

ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В РЕСПУБЛИКЕ САХА (ЯКУТИЯ)

О. И. СЛЕПЦОВ, Г. П. СТРУЧКОВА, Т. А. КАПИТОНОВА
*Институт физико-технических проблем Севера СО РАН,
Якутск, Россия*

e-mail: o.i.sleptsov@iptpn.ysn.ru

The usage of the geoinformation systems is especially actual for a detailed study, assimilation, monitoring, safety measures and sustainable development of Yakutia territory where the standard methods are not effective due to large and sparsely populated territory. In the Yakut scientific centre of SB RAS the local data bases have been created in different directions of nature usage, preservation of surroundings, supplying the technogenic safety of complicated technical systems which are of great value not only for the Sakha Republic (Yakutia) but also for other neighboring regions of the Far East Okrug.

Природная среда Севера, подвергающаяся интенсивному антропогенному воздействию, претерпевает существенные разрушительные изменения. В первую очередь это связано с влиянием техногенных факторов на почвенно-растительный покров, атмосферу и гидросферу. Проблема исследования этих процессов, детального изучения, освоения и анализа перспектив развития территории Якутии имеет свои особенности из-за ее большой протяженности, малонаселенности и сложных условий природно-климатического характера. В этих условиях перспективным оказывается использование методов дистанционного зондирования с применением геоинформационных технологий. Геоинформационные технологии позволяют применить наиболее удобную для визуализации и анализа данных форму — картографическую, подключив все имеющиеся информационные ресурсы в виде баз данных и электронных таблиц. Имея интегральные характеристики рассматриваемых территорий, возможно осуществлять прогнозирование изменения ландшафта, связанного с влиянием антропогенных факторов, контроль за управлением состоянием криолитозоны, безопасностью объектов нефтегазового комплекса, магистральных газо- и нефтепроводов, технологических и транспортных сетей и пр. В совокупности создаваемые геоинформационные системы должны стать важным звеном повышения эффективности управления сферами народного хозяйства.

В 1995 г. в соответствии с постановлением Президиума СО РАН при Якутском научном центре (ЯНЦ) был учрежден Якутский региональный ГИС-центр, перед которым были поставлены задачи развития высоких информационных технологий, внедрения ГИС-технологий в научную и прикладную деятельность при решении задач управления территориями и безопасности с целью координации исследований, эффективного межотраслевого и международного сотрудничества. Мультидисциплинарные фундаментальные и прикладные исследования, проводимые научно-исследовательскими ин-

ститутами Республики Саха (Якутия), нуждаются в кооперации на основе новых информационных технологий, программных комплексов, баз данных, методов обработки пространственно-распределенной информации, которая в дальнейшем может быть использована как в научно-исследовательских целях, так и для поддержки принятия управленческих решений структурами государственной власти. Опыт развития геоинформационных систем показал, что без развития информационных технологий и без участия органов государственной власти создать единое информационное, в том числе и геоинформационное, пространство невозможно. В республике распоряжением Правительства РС(Я) № 430 от 21 августа 2001 г. была утверждена республиканская целевая программа «Развитие информационных ресурсов, информационных систем, технологий и средств их обеспечения в Республике Саха (Якутия) до 2005 г.». В Российской Федерации геоинформационные технологии развиты в большей степени, чем в Республике Саха (Якутия). В Российской Федерации имеется целый ряд документов и решений, которые объединили в единую систему органы исполнительной власти, научные и учебные заведения. Совместно с Республиканским информационно-консалтинговым агентством (РИКА) — организацией, курирующей процесс информатизации от Правительства РС(Я), рабочая группа сотрудников институтов ЯНЦ СО РАН и Академии наук РС(Я) разработала проект механизма реализации программы информатизации по блоку «Развитие геоинформационных технологий в РС(Я)». Концепция развития геоинформационных технологий разработана с учетом основной задачи — создания единого геоинформационного пространства Республики Саха (Якутия). Создание такого пространства и активизация работ в области геоинформационных технологий продиктованы насущными потребностями территориального развития региона. При правильной постановке проблемы и ее реализации получаемая геоинформация может стать базовым инструментом оперативного управления республикой и информационной основой экономического развития.

Для выполнения работ по внедрению геоинформационных технологий в рамках проекта целевой республиканской программы информатизации Министерства экономического развития РС(Я) и Республиканского информационно-консалтингового агентства институты ЯНЦ СО РАН и Академии наук РС(Я) подписали соглашение о совместном выполнении заданий единым исполнителем в виде объединения юридических лиц. В данное объединение стороны вносят имеющийся научный задел, программное обеспечение, лицензии, кадровый потенциал и другие ресурсы, необходимые для выполнения работ в области информатизации.

В научных организациях Республики Саха (Якутия) имеется опыт составления локальных ГИС-проектов. Работы институтов ЯНЦ, связанные с тематикой ГИС и дистанционного зондирования, финансируются как за счет бюджетных средств, так и из внебюджетных источников: гранты РФФИ, участие в международных проектах (проект GAME-GEWEX, совместные программы с университетом Хоккайдо, Национальным институтом полярных исследований, г. Токио), республиканские научные программы (например, программа «Экологическая безопасность Якутии»), интеграционные проекты с институтами СО РАН, хоздоговоры и т. п.; отдельные работы по ГИС выполняются по заказам республиканских министерств: чрезвычайных ситуаций, охраны природы и сельского хозяйства.

В настоящее время созданы локальные базы данных в различных направлениях природопользования, охраны окружающей среды и природно-техногенной безопасности. Анализ статистики чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характе-

ра показал, что основными природными опасностями на территории Республики Саха (Якутия) являются землетрясения, весенние паводки и лесные пожары. Количество техногенных ЧС напрямую связано с температурами эксплуатации [12].

В ряде институтов ЯНЦ СО РАН и АН РС(Я) ведутся работы в области геоэкологического картографирования. Например, в Институте мерзлотоведения СО РАН (ИМЗ СО РАН) созданы оригинальные карты надмерзлотных вод криолитозоны Якутии и мерзлотно-ландшафтная карта Якутии с кадастром ландшафтов по 54 физико-географическим провинциям Якутии, проведены комплексные исследования геоэкологической обстановки г. Якутска и прилегающих к нему территорий с использованием дистанционного и картографического мониторинга. Были проанализированы закономерности пространственно-временной изменчивости среды г. Якутска начиная с 1971 г. Составлены карты обводнения территории города по состоянию на 1971, 1989 и 1996 гг. на основе сравнительного анализа фактических наблюдений и дистанционных съемок. Сопоставление и комплексный анализ карт показали, что практически для всей территории прослеживается рост обводнения, который отличается только темпами [3, 4], причем в период с 1989 по 1996 г. его темпы заметно возросли по сравнению с периодом 1971–1989 гг. Отмечено, что появляющиеся техногенные болота в некоторых частях города занимают около 30–35 % площади и имеют весьма активное воздействие на инженерные объекты. Проблема усугубляется еще и тем, что твердые покрытия (дороги, площадки перед зданиями и под ними) способствуют сокращению испарения грунтовых вод, вследствие чего процессы подтопления приобретают катастрофический характер. Путем сопоставления разновременных карт выявлена тенденция сокращения древесной растительности с 1971 по 1996 г. [5].

С использованием аэрокосмической информации проведены исследования геоэкологической обстановки и геокриологические исследования горнодобывающих районов центральной части Южно-Якутского топливно-энергетического комплекса [3, 6]. Сопоставление материалов из различных источников (картографические материалы, аэрокосмические снимки, исследования и анализ авторов) позволили составить представление о динамике ландшафтной структуры территории в результате ее освоения. Анализ топографических и аэрокосмических материалов в различные периоды освоения территорий и данных геокриологических исследований позволил отследить и картографически отобразить динамику изменения многолетнемерзлых пород в процессе антропогенного воздействия на рассматриваемой территории и дать заключение о возможной тенденции изменения ландшафта, мощности многолетнемерзлых пород, эрозии почв на предстоящие периоды времени. Аналогичный комплекс работ был проведен в других районах Алданского плоскогорья, по результатам этих работ составлена серия крупномасштабных мерзлотных карт [7].

Более масштабны и хорошо различимы на дистанционных снимках районы горнодобычи, проводящейся открытым способом. Весьма интенсивное воздействие на эколого-горнокриологическую обстановку оказывает деятельность Депутатского оловорудного горно-обогатительного комбината (ГОК). На основе исследований, проведенных методами ГИС-технологий, по Депутатскому ГОКу детально проанализированы отдельные месторождения и даны рекомендации по восстановительным мероприятиям, позволяющим избежать необратимых последствий. Проведена оценка нарушения земной поверхности для всей территории, при этом выявлено, что общая площадь районов с нарушенной поверхностью составляет 13–15 %, а с крайне высокой степенью пораженности — 3–5 %.

Комплексный геоэкологический мониторинг проводился и по воздействию разработки каменноугольных месторождений на компоненты природной среды (на примере Эльгинского месторождения Южной Якутии) [8]. Составлена карта оценки последствий техногенного воздействия на природную среду по степени нарушенности территории. Эти работы можно рассматривать как начальный этап мониторинга. Периодическое обновление информации с сочетанием дистанционных методов исследования позволит оценить последствия и разработать комплекс компенсирующих мероприятий.

По мерзлотно-ландшафтному картографированию составлены ГИС-проекты “Спасская падь” и “Метеостанции Якутии” [9, 10], которые содержат наиболее характерные сведения о рассматриваемой территории и ориентиры для взаимного координирования имеющихся картографических источников. Проект “Спасская падь” состоит из блоков: базовые и тематические карты, отражающие особенности рельефа, водные объекты, дороги, растительный ландшафт и распространение мощности сезонного протаивания грунта. Блок базовых карт представлен тремя слоями (рельеф, объекты гидрографии, дороги, просеки), содержащими наиболее характерные сведения о территории. Блок тематических карт представлен серией из пяти цифровых карт, где основной слой — карта типов местности (на участке Спасская падь выделено 12 типов местности), затем идут растительность, сомкнутость крон деревьев, высота древостоя и зоны распространения мощности сезонного промерзания грунта.

Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН занимается биогеографическим картографированием, инвентаризацией лесов и растительности, экологическим мониторингом.

Малоснежная зима, засушливая весна и быстрый сход снежного покрова в основной части территории республики во многом определяют высокую пожароопасность и благоприятствуют возникновению многочисленных очагов лесных пожаров. При отсутствии соответствующих противопожарных действий и в условиях жаркой погоды мелкие очаги стремительно перерастают в крупномасштабные лесные пожары, эффективность борьбы с которыми во многом зависит от своевременности их обнаружения. Для небольших площадей эта задача может быть решена при условии достаточного финансирования путем регулярного авиапатрулирования или наличия разветвленной сети пунктов наземного наблюдения. Однако для контролирования обширных площадей, таких как территория Якутии, лесопокрытость которой составляет более 125 млн га, этих мер явно недостаточно. Чтобы обеспечить надежный оперативный лесопожарный мониторинг при таких обстоятельствах, необходимо применение современных спутниковых технологий детектирования пожаров, обеспечивающих высокую повторяемость и широту обзора. Как показывает практика, наиболее оптимальной системой космомониторинга лесных пожаров является система спутников NOAA, обеспечивающая высокую частоту обзора подстилающей поверхности за счет наличия на орбите более чем двух рабочих спутников, имеющих на борту многоканальный сканирующий радиометр AVHRR, один из рабочих каналов которого настроен на максимум излучения активного очага пожара [2].

На базе станции спутникового приема СКАНОР, установленной в Институте космических исследований и аэронавтики СО РАН (ИКФИА СО РАН) (Якутск) в 1994 г., организована система оперативного мониторинга лесных пожаров на территории Якутии по данным спутников NOAA. Якутский приемный комплекс СКАНОР был изготовлен в МНИТЦ “СКАН” и является одной из опытных серий станций, размещенных в России (Москве, Иркутске, Якутске) в первой половине 1990-х годов. Программное

обеспечение к ней разработано и поддерживается специалистами ИКИ РАН. За время эксплуатации станции создан цифровой архив данных HRPT-телеметрии, обновляемый по мере получения спутниковых данных [2]. Детектирование очагов пожаров осуществляется с помощью автоматизированного порогового алгоритма, разработанного в Институте солнечно-земной физики СО РАН. Как показала практика, автоматизированный алгоритм достаточно эффективен: крупные очаги пожаров (более 100 га) обнаруживаются практически всегда, даже сильная задымленность или экранирующая облачность не являются помехой для их детектирования. С уменьшением площади очагов на вероятность обнаружения начинают заметно влиять облачность, задымленность, неблагоприятные условия съемок (время суток, время пролета спутника, орбита спутника и т. д.). Пожары площадью 10–100 га обнаруживаются с вероятностью 0,7, менее 1 га

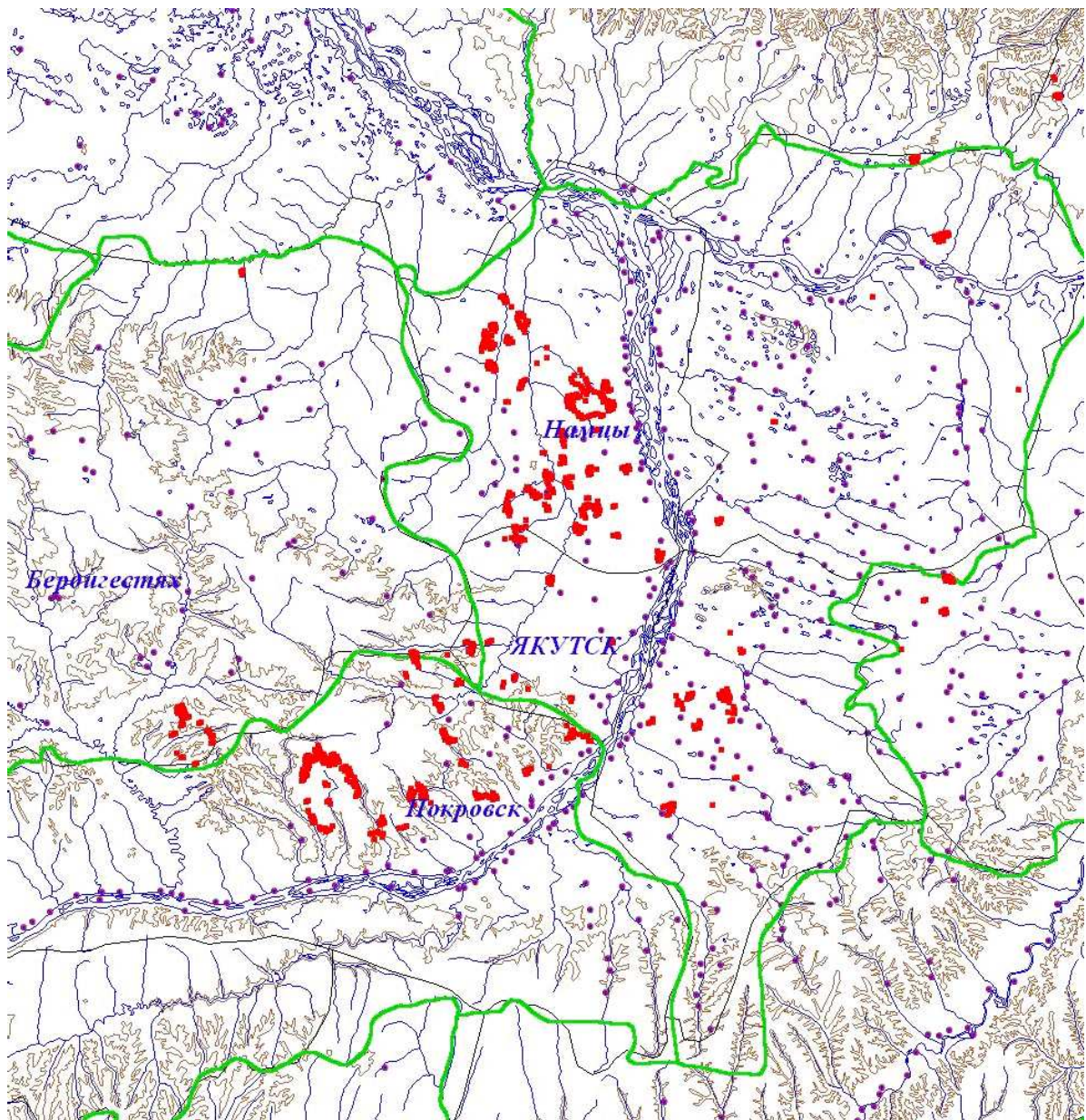


Рис. 1. Карта очагов лесных пожаров, обнаруженных по данным NOAA12 на территории Якутского, Покровского и Бердигестяхского авиаотделений

обнаруживаются в 20 % случаев, площадью 1–10 га — в 40 % случаев. Обнаруженные очаги пожаров накладываются в программе ArcView на цифровую карту миллионного масштаба, на которую также накладываются границы авиаотделений Якутской базы авиалесоохраны, что качественно повышает уровень информативности полученной по спутниковым данным карты лесных пожаров. На рис. 1 приведен пример карты пожаров, построенной для центральной части Якутии. Результаты оперативного спутникового мониторинга (паводковая обстановка, карта лесных пожаров, облачность, озон и др.) выставляются на веб-сервер ИКФИА СО РАН по адресу: <http://lgi.ysn.ru>, пример основной веб-страницы представлен на рис. 2.

В последние годы кроме традиционно сильных направлений по мерзлотоведению и дистанционному зондированию в ЯНЦ СО РАН активно работают в области ГИС (Институт геологии алмаза и благородных металлов СО РАН и Институт физико-технических проблем Севера (ИФТПС) СО РАН).

Для решения задач в области техногенной безопасности Якутии в ИФТПС СО РАН разработаны методология, структура и аналитико-экспертный блок, который необходимо организовать в ГИС-приложение. Основной целью разработки ГИС на сегодняшний день является создание системы управления чрезвычайными ситуациями на террито-

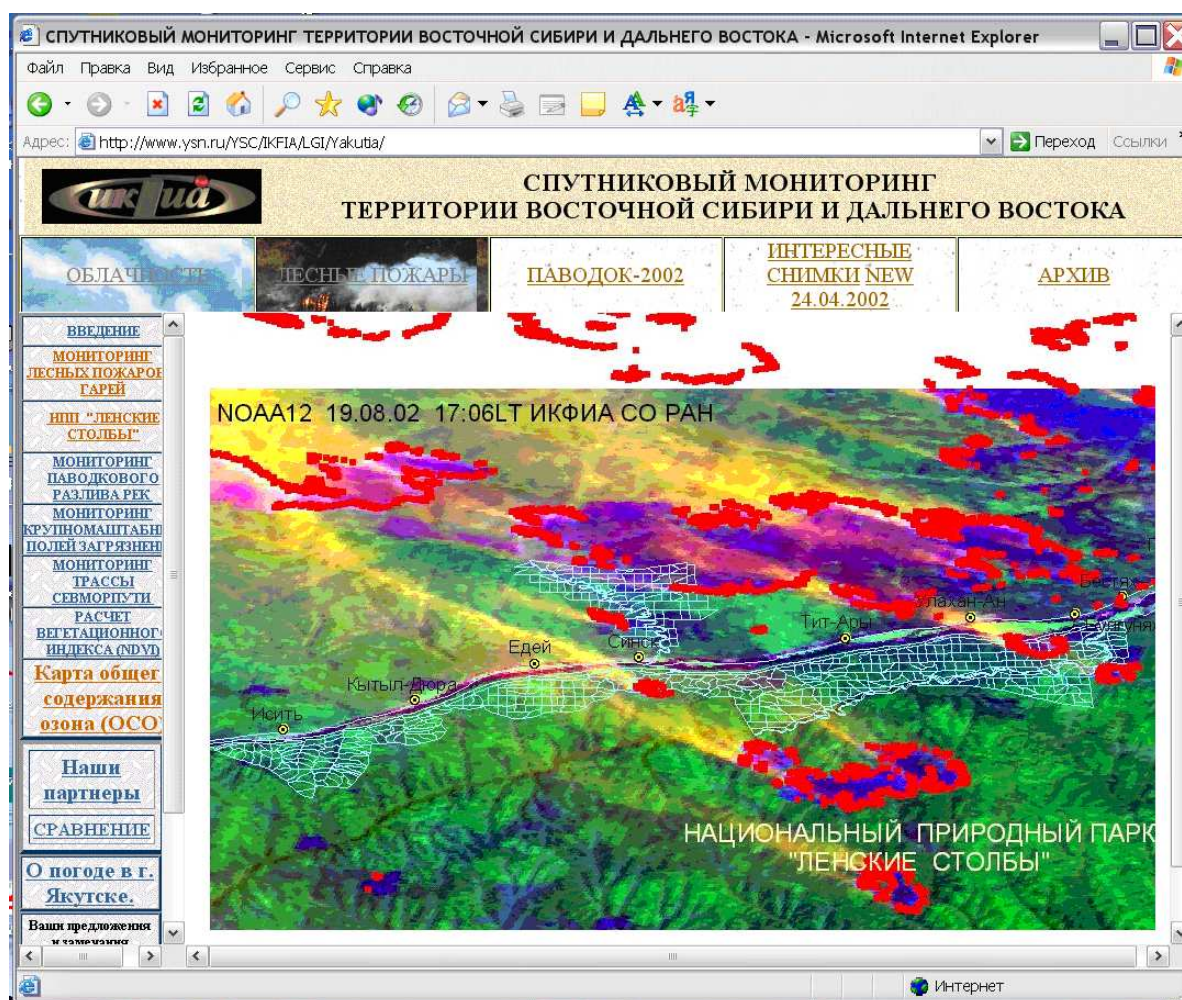


Рис. 2. Пример отображения на Интернет-сервере ИКФИА СО РАН карты лесных пожаров с растровой подложкой — спутниковым снимком

рии Республики Саха (Якутия) для снижения рисков и смягчения последствий чрезвычайных ситуаций природно-техногенного характера, повышения уровня защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций. Кроме того, в ИФТПС СО РАН ГИС используются при решении проблем повышения надежности работы магистральных трубопроводных систем (рис. 3), потенциально-опасных промышленных объектов. Для обеспечения информационно-аналитической поддержки принятия решений при эксплуатации критически важных и потенциально опасных объектов используются технологии прогнозного моделирования явлений и процессов зарождения и развития трещин, приводящих к разрушению, методы расчета живучести и остаточного ресурса. Такой подход повышает эффективность и устойчивость управления объектами нефтегазового и топливно-энергетического комплексов на территории республики. Кроме того, выполняются работы по проектам фундаментальных исследований СО РАН на 2007–2009 гг. “Создание геоинформационных баз данных для решения природно-техногенной безопасности на территории Северо-Востока России” по приоритетному направлению “Разработка научных основ распределения информационно-аналитической системы на основе ГИС и веб-технологий для междисциплинарных исследований”, работы по междисциплинарному интеграционному проекту СО РАН “Моделирование антропогенных воздействий и разработка методов оценки риска территорий Сибири и Крайнего Севера”.

Увеличение срока эксплуатации нефтегазопроводов, систем коммунального хозяйства, оборудования предприятий и т. д. приводит к естественному старению металла, снижению сопротивляемости разрушению и к неуклонному росту потока аварийных отказов, все чаще приводящих к человеческим жертвам и экологическим катастрофам.

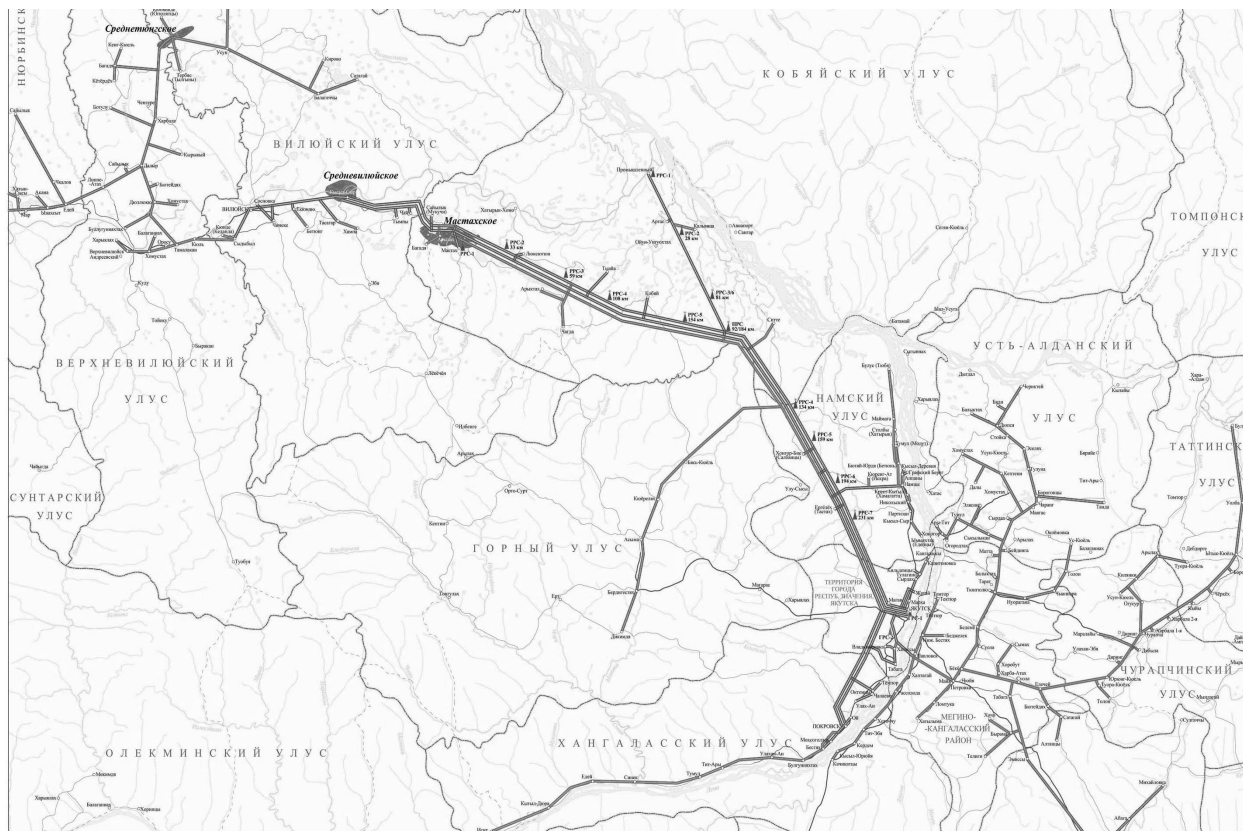


Рис. 3. Карта газификации центрального энергорайона Республики Саха (Якутия)

Темпы роста аварийных разрушений металлоконструкций с увеличением продолжительности их работы тем выше, чем жестче условия эксплуатации. На рис. 3 представлена карта газификации центрального энергорайона. Анализ аварийных разрушений трубопроводов и оборудования в системе ОАО «Газпром» за последние 7–8 лет, где более 60 % магистральных трубопроводов уже отработало более 20–30 лет, показал, что в регионах Крайнего Севера и Западной Сибири интенсивность отказов в 10–12 раз выше, чем в центральных районах страны. По официальным данным, ущерб от аварийных разрушений газопроводов в северных районах для ОАО «Газпром» в 2000 г. составил более 300 млн долл. США, а затраты на разработку и проведение всех видов диагностики — только около 12 млн долл. США [11].

В целях предотвращения аварийных ситуаций технических систем и объектов жизнеобеспечения, разрушение которых может привести к значительным экологическим и социальным потерям, в ИФТПС СО РАН развиваются следующие направления исследований [12]:

- разработка расчетно-экспериментальных методов оценки хладостойкости крупногабаритных металлоконструкций, эксплуатирующихся в условиях Крайнего Севера;
- разработка теоретических основ создания новых хладоизносостойких материалов с высоким сопротивлением замедленному разрушению для техники и конструкций, эксплуатирующихся в горнодобывающей и нефтегазовой промышленности, на железнодорожном транспорте в Арктическом регионе;
- разработка новых сварочных технологий и критериев оценки прочности и ресурса для техники Крайнего Севера.

Для решения задач управления возникновением аварийных ситуаций ведутся разработки интегрированных геоинформационных систем управления целостностью магистральных газопроводов Севера [13–15], создается экспертная система контроля и надзора за потенциально опасными объектами, адекватная принятию решений о недопущении аварийных ситуаций. Комплексное решение данных задач развивает научную концепцию основ создания техники Севера [11, 12].

Кроме мониторинга и прогноза чрезвычайных ситуаций природно-техногенного характера на основе ГИС-технологий в институтах ЯНЦ СО РАН решаются следующие задачи:

- прогнозное моделирование, анализ процессов развития отраслей промышленности и территорий республики;
- создание информационных баз данных для управления социально-экономическим развитием республики;
- оценка и прогноз состояния и уровня загрязнения атмосферы, поверхностных и подземных вод, проведение эколого-экономической экспертизы.

В настоящее время в республике сложилась благоприятная ситуация для развития ГИС самого различного назначения, в первую очередь связанных с природно-техногенной и экологической безопасностью, природно-ресурсным обеспечением. В ряде министерств создаются группы ГИС, перед которыми ставятся как кадастровые, так и аналитические задачи. В этих условиях вырастает координирующая роль институтов ЯНЦ СО РАН, особенно в области аналитико-экспертных систем, направленных на обеспечение управленческих решений. Повышение уровня информатизации и использование геоинформационных технологий являются существенными факторами успешного экономического развития. Своевременная и качественная информация повысит конкурентоспособность республики и ее инвестиционную привлекательность. Структурирова-

ние информационных потоков на базе ГИС-технологий становится определяющим фактором территориального управления в различных сферах социально-экономического развития Республики Саха (Якутия).

Список литературы

- [1] МАТЕРИАЛЫ государственных докладов “О состоянии и охране окружающей среды Республики Саха (Якутия) 2000–2005 гг.” Якутск.
- [2] СОЛОВЬЕВ В.С., ЛИХОДЕД А.Н. Экологический мониторинг окружающей среды по спутниковым данным // Наука и образование. Изд-во АН РС(Я). 2000. № 1(17). С. 100–103.
- [3] ШАЦ М.М., ДОРОФЕЕВ И.В. Геокриологическое космофотографирование Южно-Якутского ТПК // Дистанционные исследования Сибири. Новосибирск: Наука, 1988. С. 49–56.
- [4] ШАЦ М.М., ДОРОФЕЕВ И.В. Об использовании аэрокосмической информации при геокриологических исследованиях // География и природные ресурсы. 1985. № 1. С. 174–178.
- [5] ШАЦ М.М., СОЛОВЬЕВ В.С. Дистанционный мониторинг геоэкологической обстановки Севера: Учеб. пособие. Якутск: Изд-во ИМЗ СО РАН, 2002.
- [6] ШАЦ М.М. Дистанционные эколого-геокриологические исследования. Якутск, 1997. 78 с.
- [7] ШАЦ М.М., ДОРОФЕЕВ И.В., ФЕДОРОВ А.Н. Опыт ландшафтно-мерзлотного картографирования Южной Якутии // Природные условия осваиваемых регионов Сибири. Якутск, 1987. С. 49–56.
- [8] МАКАРОВ В.Н., ШАЦ М.М. и др. Комплексные экологические исследования на Эльгинском угольном месторождении (Южная Якутия) // Эколого-геохимические проблемы в районах криолитозоны. Якутск: Изд-во ИМЗ, 1996. С. 53–62.
- [9] АЛЕКСЕЕВА О.И., ТОРГОВКИН Я.И. Геокриологическая база данных в Якутии // Матер. Междунар. конф. ИНТЕРКАРТО-5 ГИС для устойчивого развития территорий. Якутск, 1999. Ч. 4. С. 116–120.
- [10] ТОРГОВКИН Я.И., ФЕДОРОВ А.Н. Опыт применения ГИС-технологий в изучении мерзлотных ландшафтов Центральной Якутии (на примере полигона Спасская падь) // Матер. Междунар. конф. ИНТЕРКАТРО-5 ГИС для устойчивого развития территорий. Якутск, 1999. С. 68–77.
- [11] ЛАРИОНОВ В.П. и др. Сварка и проблемы вязкохрупкого перехода. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 1998. 593 с.
- [12] ЛАРИОНОВ В.П. Техногенный риск и устойчивое развитие северных регионов в XXI веке // Матер. I Евраз. симп. по проблемам прочности материалов и машин для регионов холодного климата. Якутск: ОИФТПС СО РАН, 2002. Т. 1. С. 3–15.
- [13] ЛАРИОНОВ В.П., СЛЕПЦОВ О.И., ЛЕВИН А.И. и др. Критерии прочности и управление безопасностью эксплуатации тонкостенных металлических конструкций при низких температурах // Вычисл. технологии. 2003. Т. 8. Спецвыпуск. С. 22–29.

- [14] Аковецкий В.Г., Слепцов О.И., Стручкова Г.П. Кибернетическая система управления природно-техногенной безопасностью на территории Республики Саха (Якутия) // Наука — производству. 2003. № 8. С. 44–47.
- [15] Слепцов О.И., Левин А.И., Аковецкий В.Г., Стручкова Г.П. Информационные технологии управления безопасностью магистральных трубопроводов // Наука производству. 2004. № 9. С. 62–65.

Поступила в редакцию 21 ноября 2007 г.