиная с 1950 г., Почвенный институт им. В. В. Докучаева, почвенный факультет МГУ и Лаборатория аэрометодов АН СССР проводят систематические исследования по методике картографирования почв на основе аэрофотоматериалов в различных почвенно-географических зонах Советского Союза. В лесной зоне исследования проводили Афанасьева (1961, 1962, 1965), Вавилов (1964), Крейда (1962) и др., в лесостепной – Андроников (1957, 1958), Преображенский (1957, 1959), Толчельников (1959, 1960), степной – Орфанитский (1952), Цыганенко (1959), Симакова (1959), Семенова (1961) и др., в зоне пустынь – Кузнецов (1962, 1965). Аналогичные исследования для условий Латвии были выполнены У. А. Шведе (1969), Польши – С. Белоуш (1977), Украины – И. И. Любич (1978). Эти исследования послужили основой для подготовки ряда методических руководств: «Методика составления крупномасштабных почвенных карт с применением материалов аэрофотосъемки при почвенном картографировании» (1962), «Общесоюзная инструкция по крупномасштабным почвенным и агрохимическим исследованиям территорий колхозов и

совхозов и по составлению почвенных карт территорий производственных колхозно-совхозных управлений» (1964).

Важным событием было введение курса по дешифрированию почв в учебные планы университетов и других вузов. А. П. Мершиным (1964) для студентов ТСХА и сельхозвузов и Т. В. Афанасьевой (1965) для студентов университетов были написаны учебные пособия по использованию аэро-методов при картографировании и исследовании почв.

В Республике Беларусь работы по изучению методики использования материалов аэрофотосъемки при дешифрировании почв были начаты с 1972 г. в секторе географии и картографии почв Бел НИИ почвоведения и агрохимии под руководством А. А. Лепешева. Для территории Беларуси были изучены дешифровочные признаки почв пахотных угодий (Лепешев, Шалькевич, 1973; Качков, 1974, Шалькевич, 1975), под луговой (Лепешев, 1975; Соловей, Шалькевич, 1975, 1976) и лесной растительностью (Шалькевич, Тарасевич, 1975; Лепешев, Шалькевич, 1976; Фейгельман, 1991). Большое внимание уделяется изучению почвенного покрова территорий, подверженных мелиорации (Соловей, Лепешев, Шалькевич, 1974; Шалькевич, Качков, 1980; Шалькевич, 2005).

Сравнение материалов аэрофотосъемки, выполненных до и после мелиорации, позволило определить коэффициент относительной измененности ландшафтов Белорусского Полесья, который составил 34 %. Если до осушения (1951) распаханность территории составляла 23,2 %, то в 1976 г. – 57,8 % (Шалькевич, 1978).

Изучены особенности дешифрирования почв, подверженных водной и ветровой эрозии (Лепешев, Ярошевич, 1976; Шалькевич, 1978).

Разработаны технологические схемы последовательных операций с аэрокосмическими снимками при контурном и генетическом дешифрировании почв в предполевой период (Шалькевич, Качков, Заяш, 1979). Это способствовало внедрению материалов аэрокосмической съемки для почвенных исследований в проектных организациях «Белгипрозем», «Леспроект» и др.

Выполнены исследования по изучению зависимости спектральной отражательной способности и тона фотоизображения почв, сформированных на различных почвообразующих породах от их свойств (Шалькевич, 1986; Шалькевич, Сергиенко, 1988). Разработаны оптимальные сроки аэрокосмической съемки для почв, занятых под луговой, лесной растительностью и пахотными угодьями, составлены карты районирования территории Беларуси по оптимальным периодам съемки (Шалькевич, 1979; Шалькевич, Кавриго, 1979).

Важным направлением является использование материалов дистанционных съемок при изучении структуры почвенного покрова (Качков, 1976; Шалькевич, Капилевич, 1983; Шалькевич, Романова, 1989).

Комплексное дешифрирование материалов аэрокосмической съемки, а также количественные показатели структуры почвенного покрова позволили разработать и внедрить типологию земель (Шалькевич, 1981; Романова, Шалькевич, 1985) и провести микрорайонирование поймы р. Припять (Шалькевич, Качков, Топаз, 1999), выполнить природно-сельскохозяйственное районирование (Качков, Шалькевич, Лепешев и др., 2001).

Результаты исследований (Шалькевич, 1981) показали высокую эффективность использования материалов дистанционных съемок при почвенном картографировании, установлено, что объем полевых исследований сокращается на 39,5 % в основном из-за предполевого камерального дешифрирования снимков. Если при традиционном методе на выведение почвенных границ уходит 22,2 % рабочего времени, то с применением аэрофотоснимков – 1,2 %. Сравнительный анализ информационной нагрузки почвенных карт показал, что информативность почвенных карт, составленных на основе аэрофотоснимков, по сравнению с почвенными картами, составленными традиционным методом, возрастает в 2–3 раза (Шалькевич, Жмойдяк, Явид, 1989). Разработаны критерии для оценки степени строения и периодичности обновления почвенных карт (Шалькевич, Жмойдяк, 1988). Выполненные исследования были положены в основу для подготовки и издания ряда методических пособий и рекомендаций (Использование материалов аэрофотосъемки при инвентаризации оврагов, 1988 г.; Указания по использованию аэрофотоматериалов при крупномасштабном картографировании почв, 1988 г.; Методика составления карты типов пойменных земель, 1990 г.; Методика дистанционной диагностики мелиоративных торфяных почв Полесья по материалам аэрофотосъемки, 1999 г.; Составление тематических карт на основе дешифрирования аэрокосмических снимков, 2000 г.).

В последнее время одним из важнейших направлений в почвенной картографии является разработка компьютерных технологий для обработки аэрокосмического изображения с целью составления почвенных карт. Разработана методика индикации почв и структуры покрова (СПП) на основе цифровой обработки аэрофотоснимков, которая включает следующие этапы: создание фотокартографической основы, предварительную обработку фотоизображений, классификацию фотоизображений почвенного покрова, расчет количественных показателей СПП, интерпретацию результатов на основе системного анализа. Методика позволяет повысить оперативность и достоверность контурного и генетического дешифрирования почв, сократить трудоемкость и объем камеральных и полевых работ при почвенном картографировании (Топаз, 1999, 2006; Конах, Топаз, 2002, 2003, 2005).

ИССЛЕДОВАНИЕ РУСЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАТЕРИАЛОВ ДИСТАНЦИОННЫХ СЪЁМОК

Русловые процессы – совокупность явлений, возникающих при взаимодействии речного потока и грунтов, слагающих ложе русла, определяющих развитие различных форм рельефа русел и речных долин, режим их сезонных, многолетних и вековых изменений, которые определяют транспорт и аккумуляцию наносов. Постоянные водные потоки являются последним, результирующим звеном единого эрозионно-аккумулятивного цикла (плоскостной смыл – временные водные потоки – постоянные водные потоки), и одновременно составной частью физико-географической среды. Развитие и морфология русловых процессов определяются сочетанием климатических, геоботанических и геоморфологических условий на водозаборе, интенсивностью развития эрозионных процессов на водосборе, продукты которых поступают в русло, особенностями геологического строения и литологией грунтов водосбора, масштабом проявления техногенеза.

На современном этапе научных исследований в области русловых процессов использование аэрофотоснимков и материалов космической съемки открывает широкие возможности для детального анализа плановых деформаций русел и выделения типичных форм русловых образований. Ценность этих данных не подлежит сомнению вследствие их объективности и надежности для получения общих закономерностей и оценки тенденций развития русла, изучения динамики процессов. При решении многих практических и теоретических задач (выбор мест расположения мостов, переходов линий электропередач, газопроводов, водозаборных сооружений и др.) важным моментом является восстановление хода естественных плановых смещений русла. При этом аэро- и космоснимки выступают в качестве приоритетных по сравнению с картографическими материалами по причине представления реального, а не схематизированного в результате генерализации и применения условных обозначений изображения местности.

Цель работы заключалась в изучении русловых процессов в рамках Западно-Белорусской физико-географической провинции, используя материалы дистанционных съемок. Исследования охватили территорию бассейна Немана и частично бассейна Днестра в рамках провинции. В ходе работы были использованы космические снимки высокого разрешения, датированные 1999–2002 гг. В результате были получены количественные характеристики развития русловых процессов, выделены морфологически однородные участки русел, проведено районирование территории Западно-Белорусской физико-географической провинции с учетом направленности, интенсивности и типов русловых процессов.

СЕКЦИЯ III

ПРОБЛЕМЫ ПРЕПОДАВАНИЯ ДИСТАНЦИОННЫХ МЕТОДОВ, КАРТОГРАФИИ И ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ В ВЫСШЕЙ ШКОЛЕ

*С. В. Абламейко, А. И. Жук, А. А. Кравцов, В. В. Меньшиков,
В. А. Саечников, В. В. Понарядов, Е. В. Хомич*

Объединённый институт проблем информатики,
Белорусский государственный университет, Минск

РОССИЙСКО-БЕЛОРУССКАЯ СИСТЕМА ДИСТАНЦИОННОГО ОБРАЗОВАНИЯ – КЛЮЧЕВОЙ ЭЛЕМЕНТ СИСТЕМЫ ПОДГОТОВКИ КАДРОВ ДЛЯ БЕЛОРУССКОЙ КОСМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

В соответствии с указом Президента Республики Беларусь в настоящее время создается Белорусская космическая система дистанционного зондирования (БКСДЗ). Целью разработки БКСДЗ является обеспечение необходимой информацией для поддержки принятия решений задач управления на всех уровнях государственной власти Республики Беларусь, в системах управления ее министерств и ведомств, в решении своих функциональных задач различными организациями и предприятиями. Другими словами, основная цель создания БКСДЗ – обеспечение пользователей требуемыми ДДЗ или результатами их обработки.

Одним из необходимых элементов БКСДЗ, обеспечивающих ее устойчивое развитие, является создание системы постоянной подготовки и переподготовки кадров в областях науки и техники, связанных с обеспечением функционирования БКСДЗ и повышения эффективности использования получаемой с ее помощью информации. Поскольку в настоящее время трудно найти область практической деятельности человека, в которой не используются данные дистанционного космического зондирования, главной целью образовательного компонента системы является создание системы постоянной подготовки и переподготовки кадров в областях науки и техники, связанных с получением, обработкой и практическим использованием данных космического зондирования. Система подготовки ориентирована на специалистов самого различного уровня подготовки и профиля профессиональной деятельности и опирается на всю мощь современных средств оперативной передачи информации.

Современный этап мирового экономического развития характеризуется усилением интеграционных процессов между государствами практически во всех областях науки и техники. Увеличивается количество совместных международных научно-технических программ, все больше стран во-

влекается в сферу совместного освоения космического пространства. Важное место научно-техническая деятельность занимает в российско-белорусских межгосударственных отношениях. При этом естественен рост потребностей в высококвалифицированных молодых специалистах и ученых как в России, так и в Беларуси. Более того, обсуждение вопросов, связанных с управлением знаниями в космической деятельности на 55-ом Международном космическом конгрессе в Ванкувере, показало, что, как в области создания ракетно-космической техники, так и во множестве смежных областей научно-технической деятельности, проблема передачи знаний от одного поколения специалистов другому носит глобальный характер. В этих условиях создание международной системы распространения знаний и образования, в том числе в рамках Союзного государства, становится крайне важной и актуальной задачей. Дистанционное обучение должно стать одним из мощных инструментов, используемых в системе подготовки и переподготовки специалистов для обеспечения БКСДЗ.

С учетом изложенного и принимая во внимание перспективность и актуальность для России и Беларуси дистанционной формы обучения и подготовки специалистов по специальностям, связанным с развитием космических технологий, на основе современных информационных, мультимедийных и телекоммуникационных технических средств проводится мероприятие Союзного государства «Создание российско-белорусской системы дистанционного обучения». Государственным заказчиком-координатором выполнения мероприятия с российской стороны предлагается назначить Министерство науки и образования, государственным заказчиком с белорусской стороны – Министерство образования. С учетом опыта успешной реализации пилотного проекта системы дистанционного обучения в рамках российско-казахстанского сотрудничества, имеющегося научно-педагогический потенциал, предлагается головным исполнителем мероприятия с российской стороны назначить федеральное государственное унитарное предприятие «Государственный космический научно-производственный центр им. М. В. Хруничева» (НИИ космических систем), головным исполнителем с белорусской стороны – Белорусский государственный университет.

Для успешного решения задач в рамках системы дистанционного образования планируется создание следующих центров:

- главный (на территории России) и региональные (на территории России и Беларуси) технические центры дистанционного обучения, оборудованные современными средствами хранения, представления, обработки и передачи учебной информации, которые через телекоммуникационную подсистему ведут интерактивное обучение;
- групповые терминальные комплексы;
- персональные терминальные комплексы;

- телекоммуникационную подсистему, обеспечивающую связь между всеми комплексами.

Главный технический центр, располагаемый в НИИ КС – филиале ГКНПЦ им. М. В. Хруничева (г. Юбилейный Московской обл.), предназначен для:

- обеспечения интерактивного взаимодействия преподавателей из учебных заведений г. Москвы (МАИ, МГТУ, МИРЭА, МИИГАиК, МАТИ и др.) и специалистов организаций космической отрасли г. Москвы и Московской обл. со слушателями, находящимися в регионах;
- разработки видео и электронных курсов обучения;
- тиражирования и распространения учебных материалов;
- поддержки технических средств хранения, каталогизации и актуализации информации;
- технической поддержки региональных технических центров.

Аналогичные задачи должны решать региональные технические центры. При этом они должны опираться на местные учебно-образовательные структуры.

Групповые терминальные комплексы, размещаемые в учебных заведениях (школах, колледжах, вузах), предназначены для:

- получения информации из технических центров и ее представления в удобном для обучаемых виде;
- обеспечения интерактивного взаимодействия между преподавателями и обучаемыми.

Предполагается, что внедрение в практику российско-белорусской СДО уже в 2007–2008 гг. расширит на 15–20 % аудиторию обучающихся гуманитарным и политехническим специальностям в России и Беларуси. При этом к 2010 году в соответствующем объеме расширится базовый контингент специалистов, потенциально способных и заинтересованных найти применение своим знаниям и умению при создании конкурентоспособной научно-технической продукции и проведении научных исследований.

В процессе создания российско-белорусской системы дистанционного обучения и наработки лекционного материала будет сформирована уникальная, не имеющая аналогов информационно-учебная база, обеспечивающая преемственность знаний во многих областях научно-технической деятельности.

МЕСТО И РОЛЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРЕПОДАВАНИИ КАРТОГРАФИИ

Одним из важнейших вопросов современного учебного процесса является использование информационных технологий, что связано с широким внедрением новейших научных и технических достижений в практику человеческой деятельности. Преподавание картографических дисциплин на кафедре геодезии и картографии географического факультета предполагает постоянную работу с картографическими произведениями: создание, изучение и использование карт для получения знаний об отображаемых объектах и явлениях местности. Неотъемлемой частью этого процесса является применение персональных компьютеров (ПК) и программного обеспечения как в преподавании учебных дисциплин, так и в контроле полученных студентами знаний.

Основные направления применения информационных технологий можно представить следующим образом:

1. Обучение конкретным задачам при изучении определенной дисциплины. Например, изучение технологии автоматизированного создания карт с использованием ПК и прикладных программ.
2. Использование полученных знаний и навыков в процессе подготовки курсовых и дипломных работ.
3. Научно-исследовательская работа как индивидуальная (самостоятельная) форма обучения студентов под руководством преподавателя.
4. Ознакомление с компьютерными технологиями в период прохождения производственных практик в организациях картографического профиля.
5. Самостоятельное изучение студентами новых технологий на базе полученных знаний.
6. Использование ПК в качестве технического средства обучения: для проведения лекций-презентаций; демонстрации наглядных пособий (слайдов, энциклопедий и путеводителей на компакт-дисках); контроля знаний (компьютерного тестирования) и т. д.

Специфика современного картографического производства требует от специалистов знания новейших технических средств и технологий создания картпроизведений для целей их полиграфического воспроизведения.

На кафедре геодезии и картографии осуществляется обучение студентов основным техническим устройствам и способам автоматизированного создания карт, в частности составлению карт в интерактивном режиме с использованием персонального компьютера и программ векторной графики.

Существующие дизайнерские программы обработки векторной графики обладают инструментарием, позволяющим на экране компьютера создавать графические изображения, основанные на простейших геометрических символах (овал, прямоугольник, линия). Именно из этих графических (конструктивных) элементов может быть составлено картографическое изображение [1]. Каждый из этих элементов может иметь различные параметры: размер, цвет, внутреннюю структуру, ориентировку.

Современные персональные компьютеры и редакторы векторной графики (Adobe Illustrator, Macromedia FreeHand, CorelDraw) могут обеспечить построение картографического изображения, полностью отвечающего требованиям, предъявляемым к картографическому изображению: обеспечивают необходимое для печати качество графики, современный дизайн, оперативность изготовления оригиналов, многократность их использования и долговременность хранения на различных машинных носителях (дискетах, компакт-дисках, магнитооптических дисках и др.). Одновременно с этим значительно сокращается технологический цикл создания карты, т. к. в единый процесс объединяются изготовление составительского и издательского оригиналов.

С подобной технологией студенты знакомятся в период обучения, а затем применяют ее в научных исследованиях и при подготовке курсовых и дипломных работ. При этом технология отрабатывается и совершенствуется как на тематических, так и на общегеографических картах различных масштабов. Результаты работы докладываются на научных студенческих конференциях. Следует отметить, что используемые при этом технические устройства и программные продукты применяются и на картографическом производстве, так что студенты получают необходимые для производства и НИИ навыки создания картографических произведений на ПК.

Специфика создания картографического произведения с использованием персонального компьютера и графических программ дает возможность совмещать в одном процессе этапы обучения и контроля знаний. Лабораторные и практические занятия превращаются в единый процесс управляемой самостоятельной работы студентов (УСРС). Он носит обучающе-тренинговый характер, когда студент самостоятельно выполняет работу по составлению карты на экране компьютера, направляемую преподавателем. Одновременно проводится самокорректурa созданной карты и оценка преподавателем выполненной работы.

Особенностью УСРС на кафедре является преемственность учебных дисциплин, изучаемых студентами на разных курсах и в разных семестрах. К примеру, в курсе «Проектирование и составление карт» студенты на основе статистических данных составляют авторские оригиналы тематических карт вручную. В следующем семестре в процессе изучения дисциплины «Цифровая картография» они на основе изготовленного ими автор-

ского оригинала создают составительский оригинал карты на экране компьютера в интерактивном режиме в программе Adobe Illustrator. Такой оригинал имеет высокое качество изображения и может быть использован как для вывода на принтере, так и для типографской печати.

В процессе создания оригинала карты на экране компьютера студенты на практике закрепляют теоретические знания, полученные при изучении сразу нескольких дисциплин: «Проектирование и составление карт», «Цифровая картография», «Компьютерная картография», «Экологическое картографирование», а также базового курса «Картография».

Электронные версии лекционных и методических материалов, обеспечивающих названные курсы, размещены на сервере факультета, что предоставляет дополнительные возможности для самостоятельного освоения учебных дисциплин.

Плановая информатизация учебного процесса на кафедрах поставила задачу перевода в электронную форму контроля полученных знаний, что оформляется в виде электронных тестов, вводимых в систему дистанционного обучения.

Список литературы

1. Васмут, А. С. Автоматизация и математические методы в картосоставлении: учеб. пособие для вузов / А. С. Васмут, Л. М. Бугаевский, А. М. Портнов. – М., 1991. – 391 с.

Р. А. Жмойдяк

Белорусский государственный университет, Минск

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ КАРТОГРАФИИ И ЕЁ ПРЕПОДАВАНИЯ В ВЫСШЕЙ ШКОЛЕ

Картография – один из основных курсов в университетской подготовке студентов-географов, геоинформатиков. Освоение курса способствует формированию картографического мировоззрения, дает основы работы с картографическими произведениями (географическими картами, атласами, космическими снимками, электронными картами и другими геоизображениями) и в целом вооружает знаниями о способах отображения окружающего мира, пространственном анализе и моделировании.

При преподавании картографии в высшей школе необходимо иметь в виду, что в последние десятилетия стремительный прогресс картографии и смежных с ней дисциплин привел к появлению новых способов и технологий картографирования, новых типов картографических произведений (электронных карт и атласов, анимаций, трехмерных картографических моделей и других геоизображений), которые стали широко использоваться в исследованиях географами, экологами, геологами и другими специали-

стами в науках о Земле и смежных социально-экономических отраслях знаний.

Для современной картографии характерно внедрение ГИС и Интернета, составление карт и атласов в компьютерных сетях, использование технологий виртуального картографирования, что повышает надежность картографирования, оперативность создания и распространения карт. Применение специализированных геоинформационных технологий, электронного цветоделения, электронных издательских систем при составлении, подготовке к изданию и издание карт в сочетании с опытом традиционной картографии позволяет изготавливать карты более высокого качества. Они становятся точнее в геометрическом отношении, более разнообразны по цветовому, штриховому, полутоновому оформлению и дизайну. При этом необходимо максимально использовать достижения традиционного картографирования, весь опыт проектирования и составления картографических произведений, накопленный вековым развитием картографии, включая методы географической локализации, принципы генерализации, приемы взаимного согласования карт и т. п.

Опасаться, что картография будет вытеснена геоинформационными технологиями или растворится в компьютерных сетях, не следует. Карта будет всегда нужна исследователю для анализа, моделирования как средство познания окружающей среды, как способ передачи пространственной информации для ее визуального восприятия. Поэтому картография будет существовать до тех пор, пока существует наука о Земле и планетах. И, наконец, различные компьютерные технологии, связанные с геопространством, не могут обходиться без картографии, поскольку карта есть форма существования геоинформатики. Следовательно, картография будет существовать, пока развиваются технологии, моделирующие пространство. Современная картография и геоинформатика не могут обойтись одна без другой.

Конец XX – начало XXI вв. характеризуется крупными открытиями в самой картографии, разработками новых форм картографических изображений, переосмыслением роли картографии в информационном обеспечении общества и в формировании научной картины мира. Все это создало предпосылки для перехода картографии на интенсивный путь развития, вскрыло новые направления ее роста, поставило перед ней новые проблемы и задачи, включая и пересмотр многих традиционных положений. К основным из них можно отнести:

- разработку новых принципов организации и технологий картографических работ, обеспечивающих эффективное освоение современных технических средств;
- разработку теоретических, методических и технических вопросов использования материалов дистанционного зондирования, определение

перспектив участия картографии в глобальном и других видах мониторинга среды и ресурсов, создание единой теории видоизображения, развитие комбинированных форм передачи информации, определение эффективных путей развития картографо-аэрокосмического метода исследований;

- решение научных и технических проблем дальнейшей интеграции информационных технологий, разработку концепции развития геоинформационных систем как составной части государственных систем сбора, хранения, обработки и использования информации, решение вопросов их научного, организационного, материально-технического, правового, кадрового и других видов обеспечения;

- формирование государственной системы информации о картографических источниках, единого каталога картографического фонда республики;

- изыскание новых принципов и стратегий картографического обеспечения науки и практики на базе современных технических средств и др.

Решение этих проблем и задач ускорит переход картографии в новое качественное состояние, обеспечит картографии важное место в решении многих проблем современности.

Все это необходимо учитывать в процессе преподавания картографии в высшей школе.

Т. Ю. Зенгина

Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова

МЕТОДЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ В АУДИТОРНЫХ ЗАНЯТИЯХ И ХИБИНСКОЙ УЧЕБНОЙ ПРАКТИКЕ СТУДЕНТОВ МГУ ПО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЮ

Современный уровень подготовки специалистов по природопользованию подразумевает овладение основными приемами научного и практического анализа в сфере природопользования. Это требует от будущих специалистов в первую очередь свободного владения навыками комплексного изучения современного состояния и особенностей территориальной организации региональных систем природопользования различных иерархических уровней. Основой такого анализа является картографический метод исследования как наиболее эффективный для изучения пространственных структур. В связи с этим овладение методами системного картографирования (лежащего в основе организации и функционирования экологического мониторинга, экологической экспертизы, проведения ОВОС и др.) фактически становится определяющим показателем уровня квалификации специалиста-природопользователя и отправной точкой любых исследований в данной области.

Поскольку в основе современного картографирования лежит использование ГИС-технологий, в своей будущей практической деятельности специалисты по природопользованию должны свободно владеть основными приемами создания и использования ГИС для информационного обеспечения принятия решений и управления природопользованием, а также методами обработки и анализа данных в различных ГИС-пакетах. Важнейшим моментом на современном этапе является обучение будущих специалистов навыкам оперативного и динамического картографирования регионального природопользования на базе материалов дистанционного зондирования как одного из важнейших информационных потоков современных ГИС.

В связи с этим в учебные планы подготовки студентов по специальности 013400 «Природопользование» включены курсы, обеспечивающие формирование навыков современного ГИС-анализа, а также комплексного, системного анализа ситуаций в сфере природопользования с помощью материалов дистанционного зондирования. В рамках ряда курсов студенты изучают основные параметры аэрокосмических материалов разного типа, осваивают приемы их аналитической и цифровой обработки, а также овладевают навыками тематического дешифрирования и интерпретации полученных результатов. Важнейшим этапом этого изучения является освоение современных приемов полевого дешифрирования с использованием новых технических средств в рамках учебной полевой практики в Хибинах.

Полевая учебная практика студентов кафедры рационального природопользования географического факультета МГУ им. М. В. Ломоносова проходит в пределах центральной части Кольского полуострова, где активное промышленное освоение последних десятилетий привело к возникновению множества экологических, социальных и хозяйственных конфликтов природопользования.

В прошлом учебном году студенческая группа была привлечена к проведению работ по гранту РФФИ № 05-05-65015 «Системный анализ структуры и динамики природопользования в таёжной и тундровой зонах Европейского Севера России». Проводились комплексные работы по изучению современного природопользования Европейского Севера России для целей его оптимизации. В основу был положен картографический метод исследования и создание серии карт природопользования. Картографирование осуществлялось на разных масштабных уровнях: 1:2 500 000, 1:200 000, 1:50 000. Студенческая группа принимала участие в крупномасштабных исследованиях в пределах Кировско-Апатитского и Мончегорского районов Мурманской области. В ходе работ использовались многозональные снимки с американского спутника Landsat-7 с пространственным разрешением 30 м и панхроматический снимок с индийского спутника IRS с пространственным разрешением 5,8 м.

Подготовка к экспедиционным исследованиям проводилась одновременно с подготовкой к практике и была включена в учебный процесс весеннего семестра. На этом этапе студенты в рамках курса «Полевые методы исследования» освоили теоретические основы дистанционного зондирования, познакомились с основными функциями и меню ГИС-пакета ArcPad, получили первичные навыки обработки многозональных космических снимков в ГИС-пакете IDRISI, освоили процедуру тематически ориентированного синтеза. Итогом стали подготовленные цветные синтезированные снимки на район исследования в двух вариантах: синтез по 2, 4, 5 каналам (для дешифрирования видового состава и состояния растительности) и по 1, 2, 3 каналам (для дешифрирования дорожно-транспортной сети, карьеров, отвалов, промышленных зон предприятий, зоны техногенной пустоши, населенных пунктов и др.). Снимки и карты были введены в карманный персональный компьютер (КПК) HP IPAQ 2210.

В ходе летней учебной практики проводилось полевое дешифрирование с использованием мобильного полевого комплекта, состоящего из: КПК HP IPAQ 2210, GPS-приемника и цифровой фотокамеры PENTAX-OptioS55. Результатом этого этапа работ стали: 1) электронная таблица координат контрольных точек описания, 2) текстовые файлы комплексного описания точек, 3) электронные варианты маршрутов и контуров дешифрирования, выделенных в полевых условиях, 4) электронная фототека типичных природно-территориальных комплексов, 5) электронный фотогербарий, состоящий из трех разделов («а» – наиболее характерные виды, «б» – редкие и охраняемые виды, «в» – болезни растений, обусловленные техногенным воздействием). Кроме того, осуществлялся выбор, координатная привязка и детальное описание наиболее типичных ключевых участков для последующего создания обучающих выборок и проведения автоматизированной классификации космических снимков программными средствами.

Заключительный этап работы осуществлялся в Москве во время компьютерного практикума в рамках учебного курса «Космические методы в природопользовании». В ходе занятий экспедиционные материалы были перенесены в настольный персональный компьютер, осуществлена координатная привязка снимков с использованием полевых данных, создана карта фактического материала и окончательный вариант схем дешифрирования на ключевые участки. С использованием программного пакета IDRISI была проведена автоматизированная классификация с обучением на основании данных полевых исследований на ключевых участках, которые использовались для создания обучающих выборок. Полученные результаты сравнивались с результатами классификации «без учителя» и составленными в полевых условиях схемами дешифрирования.

Общим итогом работ явилось участие ряда студентов в разработке фрагментов карт природопользования масштаба 1:50 000 и 1:200 000 на несколько ключевых территорий: Кировского административного района, зоны воздействия комбината «Североникель» по результатам комплексного эколого-географического профилирования по маршруту Мончегорск – Лапландский биосферный заповедник, зоны воздействия горнопромышленного предприятия «Апатит», Хибинского горного массива и др.

Таким образом, опыт последовательного освоения методов дистанционного зондирования и ГИС в рамках триады «весенний семестр – летняя учебная практика – осенний семестр» позволил студентам овладеть как теорией, так и практикой не только традиционного использования карт и аэрокосмических снимков, но и современными техническими средствами и методами регистрации исходных материалов и результатов полевых работ, их камеральной обработки и дальнейшей тематической интерпретации для целей оптимизации регионального природопользования.

Ж. А. Лялькова

Международный государственный экологический университет
имени А. Д. Сахарова, Минск

ЭКОЛОГО-КРАЕВЕДЧЕСКИЕ ЗНАНИЯ У ШКОЛЬНИКОВ И ИХ ФОРМИРОВАНИЕ НА ОСНОВЕ МАТЕРИАЛОВ ДИСТАНЦИОННЫХ СЪЕМОК

Прогрессивная педагогическая мысль во все времена высоко ценила роль природы в формировании личности, утверждая истинность положения, что вся духовная жизнь человека самым неразрывным образом связана с природой. Основное внимание в педагогическом процессе направлено преимущественно на формирование у школьников экологического сознания и экологической деятельности.

Школа является важным звеном в формировании экологической грамотности у подрастающего поколения. В обычной практике на уроках используются приемы, которые ориентированы на слуховое и зрительное восприятие, направленное на развитие интеллектуальной сферы. Однако экологическое воспитание в школе всегда важнее экологического обучения. Ученик может много знать, быть эрудированным в вопросах экологии и краеведения и в тоже время собирать букеты растений, занесенных в Красную книгу.

Известно, что наиболее эффективной формой эколого-краеведческого воспитания являются экскурсии. Они позволяют лучше познать свой родной край, учат вести наблюдения, составлять описания, что углубляет их природоведческие знания, т. е. играют важную роль в реализации задач экологического образования и воспитания в школе. Кроме того, экологи-

краеведческие экскурсии делают процесс обучения более увлекательным, повышают общую культуру учащихся, расширяют их кругозор. Однако, чтобы достичь данных результатов, необходимо совершенствование учебно-методических разработок по проведению школьной краеведческой работы с учетом новейших достижений в области науки и практики. Связующим звеном в решении данной проблемы могут служить материалы дистанционных съемок.

Материалы аэрокосмической съемки, дающие объективное изображение земной поверхности на различных уровнях (локальном, региональном, глобальном) и в различных масштабах, позволяют широко использовать их для изучения различных природных явлений. Материалы аэрокосмической съемки могут успешно использоваться как на уроках географии, внеклассной работе, так и при организации эколого-краеведческих экскурсий. Например, глобальные снимки с изображением целого полушария являются убедительным доказательством шарообразности Земли и характера распределения облачности в атмосфере в зависимости от природных зон. Зрительно хорошо запоминается вид поясов низкого атмосферного давления в экваториальной зоне и высокого давления в тропических зонах, а также картина мощных движений облачности в циклонах средних широт. С помощью снимков регионального уровня хорошо формируется зрительное представление учащихся об абрисе материков и морей, о реальном виде сверху горных стран, характере растительного покрова, распространении ледового и снежного покровов и т. д. Особенно эффективно использование монтажей аэрокосмических снимков при изучении как статичных, так и изменяющихся со временем природных образований.

Аэрокосмические снимки, в отличие от географических карт, обладают высокой обзорностью, детальностью изображения и наглядностью, они дают объективное фотоизображение земной поверхности. Использование их в учебном процессе позволяет активизировать познавательную деятельность учащихся.

При работе с аэрокосмическими фотоснимками ученики делают для себя открытия, быстрее находят объяснения для различных природных явлений и устанавливают взаимосвязи между ними, а также находят пути предсказания их последствий и самостоятельно делают прогноз. А самое главное, фотоинформация аэрокосмических снимков способствует развитию творческого подхода в решении поставленных задач.

При организации эколого-краеведческих экскурсий целесообразно использовать крупномасштабные аэрофотоснимки. Наиболее оптимальными являются аэроснимки масштаба 1:1000–1:5000. Эти материалы обладают высокой наглядностью и доступностью, что облегчает распознавание на них различных объектов. Особенно большой интерес у школьников вызывают аэроснимки территории их родного края. В этом случае ученики с

большим интересом в камеральных условиях распознают местные объекты, составляют план местности, самостоятельно намечают маршрут движения.

Обязательным условием при подготовке экскурсии является наличие подготовительного этапа, в период которого кроме различных наблюдений ученики занимаются дешифрированием снимков. Для того, чтобы облегчить распознавание объектов, целесообразно использовать образцы изображений (аэрофотоэталонов), а также различные картографические материалы (планы местности, тематические карты и т. д.). Наряду с дешифрированием аэро-снимков, у учащихся формируются понятия об объектах, явлениях, закономерностях и зависимостях, связанных с экологическими вопросами.

Безусловно, что для более эффективного использования материалов аэрокосмической съемки в школьной эколого-краеведческой работе необходимы учебно-методические пособия, дающие общее представление о возможностях материалов аэрокосмической съемки в географии, так как в вузах республики, кроме Белгосуниверситета, где ведется подготовка педагогов-географов, не читается курс «Аэрокосмические методы в географических исследованиях». Следовательно, многие учителя школ не владеют вопросами особенностей аэрокосмического изображения различных природных объектов и явлений.

В настоящее время в республике имеется опыт по созданию пособий по краеведению. Например, в Минской области при участии Института повышения квалификации подготовлены пособия для учащихся по административным районам: «Борисов и Борисовщина», «Любанский район» и др. На географическом факультете Белгосуниверситета создан атлас для школы «Изучение Земли из космоса», который состоит из восьми тематических блоков, где дается характеристика аэрокосмических методов и возможности их использования при изучении различных природных явлений.

На наш взгляд, имеющиеся разработки могут служить основой для создания методических рекомендаций и пособий по организации и проведению эколого-краеведческих исследований с использованием материалов аэрокосмической съемки, внедрение которых позволит повысить интерес у школьников в данных исследованиях, активизировать процесс обучения и повысить его научный уровень, увеличить глубину и прочность географических знаний.

**ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА АЭРОКОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ
В УЧЕБНОМ ПЛАНЕ СПЕЦИАЛИЗАЦИИ «ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ
ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ»**

Специализация «Географические информационные системы» была открыта на географическом факультете Белгосуниверситета по инициативе Государственного комитета по земельным ресурсам, геодезии и картографии (Госкомзема). Поэтому учебная программа формировалась таким образом, чтобы выпускники факультета, будучи направленными на предприятия и организации Госкомзема, могли заниматься не только проблемами создания и эксплуатации ГИС и построенных на их основе земельно-информационных систем, но и создания их топографической основы. Это потребовало включения в учебную программу ряда дисциплин геодезического цикла, в том числе и фотограмметрии, методы которой завоевали всеобщее признание и являются основными при создании топографических и земельно-кадастровых карт, планов и иного картографического материала. При этом методы создания картографической основы все более смещаются в сторону использования материалов дистанционного зондирования высокого и сверхвысокого разрешения, точность которых ныне соответствует требованиям, предъявляемым к планам масштаба 1:2000.

Курс фотограмметрии изучается в 6, 7 и 8 семестрах, в рамках двух курсов. Один из них называется «Математические и физические основы фотограмметрии» и завершается зачетом; второй называется «Фотограмметрия», а его изучение в 7 и 8 семестрах завершается экзаменами. Общий объем двух связанных между собой курсов составляет 174 часа, из которых 92 отведено на изучение теоретического материала, а 82 – на выполнение лабораторных и контролируемых самостоятельных работ (КСР). Перечень изучаемых разделов обоих курсов, выполняемых лабораторных и контролируемых самостоятельных работ и объемы в часах показаны в табл. 1.

Материальная база кафедры, обеспечивающая изучение курса фотограмметрии, представлена линзовыми стереоскопами, двумя аналитическими фотограмметрическими приборами «Стереонаграф-6» и постоянно обновляемыми демонстрационными версиями цифровой фотограмметрической системы (ЦФС) ФОТОМОД. Выбор этой системы обусловлен тем, что именно она применяется предприятиями и организациями республики, где установлена на 40 рабочих местах.

Решен на факультете и вопрос с учебными пособиями: в конце 2004 г. выпущен курс лекций; в начале 2006 года коммерческим издательством «ТетраСистемс» опубликовано учебное пособие, в котором отражены все

указанные в табл. 1 разделы. Завершается подготовка Практикума по фотограмметрии, в который войдут методические указания по выполнению всех лабораторных и контролируемых самостоятельных работ.

**Т а б л и ц а 1. Содержание рабочего плана курса «Фотограмметрия»
в 2006–2007 учебном году**

№ п/п	Теоретический курс (лекции)		Лабораторные работы и КСР	
	Наименование тем	Час.	Наименование работ	Час
Математические и физические основы фотограмметрии, 6 семестр				
1	Введение	2	-	
2	Основы аэрофотосъемки	3	Контрольная работа	2
3	Геометрические основы фотограмметрии	3	Решение задач по линейной перспективе	4
4	Теория одиночного снимка	10	Анализ изображения на аэро-снимке	12
	Итого	18	Итого	18
Фотограмметрия, 7 семестр				
4	Теория одиночного снимка	2	-	-
5	Трансформирование аэроснимков	4	Контрольная работа	2
6	Фотопланы и фотосхемы	2	-	-
7	Способы наблюдения и измерения стереомодели	4	Получение и наблюдение стереоэффекта	2
8	Теория пары аэроснимков	8	Контрольная работа	4
9	Построение фотограмметрической модели	4		
10	Универсальные стереофотограмметрические приборы	4	Построение фотограмметрической модели на АФП Стереонаграф-6	8
11	Пространственная фототриангуляция	10	Изучение ЦФС ФОТОМОД	6
12	Методы цифровой фотограмметрии	6	Построение фотограмметрической сети	14
	Итого	44	Итого	36
Фотограмметрия, 8 семестр				
12	Методы цифровой фотограмметрии	14	Построение цифровой модели рельефа	10
			Построение ортофотоплана	4
			Стереовекторизация	6
13	Материалы дистанционного зондирования и их фотограмметрическая обработка	12	Контрольная работа	4
14	Технология фототопографических работ	2	Составление проекта работ	4
15	Материалы фотограмметрической обработки в специальных исследованиях и ГИС	2	-	-
	Итого	30	Итого	28
Всего по курсу		92	Всего по курсу	82

* с учетом часов, отводимых на контролируемую самостоятельную работу (КСР)

Обеспечение лабораторных и контролируемых самостоятельных работ учебными материалами аэрофотосъемки успешно решается, и кафедра не испытывает в них необходимости. Однако фотограмметрическая обработка материалов дистанционного зондирования сверхвысокого разрешения связана с использованием планов крупного масштаба и полных (не урезанных) координат исходных точек, и потому обеспечение ими лабораторных работ остается серьезной проблемой по режимным соображениям.

Все студенты специализации ГИС проходят четыре производственных практики по шесть недель каждая (по завершению третьего и четвертого курсов, зимняя на четвертом курсе и преддипломная на пятом курсе). Часть студентов проходит эти практики на предприятиях и в организациях землеустроительной и топографо-геодезической служб республики, выполняющих фотограмметрические работы (предприятия Белгеодезия, Белгипрозем и его дочерних предприятиях, размещенных в г. Минске и в областных центрах). Свидетельством заинтересованности производственных предприятий в усилении подготовки выпускников географического факультета в области фотограмметрической обработки аэрокосмических снимков являются действующие договора университета с производственными предприятиями топографо-геодезической и землеустроительной служб, в соответствии с которыми четыре человека ежегодно проходят целевую подготовку в лабораториях факультета, производственных отделах и цехах. При отсутствии медицинских показаний эти студенты после окончания университета остаются работать в тех организациях, где они четырежды проходили производственные практики, совершенствовались в области выполнения фотограмметрических работ и своими руками готовили материалы для дипломной работы.

Ю. М. Обуховский

Белорусский государственный университет, Минск

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС «ИНДИКАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ»

Для решения многих задач тематического и комплексного картографирования, поисков полезных ископаемых, инженерно-геологических и почвенно-мелиоративных исследований, охраны и мониторинга окружающей среды в настоящее время широко используется ландшафтная индикация. Круг вопросов, решаемых с помощью этого метода, с каждым годом расширяется.

С 2003 г. на географическом факультете Белгосуниверситета для специальности «Геоинформационные системы» введен курс «Индикационные методы изучения природных ресурсов» (48 часов, в том числе лекционных 22).

С 2005 г. для студентов специализации «Картография» читается курс «Ландшафтная индикация» (28 часов, из них 18 лекционных). Для учебно-методического обеспечения названных дисциплин разработан соответствующий комплекс (УМК), который может быть задействован также при преподавании курса «Методы дистанционных исследований в геоэкологии».

Основой УМК является учебное пособие «Ландшафтная индикация» (находится в печати). Оно ориентировано на студентов и специалистов-практиков в рассматриваемой области знаний. Разрабатывая его, автор ставил перед собой две задачи: во-первых, показать уровень существующих теоретических разработок, полученных преимущественно при исследованиях в аридных районах, на основе белорусского фактического материала; во-вторых, отразить особенности изучения экзогенных процессов в антропогенно нарушенных ландшафтах, индикация которых разработана слабее, чем статичных объектов.

В рассматриваемом пособии учебный материал излагается в 12 главах, подразделяемых на три крупных модуля. В первом из них описаны теория и история развития ландшафтной индикации (основные понятия и термины, индикационные системы и классификация направлений исследований, особенности развития различных отраслей от древности до настоящего времени; современное состояние индикации в лесной зоне и в Беларуси, методика индикационных исследований).

Во втором модуле раскрыты особенности использования частных индикаторов (оптика ландшафта, рельеф, гидросеть, растительность, антропогенные объекты) и комплексных (экотярусы и индикационные системы, рисунок ландшафта). Даны индикационные схемы почвогрунтов и грунтовых вод для физико-географических провинций Беларуси, охарактеризованы основные особенности и зональные отличия лито- и гидроиндикаций. Отдельная глава посвящена тектоиндикации: изучению новейшей геодинамики и глубинного строения, индикации гляциодислокаций, полезных ископаемых.

В третьем модуле рассмотрены вопросы индикации экзогенных процессов, основные понятия и структура динамической индикации. Предложена концепция торфяно-болотных комплексов как основа диагностики морфогенеза и выявления экологически нестабильных участков на трансформируемых болотах. Исследованы особенности ретроиндикации процессов и картографирования антропогенной нарушенности ландшафтов. Изложена методика индикационного дешифрирования аэрокосмических снимков, ландшафтного картографирования и индикационной интерпретации ландшафтных карт. Завершает работу глава об ограничениях применения индикации.

Лекционный материал по курсу иллюстрируется дешифровочными эталонами, изготовленными по аэрокосмическим снимкам различного типа и масштабов, тематическими картами, графиками и рисунками.

Практические занятия по курсу проводятся по шести темам. Первое занятие – индикация почв в лесах: пользуясь тестовыми таблицами и схемой лесорастительных условий, студенты определяют экотоп типов леса и генезис почв, а также решают обратную задачу – по экотопу определяют почвенно-грунтовые и гидрологические условия. Следующие два задания посвящены дешифрированию земельных угодий и растительных индикаторов почвенно-грунтовых условий. В результате составляются индикационно-дешифровочные таблицы.

В задании № 4 по аэрокосмическим снимкам оконтуриваются типы антропогенной нарушенности ландшафтов и дается их классификация. Аналогичное задание выполняется по следующей теме с использованием топокарт. В заключительном практикуме студенты осваивают методику составления ландшафтных карт и их индикационной интерпретации.

По каждой теме лекции разработана серия проверочных вопросов. Тесты по курсу составлены в закрытой форме с вариантами: один из множества, подмножество из множества, порядок в множестве.

Следует отметить сложность рассматриваемого курса, в усвоении которого студенту необходимо увязывать методы дистанционного зондирования и картографирования со всем спектром наук о географическом ландшафте – от глубинной геодинамики до геоботаники. Однако итоги проведенных экзаменов в группе «Геоинформационные системы» показали хорошее овладение лекционным материалом и, как следствие, высокую оценку знаний.

Т. А. Попова

Научно-исследовательский институт космоаэрогеологических методов,
Санкт-Петербург

О ПРЕПОДАВАНИИ ДИСТАНЦИОННЫХ МЕТОДОВ ГЕОБОТАНИКАМ

Курс дистанционных методов не предусмотрен программой обучения геоботаников биологических факультетов. Нам кажется это большим упущением. Различные виды дистанционных съемок дают разнообразный материал для изучения экологии и закономерностей распределения растительного покрова по земной поверхности. Они позволяют видеть сопряженность в распределении растительности и почв, устанавливать приуроченность растительных ассоциаций к геологическим формациям, формам рельефа, глубине залегания и типу грунтовых вод, способствуя изучению индикационных свойств растительности. Материалы дистанционных съемок дают основу для объективного геоботанического и специального картирования.

Более десяти лет нами читался курс «Дистанционные методы в геоботанике» для геоботаников биолого-почвенного факультета Санкт-

Петербургского государственного университета в объеме 24-х часов. В связи с тем, что до этого геоботаники не получают подготовки по дистанционным методам, изложение начиналось с самых общих понятий о видах дистанционных методов, их специфике, преимуществах, возможностях применения для изучения растительного покрова.

Основная часть времени отводилась на аэрофотосъемку как наиболее совершенному по степени разработки на то время методу. Рассматривались физические основы аэрофотографии. Кратко характеризовались аппаратура и технология воздушного фотографирования, более подробно – материалы, получаемые при аэрофотосъемке. Изучались информационные свойства аэрофотоснимков: фотометрические, геометрические, стереоскопические.

Центральный раздел курса был посвящен основам дешифрирования растительности. В нем рассматривались свойства растительности, влияющие на характер фотоизображения: оптические, морфологические особенности, строение фитоценозов, сложение, комплексность, сочетания. Характеризовалась зависимость фотоизображения растительности от природных условий фотографирования: времени суток, сезона, погодных условий. Предлагалась общая методика дешифрирования растительности: ландшафтная основа, полевое дешифрирование, аэрофотографическое эталонирование, принципы систематизации эталонов, закономерности экстраполяции дешифровочных признаков, методы количественного анализа изображения растительности.

Важным разделом курса являлось дешифрирование основных типов тундровой, болотной, лесной, степной, пустынной, луговой растительности. Рассматривалась специфика дешифрирования растительности различных географических зон и высотных поясов.

Большое внимание уделялось вопросам геоботанического картирования на основе материалов аэрофотосъемки, а также дешифрированию и картированию в прикладных целях.

Заключительный раздел курса был посвящен характеристике новых видов дистанционных съемок: космической, радиолокационной, тепловой, многозональной. Рассматривались специфика каждого вида съемки, закономерности формирования изображения, особенности технологии съемки, возможность и направление использования материалов данного вида съемки в геоботанике.

Попутно в курсе затрагивались вопросы охраны окружающей природной среды. Специфика материалов дистанционных съемок такова, что они не только позволяют, но и вынуждают видеть и понимать взаимосвязь объектов и явлений в природе. Они наглядно убеждают в том, что воздействие на часть экосистемы вызывает изменения и в других её частях. Изменения, происходящие в природе под влиянием антропогенных факторов, объек-

тивно фиксируются на снимках. Сверхмелкомасштабные материалы отражают меру освоения регионов и показывают, насколько наша планета Земля обозрима, а её ресурсы конечны. Становится понятна необходимость охраны природы в планетарном масштабе.

Обращение в курсах дистанционных методов к вопросам охраны природы не требует большого количества дополнительного времени, но приносит значительные результаты, так как способствует воспитанию у молодых специалистов рачительного отношения к природе. Нам кажется целесообразным во всех курсах дистанционных методов, независимо от их направленности, уделять внимание вопросам охраны природной среды. В будущем это будет способствовать научной постановке вопроса охраны природы.

Несомненно, что объем в 24 часа очень мал для такого курса, как «Дистанционные методы в геоботанике», но и в таком виде он приносит пользу. Геоботаники, которые в своей практической деятельности заняты в значительной мере картированием и индикационными исследованиями, должны быть вооружены современными дистанционными методами. Для геологов, производственников, также как и для лесников, дешифрирование материалов дистанционных съемок является неотъемлемой составной частью методик работ. Геоботаники недопустимо отстают от них. По-видимому, настало время поставить вопрос о включении курса «Дистанционные методы в геоботанике» в обязательную программу обучения всех геоботаников. При решении этого вопроса необходимо предусмотреть мероприятия по подготовке преподавателей для новых курсов, по созданию учебных пособий, наглядных иллюстративных материалов, оборудованию специальных методических кабинетов.

Весь опыт практической и преподавательской деятельности показывает, что в стране необходим методический и тренировочный центр дистанционных исследований. По существу, роль такого центра длительное время выполняла Лаборатория аэрометодов АН СССР (ЛАЭР, ЛАЭМ). После передачи Лаборатории в Министерство геологии она получила геологическую направленность. Прекратила свою деятельность и межведомственная комиссия по аэрофотосъемке, действовавшая на базе Лаборатории аэрометодов. Для общего дела это потеря. Несомненно, что создание ЕДИНОГО МЕТОДИЧЕСКОГО И ТРЕНИРОВОЧНОГО ЦЕНТРА ДИСТАНЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ послужит стимулом к дальнейшему развитию теории и техники дистанционных методов и быстрейшему их внедрению в практику.

Список литературы

1. *Попова, Т. А.* Программа спецкурса «Дистанционные методы в геоботанике» / Т. А. Попова // Программы специальных курсов кафедры геоботаники и дарвинизма биолого-почвенного факультета / ЛГУ. – Л., 1978. – С. 75–77.

ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ОБРАБОТКИ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

Для географа аэрокосмические снимки служат одним из источников информации об изучаемых объектах и явлениях. Поэтому для географа очень важно уметь работать со снимками, извлекать из них полезную информацию, т. е. его задача – организовать наиболее результативную обработку аэрокосмических снимков с помощью имеющегося прикладного программного обеспечения.

Цифровая обработка изображений открыла новые возможности для автоматизации процесса тематической интерпретации многозональной информации. Имея материалы многозональной съемки, в отличие от цветной съемки в естественных цветах или спектральнозональной в искусственных цветах, можно синтезировать из нескольких спектральных зон не один, а множество вариантов цветного изображения, причем с помощью компьютера это выполняется моментально. Каждый вариант такого цветного изображения (вариант синтеза) содержит несколько отличную информацию о снятых объектах. На одном лучше выделяются дороги и сооружения, на другом – водные объекты, на третьем – лучше видны подробности распределения растительности. Современные компьютерные технологии позволяют производить такой синтез многократно и «на лету». Это далеко превосходит возможности работы только с твердой копией изображения на бумаге.

С возможностями компьютерной обработки многозональной информации студенты специализации «Картография» знакомятся в рамках спецкурса «Основы автоматизированного дешифрирования». В качестве обучающей используется программа MultiSpec (разработка университета Пердью, США). Эта программа хорошо известна среди специалистов по обработке снимков и распространяется бесплатно. Система позволяет обрабатывать многозональные снимки (например, получаемые со спутников Ресурс, Landsat), а также гиперспектральные снимки (получаемые, например, сканерами AVIRIS и MODIS).

Программа имеет широкий набор функций, а некоторые простые функции (построение графиков, ручное редактирование снимков) осуществляются с использованием общедоступных пакетов программ, таких как MS Excel, Adobe Photoshop и т. п. Это особенно важно при отсутствии доступа к дорогим коммерческим пакетам для обработки снимков (таким как ERDAS Imagine, ER Mapper, ENVI).

В пакете MultiSpec имеется цельный и логически обоснованный набор алгоритмов для двух основных типов компьютерной классификации снимков: с обучением и без обучения. Результаты классификации можно сохра-

нить в виде тематической карты с показом или без показа обучающих и тестовых участков.

Первое занятие включает знакомство с основными особенностями и функциями программы MultiSpec. Затем студентам предлагаются три практических задания: автоматический и ручной ввод многозональных снимков в программу, соединение нескольких зональных снимков, получение различных вариантов синтеза. Для обучения используются многозональные снимки Landsat ETM+ на район Москвы и МСУ-СК на район дельты Волги.

Второе занятие посвящено изучению особенностей отображения различных объектов на многозональных снимках и подготовке снимков к классификации. Оно разделено на две темы:

- изучение особенностей отображения объектов в различных спектральных зонах;
- создание обучающих выборок по многозональным снимкам для предложенных классов объектов.

Студентам предлагается подобрать оптимальные варианты синтеза для изучаемых объектов, построить и сравнить графики кривых спектрального образа, определить список выделяемых классов объектов, создать набор эталонных участков, рассчитать по ним обучающие выборки для оценки их разделимости по спектральной яркости и для проведения в дальнейшем классификации с обучением. Для выполнения задания необходимо ввести границы эталонных участков по заранее определенным координатам и оценить их качество по осредненным кривым спектрального образа.

Заключительное занятие посвящено применению алгоритмов классификации для эколого-географических исследований, в частности для картографирования элементов ландшафтов, растительного покрова и использования земель по снимкам МСУ-СК и ETM. Оно включает 3 темы:

- краткий обзор алгоритмов классификации, предлагаемых в MultiSpec;
- подготовительные этапы классификации с обучением;
- оценка результатов классификации.

Далее следует выбор алгоритма классификации и проведение классификации с обучением и без обучения, получение классифицированных изображений и сравнение результатов классификаций.

Широкий инструментарий пакета MultiSpec позволяет использовать его для самых различных задач эколого-географического картографирования, включая картографирование растительности, почв, ландшафтов, использования земель и т. п.

Использование в учебном процессе методов и приемов компьютерной обработки снимков позволило проводить лабораторные занятия на качественно новом уровне, активизировать познавательную деятельность студентов, повысить интерес к спецкурсам, связанным с интерпретацией и анализом дистанционной информации.

Ф. Е. Шалькевич

Белорусский государственный университет, Минск

РОЛЬ ДИСТАНЦИОННЫХ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЙ В ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ

Дистанционные методы являются одними из перспективнейших направлений в географических исследованиях. Они служат важнейшим источником объективной и оперативной информации о различных явлениях, происходящих в географической оболочке Земли, являются эффективным инструментом для контроля за состоянием окружающей среды и решения задач рационального природопользования. Очевидно, что дальнейший прогресс в развитии географических наук неразрывно связан с использованием дистанционных методов исследований. Однако их внедрение в условиях республики во многом сдерживается как из-за отсутствия соответствующих методических разработок, так и дефицитом высококвалифицированных кадров. В связи с этим при подготовке специалистов природоведческого направления возникает необходимость включения в учебные планы дисциплин, относящихся к дистанционным методам исследований, а также разработки соответствующих учебных программ и пособий.

С 1976 г. на географическом факультете Белгосуниверситета для специальности «География» в объеме 36 часов читается учебный курс «Методы аэрокосмических исследований». Для данной дисциплины на кафедре геодезии и картографии разработана типовая учебная программа и подготовлен курс лекций. Учебная программа согласуется с учебной программой курса «Аэрокосмические методы в географических исследованиях», разработанной для географических факультетов Санкт-Петербургского и Московского университетов. Условно ее содержание можно разделить на три блока. В первом блоке рассматриваются вопросы истории развития дистанционных методов, где на каждом из этапов которой отмечается вклад белорусов и выходцев из Беларуси в дистанционные методы исследований. Так, еще в 1650 г. Казимиром Семяковичем впервые в мире было сделано описание двухступенчатой ракеты. Уроженец Гродненщины академик Международной академии астронавтики Борис Владимирович Клиб длительное время работал в Лос-Анджелесском научно-исследовательском центре ракетных и космических исследований и впервые в мире опубликовал учебник по ракетной технике и ракетному топливу. В 30-е годы XX ст. С. Силюрский впервые изобрел затворку для фотоаппарата. В 60-е годы совместно с академиком С. П. Королевым разработкой третьей ступени ракет, которая позволила выводить космические аппараты на орбиты для полетов к другим планетам солнечной системы, занимался уроженец Случчины С. А. Косберг. Здесь же рассматри-

ваются носители съемочной аппаратуры и технические средства получения снимков, физические основы и природные условия формирования изображения на снимках и виды аэрокосмических съемок.

Вторая часть посвящена обработке аэрокосмического изображения и методам извлечения из него различной информации. В этой части дается характеристика геометрических, стереоскопических, изобразительных и информационных свойств снимков и получения количественных показателей с их помощью. Изложены теоретические основы дешифрирования аэрокосмических снимков, технология и методы работ с материалами аэрокосмической съемки при составлении тематических карт. Даются общие представления о компьютерной обработке аэрокосмического изображения. Усвоение данного материала позволяет теоретически подготовить студента к освоению материала третьего блока.

В третьей части программы рассматривается прикладное использование аэрокосмических съемок при изучении географической оболочки в целом и отдельных геосфер Земли. Охарактеризованы вопросы использования материалов различных видов съемок (фотографической, инфракрасной тепловой, радиолокационной и др.) для изучения различных природных явлений, а также возможности применения разновременных аэрокосмических снимков для мониторинга природной среды.

Существенное значение для успешного усвоения материала по данному курсу является наличие современной технической базы (аэрокосмические снимки, стереоизмерительные приборы, сканеры, компьютеры и т. д.), а также планирование количества лекционных и лабораторных часов, объем которых должен быть на уровне количества для базовых географических дисциплин.

На наш взгляд, важным является и то, что в связи с развитием программы Белорусской космической системы дистанционного зондирования Земли, тематика работ различных научно-исследовательских и проектных организаций будет направлена на использование материалов дистанционных съемок при решении различных научно-практических задач. Это значит, что потребуются специалисты, владеющие вопросами использования материалов дистанционных съемок в различных отраслях географических наук. В связи с этим считаем, что было бы целесообразным введение для различных специальностей и специализаций географического профиля спецкурсов, которые позволят студентам овладеть практическими навыками работ с материалами аэрокосмической съемки. Например, спецкурс «Тематическое дешифрирование» позволит освоить технологию визуального дешифрирования аэрокосмических снимков при составлении тематических карт, «Автоматизированное дешифрирование» – использование компьютерных технологий для этих целей, «Космические методы исследования почв», «Аэрокосмические методы изучения социально-экономических территориальных систем» и т. д.

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	2
ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ	
Гридин В. И. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СИСТЕМНО-АЭРОКОСМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ	4
Тяшкевич И. А. 40 ЛЕТ РАЗВИТИЯ МЕТОДОВ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ	6
Гарецкий Р. Г., Каратаев Г. И. КОМПЛЕКСНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ЛИТОСФЕРЫ БЕЛАРУСИ АЭРОКОСМИЧЕСКИМИ И ГЕОФИЗИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ	10
Губин В. Н., Пирожник И. И., Ковалев А. А., Коркин В. Д. КОСМОГЕОЛОГИЯ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ: РЕГИОНАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ, ЛИТОМОНИТОРИНГ, ОБРАЗОВАНИЕ	14
Иванов А. П. ПРИМЕНЕНИЕ ДИСТАНЦИОННЫХ ОПТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ ЗОНДИРОВАНИЯ АТМОСФЕРЫ.....	19
Ковалев А. А., Губин В. Н., Кузьмин В. Н. ПЕРСПЕКТИВЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ И ОЦЕНКИ ЕЁ СОСТОЯНИЯ	21
Обуховский Ю. М. ПРОБЛЕМЫ ИНДИКАЦИОННОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ.....	24
Перцов А. В., Антипов В. С., Гальперов Г. В., Журавлев Е. А. ДИСТАНЦИОННАЯ ОСНОВА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ – ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ПРИ ГЕОЛОГИЧЕСКОМ ИЗУЧЕНИИ НЕДР	
 СЕКЦИЯ I. МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ, ГИС	
Беляев Б. И., Катковский Л. В., Хвалей С. В. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПЕКТРОВ И ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ ОБЪЕКТОВ ЛЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ	32
Гледко Ю. А. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ – СОВРЕМЕННОЕ НАПРАВЛЕНИЕ ОБЩЕГО ЗЕМЛЕВЕДЕНИЯ	34
Гурьянова Л. В. РЕАЛИСТИЧНАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ОБЪЕКТОВ ГОРОДСКОЙ НЕДВИЖИМОСТИ НА БАЗЕ ГИС И ДДЗ.....	36
Давыденко О. В. РАДИОЛОКАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ РАСПОЗНАВАНИЯ ОПАСНЫХ АТМОСФЕРНЫХ ЯВЛЕНИЙ.....	37
Жидкова Т. А. БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО В ОБЛАСТИ ДИСТАНЦИОННЫХ МЕТОДОВ ЗОНДИРОВАНИЯ	39
Журавков М. А., Коновалов О. Л. ПРИМЕНЕНИЕ СПУТНИКОВЫХ И ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ СОЗДАНИИ СИСТЕМ СОПРЯЖЕННОГО ГЕОМОНИТОРИНГА ДЛЯ РЕГИОНОВ ИНТЕНСИВНОГО ОСВОЕНИЯ ПОДЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА.....	42

Козодеров В. В., Панасюк М. И., Радченко В. В. ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННОЙ СФЕРЫ ПО ДАННЫМ НАБЛЮДЕНИЙ ИЗ КОСМОСА	45
Клебанович Н. В., Алексеев В. Н. ВЕДЕНИЕ МОНИТОРИНГА АГРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВ ГРОДНЕНСКОЙ ОБЛАСТИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ.....	48
Ковриго П. А., Беганский А. В. ЗНАЧЕНИЕ СПУТНИКОВОГО ЗОНДИРОВАНИЯ АТМОСФЕРЫ В СИНОПТИЧЕСКОМ АНАЛИЗЕ	52
Ковриго П. А., Бобков С. В. ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ СВЯЗИ СОДЕРЖАНИЯ ОЗОНА В АТМОСФЕРЕ И СИНОПТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ	54
Кузнечик О. П., Горенков В. Н., Кузнечик В. О. ИК-СИСТЕМА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗЕМНОЙ АТМОСФЕРЫ	55
Кузнечик О. П., Горенков В. Н., Кузнечик В. О. ОСОБЕННОСТИ ЯРКОСТИ ОБЛАЧНОСТИ НА $l = 3,7$ МКМ	58
Макаров А. Л., Шовкопляс Ю. А., Ярмольчук Е. Д. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ КОСМИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ УКРАИНЫ	61
Марковников В. С., Шупляк В. И. ОБРАБОТКА СПЕКТРОЗОНАЛЬНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ ПРИ ДИСТАНЦИОННОМ ЗОНДИРОВАНИИ ПРИРОДНЫХ ОБЪЕКТОВ.....	63
Мархвида В. Г. ДИФРАКЦИОННО-ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКОЕ ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ	66
Панасюк М. И., Радченко В. В., Кузнецов С. Н., Мягкова И. Н., Красоткин С. А., Лазутин Л. Л., Свертилов С. Н. МОНИТОРИНГ ОКОЛОЗЕМНОГО КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ИСЗ «УНИВЕРСИТЕТСКИЙ-ТАТЬЯНА» В РАМКАХ КОСМИЧЕСКОГО НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЕКТА «МГУ-250».....	69
Паслен В. В., Хорхордин А. А., Михайлов М. В. НОВОЕ В ТЕХНИКЕ АНТЕННОГО СКАНИРОВАНИЯ.....	71
Пиотровский В. А. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ И ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ В ГЕОЛОГО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ	74
Попечиц В. И. МОНИТОРИНГ РАДИАЦИОННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АРИЛМЕТАНОВЫХ КРАСИТЕЛЕЙ.....	76
Сипач В. А., Кравчук В. Г., Тупицына Н. Б. ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРИРОДООХРАННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «БЕЛОВЕЖСКАЯ ПУЩА».....	79
Сурин В. Г., Кувалдин Э. В. СРЕДСТВА И МЕТОДЫ ПОЛЕВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРИРОДНЫХ ОБЪЕКТОВ.....	82
Хуторный В. В., Зевако В. С. ПЕРВЫЙ УКРАИНСКИЙ МОЛОДЕЖНЫЙ СПУТНИК.....	85

СЕКЦИЯ II. АЭРОКОСМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ

Абраменко Н. Н., Святогорев А. А. КОМПЛЕКСНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕРИАЛОВ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ СЪЁМОК (МАКС) И ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ ПРИ ПРОГНОЗНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ НА НЕФТЬ И ГАЗ (ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКАЯ ПЛАТФОРМА, ПРИПЯТСКИЙ ПРОГИБ)	88
Боричев С. П. СПОСОБ И АЛГОРИТМ СОВМЕЩЕНИЯ ЦИФРОВЫХ АЭРОКОСМОСНИМКОВ И КАРТ МЕСТНОСТИ ПРИ ОПЕРАТИВНОМ ОБНОВЛЕНИИ ИХ КОНТУРНЫХ ОБЪЕКТОВ	93
Волчек А. А., Кузавко Ю. А., Костюк Д. А., Волчек Ан. А. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РЕЧНОГО СТОКА	95
Высоцкий Э. А., Губин В. Н. СТРУКТУРНЫЕ КРИТЕРИИ ПОИСКОВ ГОРЮЧИХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ ПО ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИМ И ДИСТАНЦИОННЫМ ДАННЫМ	98
Груммо Д. Г., Вознячук Н. Л., Пучило А. В. КАРТОГРАФИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ	101
Груммо Д. Г., Зеленкевич Н. А. ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИЙ, ПОДВЕРЖЕННЫХ ТЕХНОГЕННОМУ ЗАГРЯЗНЕНИЮ.....	103
Губина Т. В. СТРУКТУРА КАРЬЕРНЫХ ГЕОСИСТЕМ ПО ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ	107
Джалилова Г., Таджиев У., Намазов Х. КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ЭРОДИРОВАННЫХ ПОЧВ НА ОСНОВЕ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ	110
Зайко С. М., Вашкевич Л. Ф., Бачила С. С., Рудь А. В. К ВОПРОСУ СОВМЕЩЕНИЯ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ И НАЗЕМНЫХ МОНИТОРИНГОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ОСУШЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ И ПОЧВ.....	113
Карабанов А. К. ОСНОВНЫЕ ФОРМЫ ПРОЯВЛЕНИЯ РАЗЛОМОВ В СТРУКТУРЕ НОВЕЙШИХ ОТЛОЖЕНИЙ И РЕЛЬЕФЕ ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ.....	116
Качков Ю. П., Панасюк О. Ю. О МЕТОДИЧЕСКИХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЯХ ПРИРОДНО-СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО РАЙОНИРОВАНИЯ С ПОМОЩЬЮ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ	119
Ковалев А. А., Ничипорович З. А., Гончаров А. В. СОЗДАНИЕ БАЗЫ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ ТОРФЯНО-БОЛОТНЫХ КОМПЛЕКСОВ БЕЛАРУСИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ИХ ИНВЕНТАРИЗАЦИИ.....	123
Комаровский М. Е., Комаровская О. А.ТИПИЗАЦИЯ ЛЕДНИКОВЫХ ЛОЖБИН БЕЛОРУССКОГО ПООЗЕРЬЯ ПО ГЕОЛОГО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИМ И ДИСТАНЦИОННЫМ ДАННЫМ	125
Конищев В. С. ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРИ ПОИСКАХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ АЛМАЗОВ В БЕЛАРУСИ.....	128
Костюкевич А. В., Мирончик В. М., Саечников В. А., Туруто В. Я. СИСТЕМА ОПЕРАТИВНОГО КОНТРОЛЯ ПАВОДКОВОЙ ОБСТАНОВКИ НА ВОДОСБОРАХ РЕК.....	131

Лепешев А. А., Ильючик М. А., Кучерова Е. В. ПРИМЕНЕНИЕ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ РАЗНОВРЕМЕННЫХ СНИМКОВ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ДИНАМИКИ РОСТА ОБРАЖНО-БАЛОЧНОЙ СЕТИ.....	133
Лопух П. С., Данилович И. С., Некрасова Л. А., Трофимова Л. Б. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДИСТАНЦИОННЫХ МЕТОДОВ ДЛЯ АНАЛИЗА СТОКА РЕК БЕЛАРУСИ.....	136
Михайлов В. И. ДЕШИФРИРОВАНИЕ ОЗЕР БЕЛАРУСИ ПО МАТЕРИАЛАМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ	137
Мурашко Н. И., Орешкина Л. В., Кравцов А. А., Мурашко В. Н. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ В ИНТЕРЕСАХ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА	140
Мышляков С. Г., Тяшкевич И. А., Белова Е. И. АВТОМАТИЗАЦИЯ ВЫДЕЛЕНИЯ ЛИНЕАМЕНТОВ ПО КОСМИЧЕСКИМ СНИМКАМ ПРИ НЕФТЕГАЗОПОИСКОВЫХ РАБОТАХ.....	142
Мякота В. Г. ОЦЕНКА ОПАСНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ТРАССАХ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАТЕРИАЛОВ ДИСТАНЦИОННЫХ СЪЁМОК	145
Павловский А. И. ГЕОИНФОРМАТИВНОСТЬ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ФЛЮВИАЛЬНОГО МОРФОГЕНЕЗА.....	148
Понтус В. Р., Понтус А. Р., Тяшкевич И. А. ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ ДИСТАНЦИОННЫХ СЪЁМОК В ПРОТИВОЭРОЗИОННОМ УСТРОЙСТВЕ ТЕРРИТОРИИ	149
Попова Т. А., Бычкова И. А., Шубина М. А. ПРИМЕНЕНИЕ ДИСТАНЦИОННЫХ МЕТОДОВ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ПРИРОДНОГО ПАРКА «ВЕПССКИЙ ЛЕС».....	152
Романкевич А. П. ДИСТАНЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИКИ РЕЛЬЕФА МЕЛИОРИРОВАННЫХ ЛАНДШАФТОВ	153
Романова М. Л., Андреева В. Л. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДИСТАНЦИОННЫХ МЕТОДОВ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ИССЛЕДОВАНИЯ ТИПОВ ЗЕМЕЛЬ ЗАПОВЕДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ СЕВЕРНОЙ ГЕОБОТАНИЧЕСКОЙ ПОДЗОНЫ БЕЛАРУСИ	155
Романова Т. А. ДИСТАНЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ И СТРУКТУРА ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА	157
Святогоров А. А., Абраменко Н. Н. ДИСТАНЦИОННАЯ ДИАГНОСТИКА ЗОН ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ АВАРИЙНОСТИ ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ (ЗОН РИСКА), СВЯЗАННЫХ С СОВРЕМЕННОЙ ГЕОДИНАМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТЬЮ	159
Сидорович Е. А., Ковалев А. А. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ В МОНИТОРИНГЕ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ.....	163
Смирнова И. О., Русанова А. А., Смирнова Н. В. ОБРАБОТКА И ДЕШИФРИРОВАНИЕ МАТЕРИАЛОВ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ НА БАЗЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ЭКЗОГЕННЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ (НА ПРИМЕРЕ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ТИМАНО-ПЕЧОРСКОЙ НЕФТЕГАЗОНОСНОЙ ПРОВИНЦИИ)	166

Смирнова И. О., Русанова А. А., Смирнова Н. В. МОНИТОРИНГ ДИНАМИКИ БЕРЕГОВОЙ ЗОНЫ БАЛТИЙСКОГО МОРЯ (КАЛИНИНГРАДСКАЯ ОБЛАСТЬ) С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАТЕРИАЛОВ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ И ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ	168
Шалькевич Ф. Е., Жидкова Т. А. СТАНОВЛЕНИЕ И РАЗВИТИЕ ДИСТАНЦИОННЫХ МЕТОДОВ В ПОЧВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ.....	171
Шныпаркова Ж. В. ИССЛЕДОВАНИЕ РУСЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАТЕРИАЛОВ ДИСТАНЦИОННЫХ СЪЁМОК	174
СЕКЦИЯ III. ПРОБЛЕМЫ ПРЕПОДАВАНИЯ ДИСТАНЦИОННЫХ МЕТОДОВ, КАРТОГРАФИИ И ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ В ВЫСШЕЙ ШКОЛЕ	
Абламейко С. В., Жук А. И., Кравцов А. А., Меньшиков В. В., Саечников В. А., Понарядов В. В., Хомич Е. В. РОССИЙСКО-БЕЛОРУССКАЯ СИСТЕМА ДИСТАНЦИОННОГО ОБРАЗОВАНИЯ – КЛЮЧЕВОЙ ЭЛЕМЕНТ СИСТЕМЫ ПОДГОТОВКИ КАДРОВ ДЛЯ БЕЛОРУССКОЙ КОСМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ	175
Атоян Л. В. МЕСТО И РОЛЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРЕПОДАВАНИИ КАРТОГРАФИИ	178
Жмойдяк Р. А. АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ КАРТОГРАФИИ И ЕЁ ПРЕПОДАВАНИЯ В ВЫСШЕЙ ШКОЛЕ	180
Зенгина Т. Ю. МЕТОДЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ В АУДИТОРНЫХ ЗАНЯТИЯХ И ХИБИНСКОЙ УЧЕБНОЙ ПРАКТИКЕ СТУДЕНТОВ МГУ ПО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЮ.....	182
Лялькова Ж. А. ЭКОЛОГО-КРАЕВЕДЧЕСКИЕ ЗНАНИЯ У ШКОЛЬНИКОВ И ИХ ФОРМИРОВАНИЕ НА ОСНОВЕ МАТЕРИАЛОВ ДИСТАНЦИОННЫХ СЪЁМОК.....	185
Назаров А. С. ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА АЭРОКОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ В УЧЕБНОМ ПЛАНЕ СПЕЦИАЛИЗАЦИИ «ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ»	188
Обуховский Ю. М. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС «ИНДИКАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ»	191
Попова Т. А. О ПРЕПОДАВАНИИ ДИСТАНЦИОННЫХ МЕТОДОВ ГЕОБОТАНИКАМ.....	193
Топаз А. А. ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ОБРАБОТКИ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ	196
Шалькевич Ф. Е. РОЛЬ ДИСТАНЦИОННЫХ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЙ В ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ	198