

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ И ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В РАЙОНАХ НЕФТЕГАЗОДОБЫЧИ ОБЬ-ИРТЫШСКОГО БАССЕЙНА

Т. А. Новикова, А. Ю. Нигамаева, Д. В. Кириенко, С. А. Тесленок

*Югорский государственный университет, ул. Чехова, 16, 628012,
г. Ханты-Мансийск, Россия, ugrasu@ugrasu.ru*

В статье рассматривается опыт использования геоинформационных систем (ГИС) в северных районах России, в частности в долине реки Обь вблизи города Нижневартовск. Описаны преимущества применения ГИС для мониторинга состояния почв и растительности, планирования работ по добыче нефти и газа и предотвращения экологических рисков. Приведены примеры использования ГИС для рекультивации нарушенных территорий и контроля за состоянием экосистем.

Ключевые слова: дистанционное зондирование; геоинформационные технологии; нефтегазодобыча; Обь-Иртышский бассейн; Нижневартовск; почвенный покров; мониторинг; рекультивация; экология; природопользование; северные районы России.

EXPERIENCE IN THE APPLICATION OF REMOTE SENSING DATA AND GEOINFORMATION TECHNOLOGIES IN THE OIL AND GAS PRODUCTION AREAS OF THE OB-IRTYSH RIVER BASIN

T. A. Novikova, A. Y. Nigamaeva, D. V. Kiriyeenko, S. A. Teslenok

*Yugra State University, Chekhova st., 16, 628012, Khanty-Mansiysk, Russia,
ugrasu@ugrasu.ru*

The article examines the experience of using geographic information systems (GIS) in the northern regions of Russia, in particular in the valley of the Ob River near the city of Nizhnevartovsk. The advantages of using GIS for monitoring the state of soils and vegetation, planning oil and gas production and preventing environmental risks are described. Examples of the use of GIS for the reclamation of disturbed areas and monitoring the state of ecosystems are given.

Keywords: remote sensing; geoinformation technologies; oil and gas production; Ob-Irtysh River basin; Nizhnevartovsk; soil cover; monitoring; reclamation; ecology; nature management; northern regions of Russia.

Обь-Иртышский бассейн, расположенный на территории Западно-Сибирской равнины Российской Федерации, богат крупными месторож-

дениями нефти и газа. Климат региона характеризуется низкими температурами и определяет наличие многолетней мерзлоты. В процессе эксплуатации месторождений возможны утечки нефти, загрязняющие, в первую очередь, почвенный покров. Анализ литературных и интернет-источников показал, что для исследования структуры почв и мониторинга происходящих изменений используются космические снимки со спутников Landsat-8 и Sentinel-2 [10]. Они предоставляют данные в различных спектральных диапазонах, включая инфракрасный (ИК, IR), что особенно значимо для определения влажности почв и состояния растительности.

Почвы в долине реки Обь, особенно в районе города Нижневартовска, отличаются легким механическим составом, высоким содержанием песка и бедностью органическими веществами [5]. Такие почвы слабо удерживают влагу и подвержены процессам эрозии, особенно в условиях антропогенного воздействия. Под сосновыми лесами, которые распространены на данной территории, гумусовый слой практически отсутствует (табл. 1), что создаёт дополнительные вызовы для рекультивации участков [16] и восстановления почв после завершения работ по добыче полезных ископаемых.

Таблица 1

Характеристики почв долины реки Обь (по [5])

Параметр	Значение
Тип почвы	Песчаные озерно-аллювиального отложения, подзолистые,
Содержание гумуса	Низкое (1-2%)
Степень водопроницаемости	Высокая
Основная растительность	Сосновые леса
Устойчивость к эрозии	Средняя

Песчаные почвы требуют особого подхода при проведении работ по добыче полезных ископаемых, поскольку их структура легко разрушается при воздействии тяжелой техники и строительных работах. При этом крайне важно учитывать природно-климатические условия и особенности геосистем региона и непосредственно района размещения нефтедобывающего предприятия. Ландшафты, окружающие производственные площадки, отличаются низкой способностью к самовосстановлению и самоочищению, что делает их незащищенными от загрязнения отходами нефтедобычи в значительно большей степени [7]. Восстановление таких земель включает использование методов, которые учитывают малое содержание питательных веществ и потребность в стабилизации поверхности.

Добыча нефти и газа в Обь-Иртышском бассейне сопровождается вырубкой лесов, разрушением верхнего слоя почвы и загрязнением водных ресурсов. [12]. Применение данных дистанционного зондирования в связке с геоинформационными системами и технологиями помогает минимизировать указанные последствия путем точного планирования маршрутов прохождения трубопроводов и размещения соответствующей инфраструктуры [3].

При строительстве техногенных объектов в области нефтегазодобычи, их эксплуатации и размещении соответствующих отходов [2] используются различные технологии, и, соответственно, процесс восстановления и формирования почвенно-растительного покрова на техногенных поверхностях обладает особенностями, в зависимости от конкретного вида объекта. Например, на кустовых и разведочных площадках, где верхние слои почвы сняты и складированы в обваловку, восстановление растительности и накопление гумуса происходят намного быстрее и интенсивнее, чем на площадках, образованных путем отсыпки песком.

Строительство объектов для добычи нефти и подъездных дорог к месторождениям приводит к значительному уменьшению площади естественных земель. Изменение гидрологического режима, в свою очередь, может вызвать заболачивание территорий, что способствует развитию гидрофильной растительности [6].

ГИС-технологии используются для оценки воздействия на водные ресурсы, так как осуществляют комплексную обработку информации [4]. Построение гидрологических моделей региона осуществляется на основе использования снимков, из которых радарные и данные в ИК-диапазоне являются наиболее информативными. Радарные данные позволяют создавать цифровые модели рельефа высокой точности, что важно для прогнозирования паводков и оценки степени риска подтоплений. Данные в инфракрасном диапазоне помогают анализировать температуру поверхности и влажность почв, что влияет на формирование стока и водного баланса. Кроме того, применение гидрологических моделей [15] позволяет прогнозировать разливы нефти и их возможное влияние на все водоемы и другие компоненты геосистем Обь-Иртышского бассейна в районах нефтегазодобычи и прохождения трасс нефтепроводов. Это особенно актуально для района города Нижневартовска, где речная сеть играет ключевую роль в поддержании экологического баланса этих территорий. Аналогичное влияние может оказывать применение ГИС-технологий и на остальные компоненты экосистем (табл. 2).

Таблица 2

**Предполагаемый эффект использования ГИС-технологий
на экологическое состояние территории Обь-Иртышского бассейна**

Экологический аспект	Применение ГИС-технологий	Результат
Нарушение почвенного слоя	Анализ данных о структуре и характеристиках почв	Снижение ущерба и планирование мероприятий по рекультивации
Загрязнение водоемов	Моделирование разливов и анализ водного баланса	Предотвращение загрязнений и минимизация рисков
Вырубка лесов	Мониторинг с использованием спутников и дронов	Контроль за незаконной вырубкой и планирование лесовосстановления
Миграция животных	Мониторинг с использованием спутников и дронов	Выявление ареалов миграции распространения животных

По данным [17] использование мультиспектральных снимков Landsat-8 в сочетании с данными полевых исследований позволяет создавать подробные карты почвенного покрова. Инфракрасный диапазон, особенно ближний ИК (NIR) и средний ИК (SWIR), чувствителен к содержанию влаги и органических веществ в почве. Это помогает выявлять участки с низким содержанием гумуса и повышенной эрозионной опасностью [10].

Радарные снимки со спутников Sentinel-1 используются для получения данных о рельефе и структуре поверхности, независимо от погодных условий и освещенности [1]. Это важно в условиях частой облачности, короткой продолжительности дня и полярной ночи. Радарные данные помогают оценивать степень нарушения почвенного покрова и выявлять изменения, связанные с деятельностью человека [8].

В дополнение к спутниковым данным используются материалы съемок с беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), оснащенных мультиспектральными камерами. БПЛА позволяют получать изображения с высоким пространственным разрешением (до нескольких сантиметров на пиксел), что незаменимо для детального мониторинга небольших участков. С их помощью проводится инвентаризация нарушенных территорий, оценка эффективности рекультивационных работ и контроль за восстановлением растительного покрова [13].

В районе Западной Сибири проводились проектные работы [9], направленные на оценку изменений в растительности на нефтедобывающих территориях, с использованием спутниковых данных Terra и Aqua серии EOS, в частности MOD13Q1 16-Day Vegetation Indices (250 м) за период с 2010 по 2016 годы. Анализ значений NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) выявил снижение вегетационной активности на участках

с высокой интенсивностью добычи, что указывает на деградацию почвенного покрова. Результаты исследования подчеркивают негативное воздействие нефтедобычи на растительность и почвы, что может привести к дальнейшим экологическим проблемам в регионе.

Таблица 3

Возможности применения различных типов данных для решения ГИС-задач в Обь-Иртышском бассейне (по [11])

Задача	Тип данных	Преимущества
Анализ структуры почв	Landsat-8 (ИК-диапазон)	Выявление влажности и содержания органики
Создание ЦМР	Sentinel-1 (радарные данные)	Точное моделирование рельефа независимо от погодных условий
Мониторинг растительности	Sentinel-2 (мультиспектральные данные)	Высокая спектральная и пространственная детализация
Детальный анализ участков	БПЛА (мультиспектральные данные)	Высокое разрешение для локальных исследований

Использование конкретных инструментов ГИС, анализирующих спутниковые данные Landsat и Sentinel, а также материалы съемки с БПЛА, значительно повышает эффективность мониторинга и планирования в нефтегазовой отрасли на территории Обь-Иртышского бассейна. Выбор соответствующих типов снимков – инфракрасных – для анализа почв и растительности, радарных – для моделирования рельефа – позволяет решать комплексные задачи по сохранению экосистем и устойчивому природопользованию [14].

Применение ГИС-технологий в северных районах нефтегазодобычи на территории Обь-Иртышского бассейна обуславливает их эффективность в управлении природными ресурсами и охраны окружающей среды. В условиях, когда экологические риски становятся все более актуальными, ГИС-технологии представляют собой незаменимый инструмент для сохранения природных богатств и обеспечения устойчивого природопользования.

Данные спутникового мониторинга, интегрированные с ГИС, предоставляют возможности для тщательного анализа состояния растительного покрова на труднодоступных нефтегазодобывающих территориях.

Дальнейшая интеграция ГИС с данными других источников, таких как метеорологические, гидрологические и почвенные, может существенно обогатить анализ и дать более полное представление о сложных взаимодействиях в экосистемах.

Библиографические ссылки

1. Балдина Е. А., Трошко К. А., Николаев Н. Р. Радиолокационные данные Sentinel-1 и возможности их обработки для дешифрирования форм рельефа острова Котельный // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. М. : Изд-во МИИГАиК, 2016. №. 3. С. 78–85.
2. Имамудинов З. М., Тесленок С. А. Методы и технологии переработки промышленных и твердых бытовых отходов нефтедобывающего предприятия // Актуальные экологические проблемы и экологическая безопасность в современных условиях: Сб. статей II Международной научно-практической конф. Саратов : Изд-во Саратовского гос. ун-та генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова, 2023. С. 176–185.
3. Калинин В. М. Диффузное загрязнение нефтепродуктами малых рек Среднего Приобья // Водное хозяйство России : проблемы, технологии, управление. Екатеринбург : Изд-во РосНИИВХ, 2001. Т. 3. №. 4. С. 384–393.
4. Ковин Р. В., Марков Н. Г. Геоинформационные системы. Томск : Изд-во Томского политехнического ун-та, 2008. 11 с.
5. Коркина Е. А. Почвы и техногенные поверхностные образования нефтегазодобывающего комплекса правобережья Средней Оби : Автореф. дис. канд. географ. наук. Астрахань : Астраханский государственный университет, 2005. 23 с.
6. Коркина Е. А. Способность восстановления почв в зоне интенсивного техногенеза правобережья Средней Оби // Вестник Нижневартовского государственного университета. Нижневартовск : Изд-во Нижневартовского гос. ун-та, 2009. №. 4. С. 54–59.
7. Лютяева А. А., Наумова А. А., Тесленок С. А. Экологические риски при освоении нефтегазовых месторождений в Российской Арктике // Арктика: современные подходы к производственной и экологической безопасности в нефтегазовом секторе. Тюмень : Издательство ТИУ, 2023. С. 95–98.
8. Мезенцева О. В., Бевз В. В. Дистанционные методы выявления процессов деградации почвенного покрова // Московский экономический журнал. М. : ООО «Электронная наука», 2021. №. 8. С. 35–40.
9. Перемитина Т. О., Яценко И. Г. Использование вегетационных индексов NDVI для оценки динамики растительности нефтедобывающих территорий Западной Сибири // Интерэкспо Гео-Сибирь. Новосибирск : Изд-во ФГБОУ ВО «Сибирский гос. ун-т геосистем и технологий», 2018. Т. 2. №. 4. С. 154–163.
10. Рождественский А. В., Водогрецкий В. Е., Копылов А. П. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. Л. : Гидрометеиздат, 1984. 448 с.
11. Геоинформационные системы для решения проблем водно-экологической безопасности: опыт на примере Обь-Иртышского бассейна / И. Н. Ротанова [и др.] // Интерэкспо Гео-Сибирь. Новосибирск : Изд-во ФГБОУ ВО «Сибирский гос. ун-т геосистем и технологий», 2011. Т. 1. №. 2. С. 132–137.
12. Скобелев С. А., Чупеев С. С. Загрязнение окружающей среды Западной Сибири продуктами нефтедобычи // Сборник материалов международных научно-практических конференций. М. : ИП Коротких А. А., 2018. С. 243–247.
13. Слюсарь Н. Н., Кортаев В. Н., Куликова Ю. В. Визуальное обследование объектов захоронения отходов с использованием беспилотных летательных аппаратов // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического

университета. Прикладная экология. Урбанистика. Пермь : Изд-во ПНИПУ, 2017. № 4. С. 25–36.

14. *Сочава В. Б.* Динамические аспекты картографирования динамических объектов // Картографирование динамики географических явлений и составление прогнозных карт. Иркутск : АН СССР. Сиб. отделение. Ин-т географии Сибири и Дальнего Востока, 1968. 20 с.

15. *Талынева О. Ю.* Гидрологические опасности среднего Приобья в пределах Нижневартовского района // European science : ООО «Олимп». 2016. № 10 (20). С. 38–41.

16. *Чибрик Т. С.* Основы биологической рекультивации: Учеб. пособие. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2002. 172 с.

17. *Ховратович Т. С.* Методы оценки показателей горизонтальной структуры лесов по оптическим данным дистанционного зондирования Земли : автореф. дис. ... канд. техн. наук. М. : МИИГАиК, 2021. 13 с.