

УДК 332.025.13:553.98(571.1/.5)
DOI 10.33764/2411-1759-2025-30-5-110-121

Система показателей локального мониторинга земель лицензионных участков нефтегазодобычи в условиях Крайнего Севера

И. Н. Кустышева^{1✉}, В. В. Беленко², В. Н. Москвин³, Н. Г. Мартынова¹

¹ Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, Российская Федерация

² Московский государственный университет геодезии и картографии,
г. Москва, Российская Федерация

³ Сибирский государственный университет геосистем и технологий,
г. Новосибирск, Российская Федерация

e-mail: kustyshevain@tyuiu.ru

Аннотация. Использование дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) из космоса стало неотъемлемой частью современного мониторинга и оценки состояния земель и иных природных ресурсов в чрезвычайно сложных условиях районов Крайнего Севера, климатические, природные особенности и деятельность человека в которых требуют особенно пристального внимания к их использованию и охране. Цель статьи заключается в разработке системы показателей, основанной на данных ДЗЗ из космоса и предназначенной для объективной оценки состояния и динамики природной среды в пределах лицензионных участков нефте- и газодобычи с высокой степенью антропогенной нагрузки. Подчеркнута необходимость учета традиционного природопользования, осуществляемого коренными малочисленными народами в таких районах. Анализ научных источников показывает, что система показателей подобной системы мониторинга должна включать в себя полный спектр параметров и индикаторов, способных обеспечить полноценное описание изменений, происходящих в природной среде северных регионов. Авторами предложен подобный перечень показателей, а также определен ряд негативных процессов, для которых в действующих нормативных актах отсутствуют четкие понятия и нормативы, являющиеся ключевыми элементами для принятия обоснованных решений в области управления природными ресурсами Крайнего Севера.

Ключевые слова: регионы Крайнего Севера, лицензионные участки, нефтегазодобыча, мониторинг земель, система показателей

Для цитирования:

Кустышева И. Н., Беленко В. В., Москвин В. Н., Мартынова Н. Г. Система показателей локального мониторинга земель лицензионных участков нефтегазодобычи в условиях Крайнего Севера // Вестник СГУГиТ. – 2025. – Т. 30, № 5. – С. 110–122. – DOI 10.33764/2411-1759-2025-30-5-110-121

Введение

Активная нефтегазовая деятельность на Крайнем Севере Западной Сибири приводит к трансформации природно-территориальных комплексов в результате загрязнения, заболачивания, деградации земель. Химическое, тепловое и радиационное загрязнение приводит к образованию больших участков промышленного загрязнения, в центре кото-

рых образуются антропогенные зоны, напоминающие пустыни. Параллельно происходит изменение привычных способов традиционного использования природных ресурсов, что отрицательно сказывается на качестве жизни коренных народов.

Совокупная площадь нарушенных земель в Арктической зоне на 31 декабря 2022 г. составила 298 068 га. Среди регионов наибольшая площадь нарушенных земель приходится

на Ямало-Ненецкий автономный округ (ЯНАО) – 173 218 га, или 58 % от общего количества нарушенных земель (Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2022 г. (режим доступа: file:///C:/Users/User/Downloads/Доклад_Минприроды_2022.pdf)).

В условиях Крайнего Севера мониторинг земель ограничен сезонностью и доступностью территории к проведению натурных обследований, плохо развитая инженерно-транспортная инфраструктура ограничивает доступ специалистов и оборудования к удаленным и труднодоступным участкам [1–3]. Учитывая такие обстоятельства, целесообразно предложить использовать данные ДЗЗ из космоса как первоисточник актуальной и доступной информации для мониторинга, что позволит не только установить факт нарушения земель, но и определить его причины на основе ретроспективного анализа и дешифрирования космоснимков. В связи с этим проведенное исследование по разработке комплексной системы показателей, которое направлено на оценку влияния нефтегазовой отрасли о состоянии земель и получения достоверной информации по космоснимкам, приобретает особую актуальность и прогнозную значимость. Ведь, несмотря на минимальную площадь промышленного освоения в общей структуре земельного фонда, нефтегазовая отрасль вносит дестабилизацию природных процессов на обширных территориях [4].

В настоящее время система показателей локального мониторинга земельных ресурсов наиболее детально разработана и изучена для земель сельскохозяйственного назначения, так как сельскохозяйственные угодья подвергаются более полному и систематическому обследованию в ходе проектно-исследовательских работ и научных исследований, проводимых различными учреждениями, включая Минсельхоз, Министерство природных ресурсов и др.; но земли сельскохозяйственного назначения Крайнего Севера (преобладающее количество по сравнению с другими категориями земель) в значительной мере отличаются от тех земельных ресурсов, в отношении которых мы привыкли понимать значение сельскохозяйственных территорий. На

примере земельной статистики ЯНАО (Ямальский район, табл. 1) можно увидеть, какими угодьями представлены земельные ресурсы, аналогичная ситуация присуща всем районам округа.

Таблица 1

Земельная статистика ЯНАО
(Ямальский район)

Вид угодья	Площадь, га
Сельскохозяйственные угодья, в том числе сенокосы	5 448,0
Сельскохозяйственные угодья, в том числе пастбища	3 238,0
Лесные земли, в том числе покрытые лесами	39 682,0
Лесные земли, в том числе не покрытые лесами	12 242,0
Под древесно-кустарниковой растительностью, не входящей в лесной фонд	700 570,0
Под водой	3 772 819,0
Земли застройки, всего	4 030,0
Под дорогами, всего	2 641,0
Болота	232 774,0
Нарушенные земли	7 115,0
Прочие земли, в том числе полигоны отходов, свалки	48,0
Прочие земли, в том числе пески	250 133,0
Прочие земли, в том числе земельные участки с тундровой растительностью	8 984 166,0
Прочие земли, в том числе другие земли	857 747,0
Из всех земель оленьи пастбища	9 619 822,0

Информация о состоянии и использовании земель в рамках рекомендованных показателей «Единой системы мониторинга земель» зачастую оказывается неполной не только для территорий Крайнего Севера, но и территорий с благоприятными климатическими условиями. Связано это прежде всего с нехваткой долгосрочных наблюдений, что в свою очередь усложняет проведение качественного анализа собранных данных, тем более что проведение мониторинга земель является функцией различных министерств и ведомств, которые получают противоречивую информацию только по использованию или только по состоянию земель (разные информационные системы, разные реестры и базы данных). Примером может служить информация ведомственных служб Ханты-Мансий-

ского и Ямало-Ненецкого автономных округов по проведению мониторинга земель в регионах, в деятельность которых входят обязанности проводить мониторинг земель по целевому назначению и виду разрешенного использования, а не по состоянию земель (стоит уточнить, что в Ханты-Мансийском автономном округе только два муниципальных района приравнены к территории Крайнего Севера: Белоярский и Березовский). Деятельность по мониторингу состояния земель в значительной степени возложена на нефтегазовые компании при проведении промышленного экологического мониторинга. Стоит отметить, что данные, полученные в результате этой деятельности, не всегда являются достоверными, так как представлены в отчетной документации, которую составляют сами недропользователи, что может вызывать сомнения в их объективности и реальном состоянии природных сред.

Разрабатывая теоретические концепции с практическими исследованиями различных авторов, среди которых Т. В. Ананко, Е. И. Аврунев, А. В. Баранов, В. Я. Григорьев, С. А. Липский, Т. А. Емельянова, Yu Q., Epstein H. E., Engstrom и др., можно отметить, что на протяжении многих лет они проводят научно-исследовательские проекты, посвященные мониторингу земель Арктической зоны [5, 6]. Проведенные исследования, безусловно, внесли значительный вклад в понимание состояния земель Крайнего Севера, однако представленные результаты могут не полностью отражать сложную динамику и многообразие факторов, влияющих на состояние этих территорий. В исследованиях авторов рассматриваются и применяются лишь отдельные показатели (состояние почвы, растительности) или процессы (эрозия, заболачивание, термокарст), которые, несмотря на свою значимость, не позволяют получить полноценную и комплексную оценку состояния земель. Утверждения М. Н. Саксонова, А. Д. Абалакова о том, что все экосистемы и их компоненты выступают в роли объектов экологического мониторинга, не подлежат сомнению, поскольку они содержат информацию о разных свойствах, что делает их значимыми для исследования и оценки состояния природных

сред. Но проблема заключается в многокритериальности систем, которая приводит к затруднениям в определении контролируемых показателей, где в процессе мониторинга исследуется не сам объект, а его состояния.

В связи с этим авторы предлагают альтернативный метод, основанный на разработанной ими системе показателей мониторинга земель с использованием данных ДЗЗ из космоса, адаптированной для Крайнего Севера. Эта система дополнит существующие данные о состоянии и использовании земель, обеспечивая более глубокое понимание возможных изменений в экосистемах региона.

Методы и материалы

Материалами для исследования послужили данные из информационных ресурсов, такие как: нормативно-правовые документы Росреестра о порядке осуществления государственного мониторинга земель (приказ от 22 июля 2021 г. № П/0315; приказ от 23.08.2024 № П/0267/24 «О внесении изменений в Порядок осуществления ГМЗ»); Приказ Минсельхоза России от 24.12.2015 № 664 (ред. от 02.03.2023) «Об утверждении Порядка осуществления государственного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения». Документы регионального уровня, такие как: закон Ханты-Мансийского автономного округа – Югры от 28.12.2006 № 145-оз «О территориях традиционного природопользования коренных малочисленных народов Севера регионального значения в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре»; закон Ханты-Мансийского АО «О земле»; Постановление Правительства Ямало-Ненецкого автономного округа от 30.06.2023 № 529-П «О мониторинге и контроле содержания объектов и территорий в Ямало-Ненецком автономном округе». Данные о состоянии земельного фонда исследуемой территории: государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель в РФ (2023 г.); Доклад о состоянии и использовании земель в ЯНАО, Доклад об экологической ситуации в Ямало-Ненецком автономном округе (2022); земельная статистика ЯНАО; Доклад о состоянии и использо-

вании земель в Тюменской области по исследуемой проблематике.

На основе общих и специальных методов исследования (аналитический, системный анализ, наблюдение, сравнение, обобщение) и учета разнообразия подходов, применяемых для определения состояния разных природных сред, авторы поставили задачу разработки системы показателей локального мониторинга не только для оценки состояния и использования земель, но и в качестве информационно-аналитического «инструмента» для принятия управленческих решений.

Земля рассматривается как сложная экосистема, состоящая из различных элементов, таких как рельеф, климат и водные ресурсы. В связи с этим выделяются два основных подхода к созданию показателей мониторинга земельных ресурсов. Первый подход нацелен на разработку интегрированных показателей, объединяющих показатели различных природных компонентов. Второй подход основывается на выделении «центрального» компонента, который лучше всего отражает изменения в земельных ресурсах.

Первый из предложенных подходов, безусловно, представляет собой сложную задачу, однако его реализация может привести к наиболее полным и информативным результатам. В настоящее время второй подход является базовым в системе показателей государственного мониторинга земель, при этом в качестве «центрального» компонента рассматриваются почвы.

Согласно определению М. А. Глазовской, «почва является одним из самых информативных элементов ландшафтно-геохимической системы и служит ее центральным ядром» [7]. Следует обратить внимание и на работу в коллективной монографии А. С. Яковлева и А. П. Сизова, где предпринята попытка гармонизации научного и административно-правового толкования понятий «почва» и «земля» как самостоятельных компонентов окружающей среды [8].

Для региона Крайнего Севера (КС) почва представляет один из информативных блоков, однако ее анализ имеет свои сложности. Например, почвы арктической области, такие как арктические пустынные, типичные, кар-

бонатные и т. п., обладают свойствами невозобновимости, что ставит под сомнение устойчивость их состояния при воздействии антропогенных факторов. Арктотундровые и тундровые почвы характеризуются высокой уязвимостью к изменениям, как естественным, так и вызванным человеческой деятельностью [9]. В связи с этим изучение только почвы в пределах территории КС не позволяет всесторонне оценить состояние и использование земельных ресурсов. Необходим более комплексный подход, учитывающий взаимосвязь почвы с биосферой и гидросферой в условиях сурового климата и антропогенной нагрузки.

Результаты

Для разработки комплексной системы показателей локального мониторинга земель (ЛМЗ) районов КС предлагается рассмотреть первый подход, по результатам которого будет рассчитан интегрированный показатель, объединяющий отдельные характеристики состояния и использования земельных ресурсов, что поспособствует формированию обобщенного понятия «земли» в контексте рационального управления природными ресурсами и оценки воздействия различных видов деятельности на экосистемы.

Территория Крайнего Севера практически полностью поделена на лицензионные участки для разведки, добычи и эксплуатации углеводородов, которые могут служить территориальной единицей для проведения мониторинга земель на локальном уровне. Границы лицензионных участков имеют координатную привязку к территории в отличие от иного административно-территориального деления, где границы категорий земель и угодий установлены условно и в лучшем случае проходят по естественным границам озер, берегов рек, урочищам и т. д. Следует учесть тот факт, что проведение экологического мониторинга в границах лицензионного участка является обязательным согласно действующему законодательству. Компании должны выполнять условия лицензионного соглашения, в котором прописано обязательное проведение регулярных обследований с целью оценки воздействия на окружающую среду.

Учитывая данное обстоятельство и особенности территории, которые были приведены выше, авторами предлагается первоначально получать информацию о состоянии и использовании земель на локальном уровне в границах лицензионных участков, используя данные ДЗЗ из космоса, а именно космические изображения высокого и среднего пространственного разрешения [3, 10].

Преимущества применения ДЗЗ из космоса в области мониторинга земель, особенно в условиях Крайнего Севера, заключаются в возможности непрерывного и удаленного доступа к получению сведений для расчета и определения показателей на значительных территориальных площадях. Результаты интерпретации полученных снимков способствуют эффективному картографированию больших территорий благодаря добавлению специфической информации, доступ к которой через традиционные полевые методики либо невозможен, либо требует значительных материальных затрат [11, 12].

Первоочередной задачей, стоящей перед авторами в процессе разработки набора показателей, является обеспечение их легкой ин-

терпретацией и минимальными временными затратами на обработку. Показатели должны быть актуальными и достоверными, а также характеризоваться низкими экономическими затратами для их получения, но при этом быть максимально информативными. Эти показатели смогут объединять отдельные параметры состояния компонентов окружающей среды и сформировать единое понятие «нарушенные земли», которое сложилось из совокупности процессов, представленных на рис. 1.

В результате анализа нормативно-правовых документов и специализированной литературы по заявленной теме были сформулированы определения рассматриваемых процессов, для которых в действующих нормативных актах отсутствуют уточненные понятия. Вместе с тем, ряд авторов в научных сообществах предоставляет различные разъяснения, что позволяет более точно интерпретировать эти процессы. Таким образом, данное исследование обосновывает необходимость уточнения терминологии, а также выделяет ключевые аспекты, которые должны быть учтены при формировании стандартов и рекомендаций в данной области исследований (табл. 2).

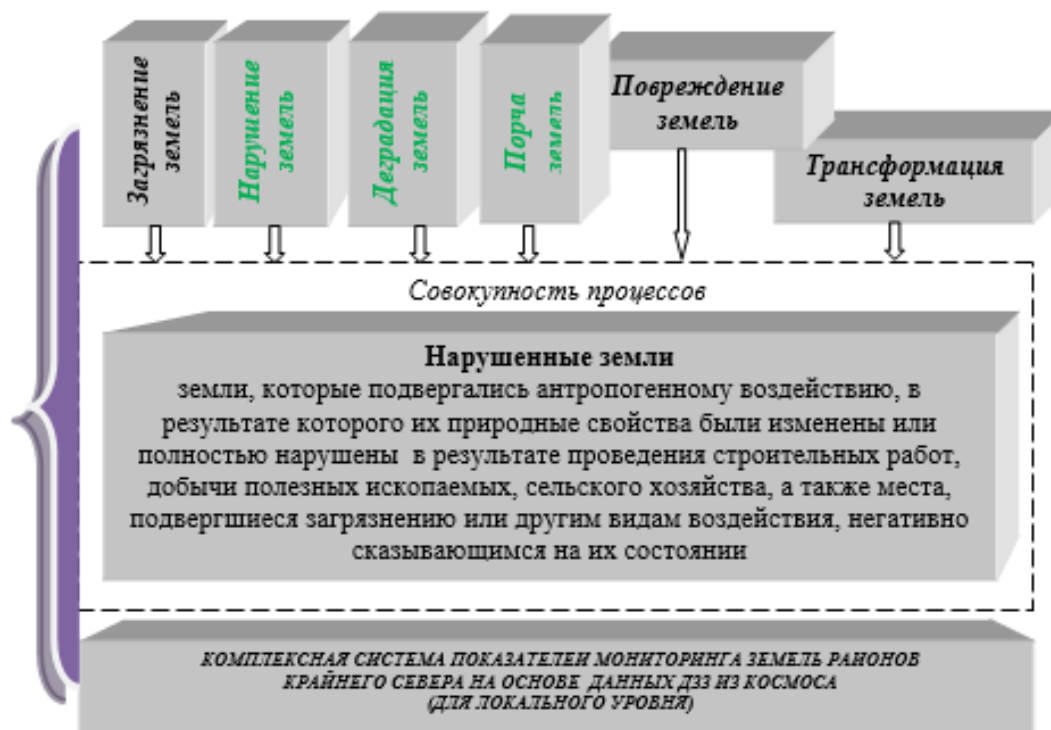


Рис. 1. Совокупность процессов для разработки комплексной системы показателей локального мониторинга земель районов Крайнего Севера

При этом комплексная система показателей создается на основе долговременного ретроспективного анализа материалов дистанционного зондирования по космоснимкам [13, 14].

Так как нам необходимо провести анализ космоснимков за долгосрочный период времени и анализ процессов эволюционных (связанных с естественно-историческими факторами), антропогенных и чрезвычайных (связанных с авариями), в работе исследуются аб-

солютные и относительные показатели, приведенные к определенному периоду или сроку, где объектами мониторинга земель являются природно-территориальные комплексы в границе лицензионного участка и ареалы распространения негативных процессов и явлений. Нарушение почвенно-растительного покрова ведет к увеличению термокарстовых процессов, поэтому помимо антропогенных факторов важно контролировать экзогенные процессы [15, 16].

Таблица 2

Определения рассматриваемых процессов

Наименование процесса	Определение
Загрязнение земель	Процесс, при котором земля или ее поверхностный слой подвергаются воздействию вредных веществ, что приводит к ухудшению качества почвенно-растительного покрова и экосистемы
Нарушение земель	Механическое разрушение почвенного покрова, обусловленное открытыми и закрытыми разработками полезных ископаемых и торфа, строительными и геологоразведочными работами и др.
Деградация земель	Снижение или потеря биологической и экономической продуктивности и сложной структуры земель, орошаемых пахотных земель или пастбищ, лесов и лесистых участков в засушливых, полузасушливых и сухих субгумидных районах в результате землепользования или действия одного или нескольких процессов, в том числе связанных с деятельностью человека и структурами расселения, таких как ветровая и/или водная эрозия почв; ухудшение физических, химических и биологических или экономических свойств почв; долгосрочная потеря естественного растительного покрова
Трансформация земель	Процесс изменения использования земли и ее функций, который может быть вызван как естественными, антропогенными и социально-экономическими, так и иными факторами
Повреждение земель	Прямое воздействие на землю, в результате которого происходит ее физическое, химическое или механическое разрушение
Порча земель	Отравление, загрязнение или иная порча земли вредными продуктами хозяйственной или иной деятельности вследствие нарушения правил обращения с удобрениями, стимуляторами роста растений, ядовитыми химикатами и иными опасными химическими или биологическими веществами при их хранении, использовании и транспортировании, повлекшие за собой причинение вреда здоровью человека или окружающей среде
Определения процессов согласно ГОСТ Р 59055–2020 Земли. Термины и определения	
Обобщенное определение (составленное авторами)	

Детализация комплексной системы показателей для ЛМЗ представлена в табл. 3.

Таблица 3

Комплексная система показателей локального мониторинга земель районов Крайнего Севера на основе данных ДЗЗ из космоса

Наименование показателя	Детализация показателя	
Повреждение (деградация) почвенно-растительного покрова в результате антропогенной деятельности (A) – это процесс ухудшения состояния и потери функциональных свойств почвы и растительности под влиянием деятельности человека в условиях индустриальной активности освоения и обустройства нефтегазовых месторождений		
$A = \sum_{i=1}^n A_i$ $A_i = S(A_i) / S$	(A1)	Площадь механического повреждения почвенно-растительного покрова
	(A2)	Площадь химического загрязнения почвенно-растительного покрова
	(A3)	Площадь захламления территории
Повреждение (деградация) почвенно-растительного покрова в результате природных экзогенных процессов (B) – это процесс ухудшения состояния и функциональных характеристик почвенно-растительного покрова под воздействием внешних природных факторов (осадки, температурный режим, скорость ветра, типы почв и т. д.)		
$B = \sum_{i=1}^n B_i$ $B_i = S(B_i) / S$	(B1)	Площадь территории, подверженной эрозии
	(B2)	Площадь территории, подверженной термокарсту
	(B3)	Площадь территории, подверженной буграм пучения
	(B4)	Площадь заболоченной территории
	(B5)	Другие процессы
Инженерно-инфраструктурное освоение территории (C) – результат деятельности по вовлечению земельных участков в промышленно-хозяйственный оборот на обустраиваемой или обустроенной территории месторождения		
$C = \sum_{i=1}^n C_i$ $C_i = S(C_i) / S$	(C1)	Площадь осваиваемой территории*
	(C2)	Площадь освоенной территории**
	(C3)	Инвентаризация кустовых площадок (кусты эксплуатационных скважин, площадь кустовой площадки)
	(C4)	Инвентаризация факельных установок (площадь под факельной установкой)
	(C5)	Инвентаризация полигонов ТКО (площадь полигона ТКО)
	(C6)	Протяженность наземных линейных объектов (дороги, ЛЭП)
Ограниченность использования земель для традиционного природопользования (D) – доступность и возможность использования земельных ресурсов КМНС		
$D = \sum_{i=1}^n D_i$ $D_i = S(D_i) / S$	(D1)	Заозеренность (площадь заозеренной территории)
	(D2)	Обводненность (площадь обводненной территории)
	(D3)	Состояние оленьих пастбищ (продуктивность, (площадь продуктивных территорий))
	(D4)	Состояние оленьих пастбищ (переуплотнение, перевыпас (площадь территории переуплотнения, перевыпаса))
Показатель смещения земной поверхности (E) – это перемещение участков земли относительно определенной точки или оси, которое может происходить под воздействием природных и антропогенных факторов		
$E = \sum_{i=1}^n E_i$ $E_i = S(E_i) / S$	(E1)	Площадь смещения территории (горизонтальное)
	(E2)	Площадь смещения территории (вертикальное)
*Площадь осваиваемой территории – нефтегазовое месторождение находится в стадии интенсивного промышленного освоения (строительства новых добывающих скважин, кустовых площадок и других объектов). **Площадь освоенной территории – нефтегазовое месторождение находится в стадии эксплуатации, но строительство новых добывающих скважин, кустовых площадок и других объектов не предусмотрено.		

Показатели предлагается рассчитывать в виде коэффициентов как отношение площади повреждения земель к площади исследуемой территории. В результате мы полу-

чаем интегрированный показатель, который рассчитывается на основе определенных математических связей между показателями, полученный в виде суммирования коэффициентов, но если на исследуемой территории наблюдается несколько видов повреждения земель, то в этом случае коэффициенты суммироваться не будут, т. е. будет определяться площадь наложения детализированных показателей (показано в формуле ниже). Авторы допускают, что при апробации предлагаемого подхода и результатов дешифрирования космоснимков для определения состояния земель нужно будет прибегнуть к агрегированию (не тождественен интегрированию, поскольку подразумевает объединение показателей с целью их укрупнения, а это не одно и то же, что и суммирование).

$$A = \frac{S(A1) + S(A2) + \dots + S(Ai) - (S(A1) \cap S(A2) \cap \dots \cap S(Ai))}{S}$$

где A – коэффициент повреждения (на примере повреждение (деградация) почвенно-растительного покрова в результате антропогенной деятельности);

$S(Ai)$ – площадь детализированного показателя исследуемого повреждения;

$(S(A1) \cap S(A2))$ – наложение площади детализированных показателей;

S – площадь, исследуемой территории.

Далее для оценки определения степени нарушенности территории предлагается каждому показателю, рассчитанному в виде коэффициента, присвоить «веса» (w_i), сумма которых равна единице (табл. 4).

Таблица 4

Определения степени нарушенности территории

Наименование	A	B	C	D	E
Весовой коэффициент (w_i)	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
$\sum(w_i)$	1				

Для определения показателя можно воспользоваться методическими рекомендациями по оценке качества земель, являющихся

исконной средой обитания коренных малочисленных народов Севера, Сибири и Дальнего Востока Российской Федерации (режим доступа: https://e-ecolog.ru/docs/3L1G_wVTCQSuixiM6L-YV).

Особенностью предлагаемой системы показателей является то, что полученная с ее помощью информация легко генерируется на региональный и федеральный уровень мониторинга земель для составления Государственного (национального) доклада о состоянии и использовании земель в Российской Федерации.

Обсуждение

Процесс создания комплексной системы показателей мониторинга земель предполагает три основных этапа: исследование, разработка с учетом методов ДЗЗ по космическим изображениям и апробация. На каждом из этих этапов обеспечивается интеграция различных источников данных и учет экологических условий региона. Более подробно предлагаем рассмотреть этап разработки комплексной системы с учетом данных ДЗЗ из космоса, а именно разработку технологической схемы организации мониторинга земель Крайнего Севера (рис. 2). В рамках представленной технологической схемы ключевой компонент заключается в подсистеме тематического дешифрирования данных ДЗЗ из космоса для выявления техногенной нарушенности и трансформации земель. Эта подсистема учитывает широкий спектр факторов, связанных с антропогенной нагрузкой на природные системы и изменениями, вызванными деятельностью человека. Не менее значимой является подсистема картографического обеспечения, которая визуализирует пространственные данные и позволяет эффективно отображать информацию. Важную роль в реализации всей системы играет также подсистема геоинформационного обеспечения, выполняющая объединение, геоинформационный анализ и картографирование пространственных данных.

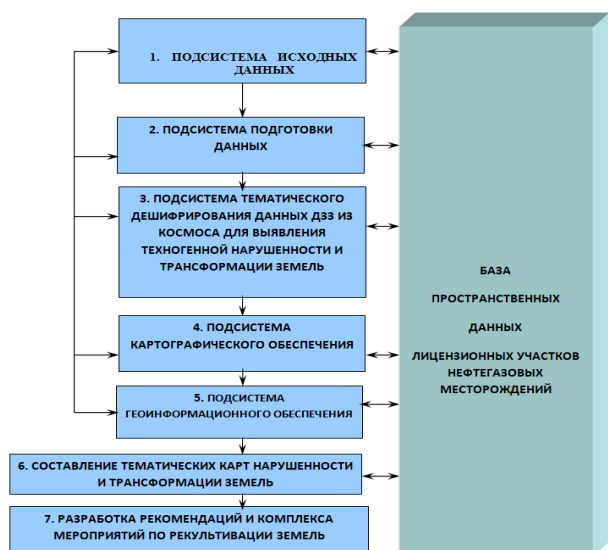


Рис. 2. Общая технологическая схема мониторинга земель лицензионных участков нефтегазовых месторождений Крайнего Севера с применением данных ДЗЗ из космоса

Представленные выше подсистемы обеспечат создание тематического продукта на основе автоматизированного дешифрирования космических изображений и формирования картографической, а также базы пространственных и атрибутивных данных лицензионных участков нефтегазовых месторождений, что даст возможность формирования тематических слоев о состоянии исследуемых территорий.

Заключительный этап предложенной организации мониторинга земель включает в себя разработку рекомендаций и комплекса мероприятий, направленных на рекультивацию нарушенных земель. Такое предложение

позволит создать более интегрированный и многоуровневый подход к анализу и управлению земельными ресурсами в одном из самых уязвимых и стратегически важных регионов России, а результаты исследований будут представлены в следующих статьях.

Заключение

Активная разработка углеводородных ресурсов в сложных природно-климатических условиях приводит к деградации экосистем и загрязнению почв. Существующая система мониторинга земель, основанная на традиционных методах, неэффективна для данных регионов, так как не учитывает специфические климатические и геологические условия и особенности хозяйственной деятельности. Использование данных ДЗЗ из космоса становится важным инструментом для мониторинга состояния земель, позволяя отслеживать изменения в реальном времени и проводить ретроспективный анализ. Для эффективного мониторинга земель на Крайнем Севере необходимо применять комплексный подход, учитывающий климатические, геолого-экологические и антропогенные факторы. Выбор ключевых показателей для разработки системы мониторинга является критически важным для понимания экологической ситуации и принятия оперативных решений по управлению земельными ресурсами. Предложенная система показателей должна стать основой для методологии локального мониторинга земель Крайнего Севера с использованием данных ДЗЗ из космоса.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сумина О. И. Формирование растительности на техногенных местообитаниях Крайнего Севера России. – СПб. : Информ-Навигатор, 2013. – 340 с. – EDN WARRFN.
2. Аврунев Е. И., Уставич Г. А., Грекова А. О. [и др.]. Технологические решения в области обеспечения геопространственной информации о магистральных трубопроводах и объектах их инфраструктуры // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2020. – Т. 331, № 7. – С. 188–201. – DOI 10.18799/24131830/2020/7/2729. – EDN MDEEKK.
3. Тихановский А. Н. Проблемы и методы биологической рекультивации техногенно нарушенных земель Крайнего Севера // Успехи современного естествознания. – 2017. – № 2. – С. 43–47. – EDN YNTMZH.
4. Емельянова Т. А. Рациональное использование и охрана земель северных территорий Российской Федерации: экономика и организация: дис. д-ра экон. наук: 08.00.05 «Экономика и управление народным хозяйством» – Емельянова Татьяна Алексеевна. – 2006. – 431 с.

5. Баранов А. В., Григорьев В. Я., Якушев Н. Л., Унанян К. Л. Деградация и охрана почв в районах освоения месторождений углеводородов Крайнего Севера // Георесурсы, геознергетика, геополитика. – 2010. – № 2 (2). – С. 6. – EDN SIKWPB.
6. Ананко Т. В. Почвенно-ландшафтные особенности Севера Средней Сибири (по материалам дешифрирования космических снимков) // Бюллетень Почвенного института им. В. В. Докучаева. – 2014. – № 75. – С. 83–105. – EDN SNECHP.
7. Глазовская М. А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов: (ландшафтно-геохимические процессы) : учебное пособие. – М. : Географический факультет МГУ, 2007. – 350 с. – EDN QKGIJP.
8. Экологическое нормирование и управление качеством почв и земель / Под общ. ред. С. А. Шобы, А. С. Яковлева, Н. Г. Рыбальского. – М. : НИА-Природа, 2013. – 310 с.
9. Ананко Т. В., Герасимова М. И., Конюшков Д. Е. Арктические и тундровые почвы на новой цифровой почвенной карте России масштаба 1:2,5 млн // Бюллетень Почвенного института имени В. В. Докучаева. – 2020. – Вып. 101. – С. 46–75. – DOI 10.19047/0136-1694-2020-101-46-75.
10. Кустышева И. Н., Беленко В. В. Проблемные вопросы локального мониторинга земель территорий традиционного природопользования при оценке воздействия нефтегазовых месторождений (на примере Ханты-Мансийского автономного округа – Югры) // Геодезия и картография. – 2023. – Т. 84, № 10. – С. 56–64. – DOI 10.22389/0016-7126-2023-1000-10-56-64. – EDN GNGWOE.
11. Волкодаева М. В., Володина Я. А., Ломтев А. Ю., Носков С. Н. О необходимости развития системы экологического мониторинга окружающей среды Крайнего Севера // Российская Арктика. – 2019. – № 6. – С. 37–43. – DOI 10.24411/2658-4255-2019-10065. – EDN WFCWJA.
12. Пузанов А. В., Дрост Г. И., Кириллов В. В. [и др.]. Комплексный мониторинг озер Центрального Ямала на основе использования многоспектральных данных // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2024. – Т. 21, № 1. – С. 308–322. – DOI 10.21046/2070-7401-2024-21-1-308-322. – EDN TROGRJ.
13. Горбачев В. Н., Бабинцева Р. М. Экологический мониторинг земель : учебное пособие. – Ульяновск : УлГУ, 2006. – 109 с.
14. Верхотуров А. А., Мелкий В. А., Долгополов Д. В., Лисицкий Д. В. Мониторинг изменения состояния растительного покрова на участке трассы трубопровода проекта «Сахалин-2» по данным космических съемок // Вестник СГУГиТ. – 2022. – Т. 27, № 4. – С. 45–53. – DOI 10.33764/2411-1759-2022-27-4-45-53. – EDN AROBFE.
15. Дубровский А. В., Кустышева И. Н. Методическое и технологическое обеспечение рационального землепользования при добыче углеводородов с учетом региональных особенностей Крайнего Севера // Вестник СГУГиТ. – 2016. – Вып. 3 (35). – С. 128–138. – EDN XUYUFD.
16. Скрыльник Г. П. Термокарст как фактор разрушения и созидания в развитии геосистем юга Средней Сибири и Дальнего Востока // Успехи современного естествознания. – 2018. – № 11-2. – С. 425–436.

Об авторах

Ирина Николаевна Кустышева – кандидат технических наук, доцент кафедры геодезии и кадастровой деятельности.

Виктор Владимирович Беленко – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры космического мониторинга и экологии.

Виктор Николаевич Москвин – доктор технических наук, профессор кафедры кадастра и территориального планирования.

Наталья Григорьевна Мартынова – кандидат технических наук, доцент кафедры геодезии и кадастровой деятельности.

Получено 12.12.2024

© И. Н. Кустышева, В. В. Беленко, В. Н. Москвин, Н. Г. Мартынова, 2025

Indicator-based local monitoring system for land in Far North oil and gas license sites

I. N. Kustysheva^{1✉}, V. V. Belenko², V. N. Moskvina³, N. G. Martynova¹

¹Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russian Federation

²Moscow State University of Geodesy and Cartography, Moscow, Russian Federation

³Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation

e-mail: kustyshevain@tyuiu.ru

Abstract. The authors explore the vital role of satellite remote sensing data in the contemporary monitoring and evaluation of land and natural resources within the harsh and complex environment of the Far North. The unique climatic, ecological, and anthropogenic factors in this region necessitate meticulous attention to resource utilization and conservation. The primary objective of the study is to develop a comprehensive system of environmental indicators derived from satellite data that objectively assess the state and temporal dynamics of natural environments in licensed oil and gas production sites characterized by significant human impact. Special emphasis is placed on incorporating considerations for the traditional land use practices of indigenous, numerically small populations in these regions. A thorough review of existing scientific literature suggests that an effective indicator-based monitoring system must integrate a broad array of parameters and indices to fully characterize environmental changes in northern ecosystems. The authors propose a detailed indicator framework and highlight several detrimental processes currently inadequately defined or regulated in existing policy frameworks. Addressing these gaps is crucial for informed decision-making and effective management of the Far North's natural resources, ensuring sustainable development aligned with environmental protection imperatives.

Keywords: Far North regions, licensed sites, oil and gas production, land monitoring, system of indicators

REFERENCES

1. Sumina, O. I. (2013). *Vegetation formation in technogenic habitats of the Far North of Russia. [Obshchestvo s ogranichennoj otvetstvennost'yu "Inform-Navigator"]*. St. Petersburg : Inform Navigator Limited Liability Company. (340 p). – EDN WARRFN [in Russian].
2. Avrunev E. I., Ustavich G. A., Grekova A. O. et al. (2020). Technological solutions in the field of providing geospatial information about main pipelines and their infrastructure facilities. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesursov [Izvestiya Tomsk Polytechnic University. Georesource engineering]*. 331(7) (pp. 188-201). DOI 10.18799/24131830/2020/7/2729. EDN MDEEKK [in Russian].
3. Tikhanovsky, A. N. (2017). Problems and methods of biological reclamation of technogenically disturbed lands of the Far North *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya. [Successes of modern natural science]*. 2 (pp. 43–47). EDN YHTMZH [in Russian].
4. Yemelyanova T. A. (2006). Rational use and protection of the lands of the northern territories of the Russian Federation: economics and organization. dis. Dr. of Economics. 431 p. [in Russian].
5. Baranov A. V., Grigoriev V. Ya., Yakushev N. L., Unanyan K. L. (2010). Degradation and protection of soils in the areas of development of hydrocarbon deposits in the Far North *Georesursy, geoenergetika, geopolitika. [Geo-resources, geo-energy, geopolitics]*. 2(2). – P. 6. – EDN SIKWPB [in Russian].
6. Ananko, T. V. (2014). Soil and landscape features of the North of Central Siberia (based on the materials of decoding satellite images). *Byulleten' Pochvennogo instituta im. V.V. Dokuchaeva. [Bulletin of the Soil Institute named after. V.V. Dokuchaeva]* (75). Pp. 83–105. EDN SNECHP [in Russian].

7. Glazovskaya, M. A. (2007). Geochemistry of natural and man-made landscapes : (landscape-geochemical processes) : a textbook for students studying in the specialties 020401 - Geography and 020804 - Geoecology. [Moskva: Geograficheskij fakul'tet MGU]. Moscow State University named after M. V. Lomonosov. Moscow : Faculty of Geography, Moscow State University. (350 p.) – EDN QKGIJP [in Russian].

8. Shoba S. A., Yakovlev A. S., Rybalsky N. G. (2013). Environmental regulation and quality management of soils and lands. [NIA-Priroda]. Under the general editorship of. (310 p.) [in Russian].

9. Ananko T. V., Gerasimova M. I., Konyushkov D. E. (2020). Arctic and tundra soils on the new digital soil map of Russia scale 1 : 2.5 million. *Byulleten' Pochvennogo instituta imeni V. V. Dokuchaeva* [Bulletin of the V.V. Dokuchaev Soil Institute]. 101 (pp. 46–75). DOI 10.19047/0136-1694-2020-101-46-75 [in Russian].

10. Kustysheva, I. N., Belenko V. V. (2023). Problematic issues of local monitoring of lands of territories of traditional nature management in assessing the impact of oil and gas fields (on the example of Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug – Yugra). [Geodeziya i kartografiya]. *Geodesy and cartography*. 84(10). (Pp. 56–64). DOI 10.22389/0016-7126-2023-1000-10-56-64. EDN GNGWOE [in Russian].

11. Volkodaeva M. V., Volodina Ya. A., Lomtev A. Yu, Noskov S. N. (2019). On the need to develop a system of environmental monitoring of the environment of the Far North. *Rossiyskaya Arktika*. [Russian Arctic]. 6. (Pp. 37–43). DOI 10.24411/2658-4255-2019-10065. EDN WFCWJA [in Russian].

12. Puzanov A. V., Drost G. I., Kirillov V. V. et al. (2024). Integrated monitoring of the lakes of Central Yamal based on the use of multispectral data *Sovremennye problemy distancionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa* [Modern problems of remote sensing of the Earth from space]. 21(1). (Pp. 308–322). – DOI 10.21046/2070-7401-2024-21-1-308-322. EDN TROGRJ [in Russian].

13. Gorbachev V. N., Babintseva R. M., (2006). Environmental monitoring of lands: A textbook on environmental monitoring of lands for students and postgraduates of the specialties “Ecology”, “Nature management”, “Soil Science” *Ul'yanovsk: UIGU*. [Ul'yanovsk.] [in Russian].

14. Verkhoturov A. A., Melky V. A., Dolgoplov D. V., Lisitsky D. V. (2022). Monitoring of changes in the state of vegetation cover on the section of the pipeline route of the Sakhalin-2 project according to space surveys. *Vestnik* [Vestnik SSUGT] 27(4). (Pp. 45–53). DOI 10.33764/2411-1759-2022-27-4-45-53. EDN AROBFE [in Russian].

15. Dubrovsky, A. V., Kustysheva I. N. (2016). Methodological and technological support of rational land use in the extraction of hydrocarbons, taking into account the regional characteristics of the Far North. *Vestnik* [Vestnik SSUGT] 3(35). (Pp. 128–138). EDN XUYFDF [in Russian].

16. Skrylnik G. P. (2018). Thermokarst as a factor of destruction and creation in the development of geosystems in the south of Central Siberia and the Far East. [Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya]. The successes of modern natural science. 11(2). (Pp. 425–436). Retrieved from <https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=36964> (date of application: 10.25.2024) [in Russian].

Author details

Irina N. Kustysheva – Ph. D., Associate Professor of the Department of Geodesy and Cadastral Activity.

Viktor V. Belenko – D. Sc., Associate Professor, Professor of the Department of Space Monitoring and Ecology.

Victor N. Moskvina – D. Sc., Professor, Department of Cadastre and Territorial Planning.

Natalya G. Martynova – Ph. D., Associate Professor of the Department of Geodesy and Cadastral Activity.

Received 12.12.2024

© I. N. Kustysheva, V. V. Belenko, V. N. Moskvina, N. G. Martynova, 2025