

ИССЛЕДОВАНИЕ СЕВЕРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ МЕТОДАМИ ГЕОИНФОРМАТИКИ

Виктор Петрович Савиных, д-р техн. наук, проф., президент
Московского государственного университета геодезии и картографии,
член-корреспондент РАН,
Летчик-космонавт СССР, дважды Герой Советского союза,
лауреат Государственной премии, лауреат премии Президента РФ,
дважды лауреат премии Правительства РФ,
Заслуженный деятель высшей школы, Почетный работник науки и техники,
Заслуженный геодезист,
академик Российской академии космонавтики им. К.Э. Циолковского (РАКЦ),
Инженерной академии, Международной академии астронавтики,
Международной академии наук Евразии
E-mail: rektor@miigaik.ru
Московский государственный университет геодезии и картографии
<http://www.miigaik.ru>

Виктор Яковлевич Цветков, проф., д-р техн. наук, советник ректората,
лауреат премии Президента РФ в области образования, лауреат премии Прави-
тельства РФ,
Заслуженный деятель науки и образования, Почетный работник науки
и техники, Почетный работник высшего профессионального образования,
Отличник геодезической службы,
академик Российской академии информатизации образования (РАО),
Российской академии космонавтики им. К.Э. Циолковского (РАКЦ),
Российской академии естествознания (РАЕ),
Международной академии наук Евразии (IEAS),
советник
E-mail: cvj2@mail.ru
Московский государственный технический университет радиотехники,
электроники и автоматики (МГТУ МИРЭА)
<https://www.mirea.ru>

Статья об исследованиях северных территорий методами геоинформатики. Охарактери-
зованы особенности геоинформатики как научного направления, интегрирующего разные научные
дисциплины. Дано описание глобального мониторинга как основы исследования полярных терри-
торий, а также носителей съемочной аппаратуры; особенностей орбит съемки; объектов ис-
следования.

Ключевые слова: геоинформатика, дистанционное зондирование, геоданные, полярные тер-
ритории.



В.П. Савиных

Введение

Продуцирование новых научных теорий обеспечивает обществу адекватное взаимодействие с окружающей средой, повышает его устойчивость благодаря практическому использованию новых знаний в производстве и других сферах. Геоинформатика появилась на основе эмпирического познания как прикладная наука, связанная, в первую очередь, с решением практических задач [1, 2]. Однако потребность решения задач в различных предметных областях привела к необходимости интеграции знаний из этих областей в область геоинформатики.

Это создало механизм интеграции знаний на базе геоинформатики [3].

Интеграция не означает простое суммирование и объединение наборов теорий и технологий. Интеграция и геоинформатика этому яркий пример. Она основана на новых концепциях и методах, оптимально объединяющих разнообразие теоретических подходов, технологических решений и коллекций данных. Интеграция в геоинформатике дополняет и связывает различные науки в единый комплекс. Она позволяет осуществлять междисциплинарный перенос теоретических и технологических методов, чем существенно обогащает научное развитие в целом.

В реальных условиях при решении прикладных задач, в частности при работе с пространственно-распределенной информацией, может возникнуть ситуация, когда между методами разных наук нет внутренней связи и отсутствует единая концепция решения новых задач. Интеграция вообще, и в геоинформатике в частности, дает ключ к решению таких задач.

По мере развития и создания собственных методов исследования геоинформатика вышла на новый уровень как наука, которая кроме объяснения имеющихся эмпирических наблюдений может выдвигать новые идеи, ожидающие эмпирического воплощения. На определенном уровне развития геоинформатика стала обладать предсказательной функцией [4], т.е. способностью выдвигать проверяемые эмпирические высказывания.

В геоинформатике широко применяются методы геоинформационного визуального моделирования [5].

В геоинформатике исследуют и применяют пространственные отношения. В ней широко используют понятие «геореференция» как инструмент поиска, анализа и извлечения знаний [6]. В сферу геореференции входят, в частности, зависимости между любой информацией (например, документами, наборами данных, картами, изображениями, биографической информацией) и географической локализацией с помощью местонаименований, кодов места (например, почтовые коды), координат и других методов, описывающих пространственные связи и отношения [7].

Глобальный мониторинг как основа исследования полярных территорий. Для исследования Северных территорий России применяют космический мониторинг. Применение геоинформатики для исследования сложных территориальных объектов, к которым относятся полярные территории, дает дополнительный эффект по сравнению с чистым использованием ДДЗ.

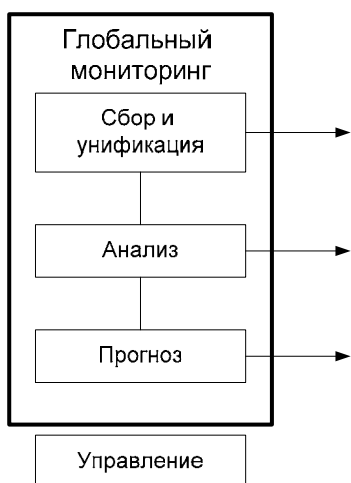


Рисунок 1 – Структурная схема глобального мониторинга

Глобальный мониторинг [8] – это мониторинг глобальных процессов, протекающих на земной поверхности, в околоземном пространстве, так и за пределами околоземного пространства. Поэтому основой такого мониторинга является космический мониторинг.

С появлением геоинформационных технологий задачи и функции мониторинга стали намного шире. Это привело к технологии и понятию геоинформационного мониторинга или *геомониторинга*. Геомониторинг возник как интеграция технологий космического мониторинга с геоинформационными и геоинформационными технологиями.

Глобальный мониторинг (рисунок 1) включает наблюдение за объектом, его взаимодействием с окружающей средой; оценку и прогноз взаимодействия объекта природопользования и среды; подготовку информации по выработке управляющих решений.

При использовании глобального геоинформационного мониторинга возможен



В.Я. Цветков

сбор данных из разных источников. Это приводит к необходимости не только сбора информации, но и ее унификации.

Применение методов дистанционного зондирования в полярных географических исследованиях. Особенностью многих методов дистанционного зондирования является то, что они являются технологиями двойного назначения и данные, получаемые с помощью этих методов, проходят предварительную фильтрацию на предмет выявления специальной информации.

Еще с конца 1950-х гг. военно-космической службой США был разработан план запуска спутников, который предусматривал выполнение разведывательных функций и дальнего обнаружения баллистических ракет. Спутники, снабженные фотооборудованием и ИК-датчиками, выводились на полярные орбиты, чтобы обеспечить непрерывное глобальное наблюдение.

С августа 1960 г. по май 1972 г. по программе CORONA были выведены на орбиту 145 спутников, которые собрали большой объем информации, представляющей интерес не только для разведки, но и картографии и географии. Первые спутники КН-1 (KEYHOLE – замочная скважина) обеспечивали разрешение наземных объектов около 12 м. Затем появились спутники КН-6, которые давали разрешение 1,5 м. Они выполняли обзорную съемку, так как на каждом снимке получалось изображение территории размером 20×190 км.

Позже появились системы более высокого разрешения, а затем стала осуществляться передача электронной информации и другие виды исследований. Но неизменным оставался запуск этих спутников на полярные орбиты. Таким образом, формально полярные области постоянно попадали в зону наблюдений спутников, но акцент наблюдений был смещен в сторону от исследований, которые бы могли способствовать развитию полярной географии.

Следует отметить ряд особенностей данных дистанционного зондирования, получаемых из космоса:

- информационные наборы ДДЗ – это файлы большого объема, для эффективной работы с которыми, необходимы значительные вычислительные ресурсы и носители информации;
- некоторые ДДЗ (радиолокационная съемка, тепловая съемка) нуждаются в предварительной геометрической, радиометрической и радиационной коррекции;
- ДДЗ имеют пространственную привязку.

Объекты полярной географии имеют значительные размеры, и их визуальное изучение возможно наиболее эффективно только методами геоинформатики и дистанционного зондирования. Наибольший интерес представляет исследование объектов полярных зон в видимом диапазоне, это соответствует диапазону длин волн электромагнитного излучения 0,37–0,77 мкм. В этом диапазоне информация собирается с помощью фотоснимков. Космические снимки являются одним из основных источников информации о природе объектов на земной поверхности. Фотографическую съемку поверхности Земли с высот более 150–200 км принято называть космической. Ее отличительной чертой является высокая степень обзорности, охват одним снимком больших площадей поверхности.

Дистанционным зондированием из космоса и эксплуатацией предназначенных для этого космических аппаратов и наземных средств приема в России занимаются ведомства Российского космического агентства (РКА), Минобороны, Роскартографии и Росгидромета. При этом гражданские спутники контролируются Российским космическим агентством. В России всего пять первичных производителей материалов зондирования из космоса:

- Центр конверсионных технологий (ЦКТ);
- Государственный научно-исследовательский и производственный центр «Природа» (Госцентр «Природа»);

- Межотраслевая ассоциация «Совинформспутник»;
- Научно-исследовательский центр изучения природных ресурсов НПО «Планета» (НИЦ ИПР);
- Научно-инженерный центр «Алмаз» НПО «Машиностроение» (НИЦ «Алмаз»).

Реально источников получения российских космических снимков больше, но другие источники являются вторичными.

США и страны Западной Европы накопили за годы холодной войны большие массивы снимков территории России. Военные фотографические съемки, проведенные США до 1972 г., в 1995 г. рассекречены. Они сделаны камерами серии КН с разрешением 1,5–12 м (КН-5 – 140 м). Образцы этих снимков есть в Интернете по <http://edcwww.cr.usgs.gov>. Но они слишком старые, тем не менее, как материал при изучении полярной географии они могут представлять интерес.

Landsat. Серия американских гражданских спутников Landsat [9] запускается с 1972 г. На них используется цифровая аппаратура MSS (Multispectral Scanner) и ТМ (Thematic Mapper):

- MSS: разрешение 80 м, 4 зоны спектра (зеленая, красная, две ближних инфракрасных);
- ТМ: разрешение 30 м, 7 зон спектра (синяя, зеленая, красная, ближняя инфракрасная (ИК), две средних ИК, дальняя ИК).

Размер кадра Landsat 185×170 км. Спутник постоянно ведет съемку полосы пролета, и данных на любую часть России очень много. Стоимость этих снимков – около 3000 \$ за кадр. В России их распространяет фирма «СП ДАТА+». Она имеет базы данных и специальные карты залетов, по которым можно найти любые подходящие снимки по времени, географическим координатам, облачности, углу съемки.

SPOT. Французские гражданские спутники серии SPOT [10] запускаются с 1986 г. Они находятся на околополярной солнечно-синхронной орбите, повторность снятия любой точки не реже 1 раза в 1–2 дня. На них используется цифровая аппаратура XS и P, ведущая два вида съемки:

- XS: разрешение 20 м, 3 зоны спектра (зеленая, красная, ближняя ИК);
- P: разрешение 10 м, панхроматическая съемка.

Ширина полосы съемки SPOT 60–80 км. Есть масса снимков на многие регионы России (разногодовые снимки). С апреля 1997 г. информация со SPOT непосредственно принимается и в России (станция НПО «Планета» в Обнинске). Стоимость каждого кадра SPOT 60×60 км около 2800 \$. За дополнительную плату можно заказать специальную съемку необходимой территории. В России снимки можно купить в Москве у представителя Spot Image – фирмы DERSI, а также в «СП ДАТА+».

Среди зарубежных радиолокационных систем следует отметить:

- RADARSAT [11] (Канада, с 1995 г.): дает наилучшее разрешение – от 9 м, ширина полосы съемки 50–500 км;
- SIR-C (США, 1994 г.): разрешение также от 9 м, ширина полосы съемки 15–90 км;
- JERS-1 (Япония): разрешение 18 м;
- Seasat (США): разрешение 25 м;
- ERS-1 и ERS-2 (Европа): разрешение 30 м.

Обработанные снимки RADARSAT стоят около 4000 \$, ERS – 300 экю (кадр 100×100 км). В России Radarsat и ERS можно приобрести в НИЦ Алмаз.

Орбиты носителей. При съемке земной поверхности существенную роль играет выбор орбиты полета ИСЗ. Для фотографирования Земли предпочтительными являются круговые орбиты, благодаря чему достигается одинаковый масштаб снимков по всей

трассе полета ИСЗ. Большое значение имеет наклонение орбиты – величина угла, образованного плоскостью экватора и плоскостью орбиты.

В зависимости от наклонения орбиты бывают экваториальными (наклонение 0°), полярными (наклонение 90°) и наклонными. При запуске ИСЗ на полярные (или квази-полярные) орбиты бортовая аппаратура используется для исследования всей земной поверхности. При углах наклона орбит до $50\text{--}60^\circ$ приполярные области не попадают в поле зрения бортовой аппаратуры. Поэтому в полярной географии необходимо использование съемок, получаемых с ИСЗ, имеющих полярные орбиты.

Помимо круговых орбит, по которым обычно летают метеорологические спутники и орбитальные станции, для постоянного наблюдения за глобальными процессами на Земле, используются эллиптические орбиты с большой разницей высот в апогее и перигее. По отношению к Солнцу или Земле выделяют два вида орбит – геосинхронную и гелиосинхронную.

Геосинхронные (геостационарные) орбиты предназначены для движения спутника вокруг Земли с угловой скоростью, равной скорости вращения Земли, что обуславливает зависание спутника над определенным участком земной поверхности и постоянное наблюдение за ним.

Гелиосинхронные орбиты предназначены для повторных съемок одних и тех же участков земной поверхности при одинаковых условиях освещения через равные промежутки времени. Примером может служить американский спутник «Лэндсат», летающий по гелиосинхронной орбите и возвращающийся в исходную точку съемки через 18 суток.

Съемка с гелиосинхронных орбит может широко использоваться для изучения динамики современных геологических процессов. Трассы полетов ИСЗ по высоте могут быть подразделены на три группы:

- низкоорбитальные (200–400 км) используются при полете ПКК и орбитальных станций,
- среднеорбитальные (500–1500 км) – метеорологических и ресурсных ИСЗ;
- высокоорбитальные (30000–90000 км) – телекоммуникационных спутников и исследовательских станций, предназначенных для исследований космического пространства.

Для космического дистанционного зондирования возникают проблемы в высокоширотных зонах внутри пояса $75\text{--}90^\circ$ северной широты. Не все автоматические спутники, управляемые космические корабли и станции проходят над высокоширотной Арктикой из-за ограниченного наклона орбиты. Спутники, которые достигают достаточно высоких широт, часто оборудованы только системами с низким пространственным разрешением.

Объекты исследований. Объектами исследований является акватория Ледовитого океана и северных морей, и следующие экосистемы: полярные пустыни, арктические и субарктические тундры, лесотундры, северная тайга. При проведении исследований определялся уровень антропогенной трансформации природных экосистем и факторы антропогенной трансформации.

Относительно невысокая, по сравнению с большинством стран мира, степень антропогенной трансформации северных экосистем на значительной территории России обусловлена тем, что многие экосистемы сохранились в неизменном виде и могут служить эталонами природных комплексов и процессов. К российскому сектору относится примерно треть площади Арктики. В качестве тестовых были выбраны два участка: Земля Франца-Иосифа и Новая Земля. Земля Франца-Иосифа – архипелаг на севере Баренцева моря, включающий около 190 островов. Свыше 85% поверхности покрыто ледниками, на остальной части арктические пустыни и тундра. Новая Земля – группа островов между Баренцевым и Карским морями. Около 25% покрыто льдом, остальное

арктические пустыни и тундра.

Островное оледенение высокоширотной Арктики быстро и активно реагирует на глобальные атмосферные изменения и, поэтому, является более чутким индикатором климатических перемен, чем ледники умеренных широт или громадные ледниковые покровы Антарктиды и Гренландии.

Современные результаты целого ряда гляциологических исследований ледниковых куполов в Арктике указывают на характерные признаки сокращения оледенения в регионе и развития обстановки в соответствии с упомянутым сценарием, который является далеко не самым пессимистичным. Поэтому сбор и анализ новых достоверных физико-географических данных о внешних воздействиях и природных изменениях (возможных и действительных), происходящих в акваториях Ледовитого океана и северных морей, наземных экосистемах (полярной пустыне, арктической и субарктической тундре), является одной из наиболее актуальных задач как национального, так и международного развития, прежде всего в связи с предстоящими изменениями климата и готовящимися планами «вторжения».

Сложность экологической ситуации на арктических территориях России обусловлена слабой восстановительной способностью природных компонентов на фоне постоянно растущего техногенного пресса со стороны горнодобывающей, нефтедобывающей и горноперерабатывающей промышленности, частых аварий на нефте- и газопроводах, буровых платформах и установках промышленных выбросов в атмосферу и сбросов сточных вод в реки и моря [12, 13].

Необходимо уточнить, что для мониторинга арктических территорий представляют интерес как количественные (пространственные, метрические) изменения объектов, так и качественные изменения их состояний. Например, образование новых пятен фирна в зоне абляции ледников или разрушение снежных мостов над ледниковыми трещинами.

Нерегулярность освещенности северного полярного региона создает дополнительные трудности для оптического дистанционного зондирования, которое практически бесполезно в течение долгой полярной ночи.

Интенсивные тени на космических изображениях, возникающие при сочетании низкого положения солнца и горного рельефа, затрудняют их обработку. На широте 81°20'N ежедневные вариации в высоте солнца над горизонтом, которые могли бы улучшить контраст, не превышают 17°, что не позволяет эффективно использовать их для получения изображений лучшей контрастности. Тепловые инфракрасные или тепловые микроволновые изображения свободны от этих недостатков, но обладают обычно более низким пространственным разрешением.

В работе [14] создана новая визуальная геоинформационная модель, названная «генетически-исторической». Такого рода модели применяют в информатике, но они не являются геоинформационными, а статистическими. В отличие от применяемых в геоинформатике картографических моделей, которые «непрозрачны» и закрывают одна другую, эта модель позволяет просматривать «исторические» слои, относящиеся к прошедшим периодам. Это дает возможность проводить качественный индикационный анализ и количественный анализ развития, какого либо явления.

Объектами космического мониторинга арктических территорий являются акватория Ледовитого океана, северных морей и следующие наземные экосистемы: полярные пустыни, арктические и субарктические тундры.

Полярные пустыни. Данный биом имеет циркумполярное размещение. В Северной Евразии распространен на островах и архипелагах Ледовитого океана (Северный остров Новой Земли, Земля Франца-Иосифа и др.). Ландшафтное разнообразие здесь обеднено, благодаря молодости поверхностей, экстремальности климата. В растительном покрове отмечается полное доминирование споровых растений – водорослей, лишайников и мхов с отдельными фрагментами цветковых растений.

Арктические тундры. Этот биом имеет циркумполярное распространение. В Европейской России арктические тундры представлены на островах Ледовитого океана (Южный остров Новой Земли, Колгуев и др.), а в Азиатской части России он образует сравнительно узкую полосу вдоль побережья Карского моря, моря Лаптевых, Северо-Восточного и Чукотского морей (полуострова – Ямал, Таймыр, побережье Якутии и Чукотки) и распространены на архипелагах – Новосибирские острова и Северная Земля.

Субарктические тундры. В структуре ландшафтов преобладают пятнистые и полигональные равнинные тундры, бугристые болота, заросли кустарников в долинах тундровых рек. Исключительно богата флора мхов (150–200 видов в отдельных пунктах). Локальная флора сосудистых растений по сравнению с предыдущим биомом возрастает более чем в 2 раза и составляет 250–300 видов на 100 км².

При проведении мониторинговых исследований необходимо определять уровень антропогенной трансформации природных экосистем и факторы антропогенной трансформации. Кроме полностью трансформированных земель необходимо выявлять экосистемы, которые находятся на разных стадиях деградации или восстановления.

Арктические экосистемы характеризуются наиболее суровыми мерзлотными условиями, повсеместным распространением многолетних мерзлых горных пород, имеющих среднегодовые температуры преимущественно ниже -7°C . В поймах, где растительный покров более богатый, куда зимой сносится большое количество снега, отмечаются более высокие (на $1-1,5^{\circ}\text{C}$) температуры грунтов. Мощность снежного покрова на остальной территории невелика (до 15–20 см) из-за влияния сильных ветров, перераспределяющих и уплотняющих снег [15].

Экосистемы арктической пустыни и тундры малоустойчивы и легко нарушаются в результате антропогенного воздействия. В арктических пустынях преобладают каменистые пустыни, в растительном покрове – мхи и накипные лишайники. Основные типы тундры: кустарниковые (ива полярная, береза карликовая и др.), кочковатые (осоки), моховые, лишайники. Для фауны северных арктических областей характерны растительноядные млекопитающие (северный олень, заяц-беляк, лемминги и др.), белый медведь, песец, водоплавающие птицы, из насекомых – двукрылые.

Подъем северных территорий является первоочередной задачей на пути возрождения России, выхода ее из кризиса. В связи с предстоящим вводом в эксплуатацию шельфовых арктических месторождений и перевозками с Севера больших объемов углеводородов в России вновь ставится вопрос о целесообразности использования на арктических перевозках крупнотоннажных танкеров с ядерными энергетическими установками [12].

Значимость воздействия высокоширотных геофизических процессов на природные и антропогенные комплексы всех рангов – от глобального до локального, признается всеми учеными мира. Полярные регионы непосредственно вовлечены во все глобальные циклы и играют ключевую роль в поддержании природного динамического равновесия. Вместе с тем, большинство современных исследователей, занимающихся моделированием глобальных геофизических процессов, сходятся во мнении, что высокоширотная Арктика является тем уникальным регионом, где последствия нарушения динамического равновесия на нашей планете скажутся в первую очередь и в максимальной степени.

Например, глобальное потепление климата должно привести к существенно более высокому повышению средней температуры в Арктике, чем в каком-либо другом регионе. Подобные изменения могут вызвать целый ряд серьезных последствий, включая резкое сокращение ледового покрова Арктического бассейна, ослабление межширотного обмена воздушных масс и таяние многолетнемерзлых грунтов с увеличением атмосферного содержания газовых примесей, усиливающих парниковый эффект, что в свою очередь неизбежно приведет к дальнейшему глобальному потеплению и сопутствующим эффектам [16].

Островное оледенение высокоширотной Арктики быстрее и активнее реагирует на глобальные атмосферные изменения, и поэтому является более чутким индикатором климатических перемен, чем ледники умеренных широт или громадные ледниковые покровы Антарктиды и Гренландии. Современные результаты целого ряда гляциологических исследований ледниковых куполов в Арктике указывают на характерные признаки сокращения оледенения в регионе и развития обстановки в соответствии с упомянутым сценарием, который является далеко не самым пессимистичным.

Приледниковые гумидные районы зоны полярных пустынь представляют собой наиболее суровый вариант условий существования арктической тундры, что обуславливает резкое снижение качественного состава и видового разнообразия природных сообществ. Несмотря на сравнительную бедность органического мира высокоширотной Арктики, он отличается исключительной цельностью и своеобразием и вместе с тем крайне малой устойчивостью к внешним воздействиям, что необходимо учитывать при хозяйственном освоении территории. В соответствии с принципами оценки состояния экосистем, предложенными С.А. Сладкопевцевым [17], показателями малой устойчивости природных сообществ арктических пустынь могут служить суровость климата, прерывистость стока и низкие температуры поверхностных вод, рыхлость, трещиноватость и текучесть грунтов, значительные уклоны рельефа и активность экзогенных процессов, малые мощности, низкая гумусность и бесструктурность почв, малый объем фитомассы и слабое проективное покрытие растительности. Относительная молодость природных ассоциаций высокоширотной Арктики, подтверждающаяся слабым развитием локального эндемизма и всей историей геологического развития региона, также может служить признаком высокой лабильности и низкой регенерационной способности высокоарктических экосистем.

Суровая окружающая среда и удаленность от экономически развитых регионов до последнего времени надежно защищали природу высокоширотной Арктики от значительного антропогенного воздействия. Но времена меняются, и промысловые суда все чаще стали появляться в водах Арктического бассейна, преследуя косяки рыб и стада морских животных, спасающихся на Крайнем Севере от полного уничтожения. Притягательная сила первозданной природы, ландшафтное своеобразие Заполярья и героика покорения Северного Полюса, а также возросшая на базе недавних политических изменений в мире активность транспортных и туристических агентств усилили приток туристов и авантюристов в этот ранее недоступный для них регион.

Многочисленные межконтинентальные воздушные и морские линии были проложены через высокоширотную Арктику за последние несколько десятков лет. Кроме того, этот регион является областью стратегических интересов ряда современных военных доктрин и включает несколько полигонов по испытанию ядерного оружия. Уже сегодня некоторые пустынные территории Заполярья могут быть объявлены районами экологического бедствия по причине радиоактивного заражения местности и складирования отходов в зонах ядерных испытаний, загрязнения прибрежных вод продуктами отработки дизельного топлива, свалок в районах военного присутствия и деятельности по разведке и добыче полезных ископаемых. Благодаря открытию нескольких богатых месторождений на шельфе Баренцева моря, интерес к нефтяным и газовым ресурсам Крайнего Севера в последние годы резко возрос. Планы их промышленной эксплуатации уже разрабатываются в Европе. Это является особо беспокоящим обстоятельством, так как грубое вторжение человека с его техникой в природу высокоширотной Арктики может спровоцировать целый ряд негативных последствий и привести хрупкие арктические экосистемы к гибели. Аккомодация человека на «окраине жизни» обязательно должна сопровождаться мероприятиями по защите окружающей среды и консервации уникальных природных объектов и их комплексов. Координация национальных намерений в соответствии с международной деятельностью и правом и осуществление совместных интернациональных природоохранных мероприятий является наиболее

плодотворным путем для эффективной организации защиты окружающей среды крупных регионов. Однако, до сих пор, международная стратегия по охране природы высокоширотной Арктики не выработана полностью [18].

Заключение

Использование методов геоинформатики и космических методов [19] повышает качество экологического мониторинга земной поверхности, а также прогнозов. Преимущество геоинформатики – использование геоданных, которые являются системным информационным ресурсом [20]. Это создает условия для большей систематизации результатов исследований и для выявления системных свойств объектов исследований.

Подъем северных территорий является первоочередной задачей на пути выхода России из кризиса. Детальная база данных о современном состоянии Крайнего Севера является необходимой для познания закономерностей и особенностей природных процессов. При современном развитии технологий космического дистанционного зондирования земной поверхности вопрос об основном источнике данных для мониторинга высокоширотной Арктики решается однозначно, но проблема эффективного использования разнообразной космической информации для изучения и картографирования арктического региона остается достаточно острой, так как единой законченной комплексной методики, использующей все возможности таких данных, на настоящий момент не существует.

Литература

1. *Цветков В.Я.* Геоинформационные системы и технологии. – М.: Финансы и статистика, 1998. – 288 с.
2. *Heywood I., Cornelius S., Carver St.* An introduction to Geographical Information Systems / Third Edition / Pearson Education Limited, 2006. 426 p.
3. *Максудова Л.Г., Савиных В.П., Цветков В.Я.* Интеграция наук об окружающем мире в геоинформатике // Исследование Земли из космоса. 2000. № 1. С. 46–50.
4. *Савиных В.П., Цветков В.Я.* Геоинформационный анализ данных дистанционного зондирования. – М.: Картоцентр-Геодиздат, 2001. 224 с.
5. *Цветков В.Я.* Основы геоинформационного моделирования // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. 1999. № 4. С. 147–157.
6. *Hill Linda L.* Georeferencing: The Geographic Associations of Information. – Cambridge; Massachusetts; London: The MIT Press, 2009. 272 p.
7. *Майоров А.А., Цветков В.Я.* Геореференция как применение пространственных отношений в геоинформатике // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. 2012. № 3. С. 87–89.
8. *Tsvetkov V.Ya.* Global Monitoring // European Researcher. 2012. Vol. (33). № 11–1. P. 1843–1851.
9. *Chander G., Markham B.* Revised Landsat-5 TM Radiometric Calibration Procedures and Postcalibration Dynamic Ranges // Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions on. 2003. Т. 41. № 11. С. 2674–2677.
10. *Chevrel M., Courtois M., Weill G.* The SPOT Satellite Remote Sensing Mission // Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. 1981. Т. 47. С. 1163–1171.
11. *Shao Y. et al.* Rice Monitoring and Production Estimation Using Multitemporal RADARSAT // Remote Sensing of Environment. 2001. Т. 76. № 3. С. 310–325.
12. Нефть, газ Арктики // Материалы международной научно-технической конференции / под ред. В.П. Гаврилова. М.: Интерконтакт Наука, 2007. 352 с.
13. *Николаев М.Е.* Арктика в системе ценностей Планеты // Ресурсы регионов России. М.: ВНИИЦ, 1999.
14. *Милованова М.С.* Разработка содержания и технологии геоинформационного обеспечения космического топографического мониторинга арктических территорий: дис. ... канд. техн. наук по специальности: 25.00.35 «Геоинформатика». М.: МГУГиК, 2012. 180 с.
15. Геокриология СССР. Западная Сибирь / под ред. Э.Д. Ершова. М.: Недра, 1989. 454 с.
16. *Савиных В.П., Шаров А.И.* Картографирование изменений приливных ледников Шпицбергена по данным спутниковой интерферометрии и альтиметрии. Комплексные исследования

Арктики. М.: МИИГАиК, 2006. С. 243–260.

17. Савиных В.П., Малинников В.А., Сладкопевцев С.А., Цыпина Э.М. География из космоса. М.: МИИГАиК, 2000.

18. Савиных В.П. Комплексные исследования Арктики с использованием данных дистанционного зондирования. М.: МИИГАиК, 2006. 266 с.

19. Савиных В.П., Цветков В.Я. Особенности интеграции геоинформационных технологий и технологий обработки данных дистанционного зондирования // Информационные технологии. 1999. № 10. С. 36–40.

20. Савиных В.П., Цветков В.Я. Геоданные как системный информационный ресурс // Вестник Российской Академии наук. 2014. Т. 84. № 9. С. 826–829.

Study northern territories by methods of geoinformatics

*Viktor Petrovich Savinykh, Doctor of Technical Sciences, Professor, President of the Moscow State University of Geodesy and Cartography
Moscow State University of Geodesy and Cartography
Moscow, Russia*

*Viktor Yakovlevich Tsvetkov, Professor, Doctor of Technical Sciences
Adviser Rector Moscow State Institute of Radio Engineering, Electronics and Moscow State Technical University of Radio Engineering, Electronics and Automation (MSTU MIREA)
Moscow, Russia*

This article describes a study of the northern territories methods of geoinformatics. It characterizes the features of Geoinformatics as a scientific direction, integrating the different scientific disciplines. It describes a global monitoring framework studies of polar areas. Media described imaging equipment, the features of the orbits of the shooting. It describes the objects of study.

Keywords: Geoinformatics, remote sensing, geodata, polar territory.

УДК 004.72

ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ КОНСОЛИДАЦИИ ИНФОРМАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОПАСНЫХ ПРИРОДНЫХ, ТЕХНОГЕННЫХ И СОЦИАЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ

*Александр Алексеевич Зацаринный, д-р техн. наук, проф.,
заместитель директора по научной работе
E-mail: AZatsarinny@ipiran.ru*

*Александр Петрович Шабанов, д-р техн. наук, старший научный сотрудник,
ведущий научный сотрудник
E-mail: AShabanov@ibs.ru*

*Институт проблем информатики РАН
<http://www.ipiran.ru>*