

**В.В. ЕЛСАКОВ\*, И.М. ПОТРАВНЫЙ\*\*, В.В. ГАССИЙ\*\*\*, А.Ю. ВЕГА\*\***

\*Институт биологии Коми научного центра УрО РАН,  
167982, Сыктывкар, ул. Коммунистическая, 28, Россия, elsakov@ib.komisc.ru

\*\*Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова,  
117997, Москва, Стремянный пер., 36, Россия, ecoaudit@bk.ru, cabra@mail.ru

\*\*\*Кубанский государственный университет,  
350040, Краснодар, ул. Ставропольская, 149, Россия, vgassiy@mail.ru

### **ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЭТНОЛОГИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ ПРОМЫШЛЕННОГО ОСВОЕНИЯ АРКТИКИ**

*Рассматриваются методические и практические вопросы применения информационных технологий, космического мониторинга при проведении этнологической экспертизы проектов промышленного освоения Арктики. На примере проекта по добыче россыпного золота в бассейне руч. Мокрунды Среднеколымского улуса (района) Республики Саха (Якутия) показана необходимость и перспективность применения данных технологий для оценки ресурсной продуктивности территории, в частности для анализа распределения доминирующих растительных сообществ, определения фитомассы пастбищных растений, запасов дикоросов, оленеёмкости угодий, для расчёта убытков коренных малочисленных народов Севера в зоне влияния проекта. Дана геоботаническая карта участка работ и показано, что применение космического мониторинга при проведении этнологической экспертизы проектов и определении ущерба, причиненного местному населению в результате воздействия на традиционные промыслы (охота, сбор дикоросов, оленеводство), позволяет оперативно выполнить инвентаризацию пастбищных угодий оленеводческих хозяйств, снизить затраты на проведение данных работ по сравнению с традиционными методами (натурные обследования территории, аэровизуальные обследования). Возможность сопоставления межгодовых изображений позволяют также выявить динамику изменений территории под влиянием антропогенной деятельности и с учетом климатических трансформаций.*

Ключевые слова: промышленное освоение территории, природопользование, ресурсная оценка, Республика Саха (Якутия), технологии дистанционного зондирования.

**V.V. ELSAKOV\*, I.M. POTRANYI\*\*, V.V. GASSIY\*\*\*, A.Yu. VEGA\*\***

\*Institute of Biology, Komi Science Centre, Ural Branch, Russian Academy of Sciences,  
167982, Syktyvkar, ul. Kommunisticheskaya, 28, Russia, elsakov@ib.komisc.ru

\*\*Plekhanov Russian University of Economics,  
117997, Moscow, Stremyanniy per., 36, Russia, ecoaudit@bk.ru, cabra@mail.ru

\*\*\*Kuban State University, 350040, Krasnodar, ul. Stavropol'skaya, 149, Russia, vgassiy@mail.ru

### **INFORMATION TECHNOLOGY IN ETHNOLOGICAL EXAMINATION OF INVESTMENT PROJECTS OF ARCTIC DEVELOPMENT**

*We examine the methodological and practical issues related to the application of information technologies and space-based monitoring in ethnological examination of projects of Arctic industrial development. The necessity and prospects of using these technologies to assess the resource productivity of the territory are illustrated by the example of the project of the extraction of alluvial gold in the basin of the Mokrundya stream of the Srednekolymskii ulus (district) of the Sakha (Yakutia) Republic. In particular, this is necessary for analyzing the distribution of dominant plant communities, determining the phytomass of pasture plants, stocks of wild plants, and reindeer grazing capacity, and for calculating the losses of the indigenous peoples of the North in the influence zone of the project. A geobotanical map of the study area is provided. It is also shown that the use of space-based monitoring in carrying out an ethnological examination of projects and determining the damage caused to the local population as a result of the impact on traditional land use practices (hunting, gathering wild plants, and reindeer husbandry) makes it*

*possible to take an inventory of pasture lands of reindeer husbandry and reduce the cost of these projects in comparison with traditional methods (field surveys of the territory, and aerial imaging surveys). The possibilities of comparing interannual images can also provide insight into the dynamics of changes in the territory under the influence of anthropogenic activity and taking into account climatic transformations.*

Keywords: *industrial development of the territory, nature management, resource assessment, Sakha (Yakutia) Republic, remote sensing technologies.*

## ВВЕДЕНИЕ

В «Основах государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2035 года и дальнейшую перспективу» (2020 г.) территория Крайнего Севера рассматривается в качестве стратегической ресурсной базы для промышленного развития [1]. В последние годы в связи с созданием опорных зон в Российской Арктике идет процесс активного промышленного освоения территорий, что затрагивает земли компактного проживания коренных малочисленных народов Севера [2]. Территории традиционного природопользования включают весь комплекс условий и элементов взаимосвязи природной системы и ее природно-ресурсной базы с укладом жизни малочисленных народов Севера, а также «кормящий ландшафт», общественное производство, воспроизводство и быт коренного населения, его духовные, культурные, физические и психологические стороны жизни [3].

С принятием в 2010 г. Закона Республики Саха (Якутия) «Об этнологической экспертизе в местах традиционного проживания и традиционной деятельности коренных малочисленных народов Севера Республики Саха (Якутия)» [4], а также в 2011 г. Постановления Правительства Республики Саха (Якутия) «О порядке организации и проведения этнологической экспертизы в местах традиционного проживания и традиционной хозяйственной деятельности коренных малочисленных народов» [5] при обосновании и реализации инвестиционных проектов промышленного освоения территории в республике в обязательном порядке проводится этнологическая экспертиза проектов (оценка влияния на этнологическую среду в местах проживания и традиционной хозяйственной деятельности коренных малочисленных народов Севера в зоне деятельности недропользователей по добыче полезных ископаемых), исследования, направленные на ресурсную оценку территории, определение убытков, понесенных коренными малочисленными народами Севера. Такие научно-исследовательские работы проводятся с целью предотвращения потенциальной опасности намечаемой хозяйственной деятельности, выявления рисков до принятия решений о реализации намечаемой деятельности в местах проживания и традиционной хозяйственной деятельности малочисленных народов Севера [6, 7]. Данный подход в целом соответствует обеспечению условий реализации концепции устойчивого развития Арктики, включая переход на модель «зеленого» роста экономики [8, 9].

В настоящее время подсчет убытков коренных малочисленных народов Севера от воздействия на объекты традиционного природопользования базируется на ресурсной оценке отдельных видов деятельности, осуществляемой на территории. К таким видам традиционной хозяйственной деятельности относятся: оленеводство, промысловая охота, рыболовство, сбор дикоросов (природных пищевых и лекарственных растений) [10]. Следует отметить, что интенсивное промышленное освоение природных ресурсов северных территорий Российской Федерации в последние десятилетия существенно сократило возможности ведения традиционных видов хозяйственной деятельности малочисленных народов, из хозяйственного оборота изъяты значительные площади оленьих пастбищ и охотничьих угодий. Территории выпаса оленей включены в опорные зоны развития: Кольскую, Архангельскую, Ненецкую, Воркутинскую, Ямало-Ненецкую, Таймыро-Туруханскую, Северо-Якутскую и Чукотскую.

Расчет убытков традиционных промыслов (оленеводство, охота, рыболовство, сбор дикоросов) в зоне реализации инвестиционного проекта обычно проводится по материалам ландшафтных или геоботанических обследований. При подготовке основных информационных материалов для анализа (тематических ландшафтных, геоботанических карт) используются методы натурных обследований, аэробнаблюдения, сбор информации у местных жителей, охотников и др. Данные методы не позволяют в полной мере получить необходимую и объективную информацию об объекте исследования, что может повлиять на расчеты ресурсной продуктивности территории и принимаемые управленческие решения. Для совершенствования методов проведения ресурсной оценки территории, определения убытков, понесенных коренными малочисленными народами в зоне влияния проекта, предлагается активно привлекать информационные технологии и средства космического мониторинга.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В Институте биологии Коми научного центра УрО РАН разработаны, защищены патентами Российской Федерации и внедрены в сферу практического использования работы по пастбищному землеустройству с применением методов спутникового мониторинга. За последние пять лет такие работы выполнены для 14 хозяйств, расположенных на территории европейского северо-востока России. В представленной статье рассмотрены возможности применения информационных технологий при оценке воздействия на этнологическую среду в рамках реализации проекта по добыче россыпного золота в северо-восточной части Среднеколымского улуса (на границе с Аллаиховским улусом) Республики Саха (Якутия). Месторождение расположено в долине верхнего течения руч. Мокрундя (площадь водосбора 15 км<sup>2</sup>) — левого притока р. Аргаа-Юрях. Ближайшие населенные пункты — поселки Похвальный (ликвидирован, бывшая база Эрчинской геолого-разведочной партии), Оленегорск и Чокурдах, находящиеся в 80, 100 и 140 км соответственно западнее и северо-западнее месторождения, на правом берегу р. Индигирки. Расстояние до районного центра — г. Среднеколымска — по прямой равно 285 км. Площадь лицензионного участка составляет 1,51 км<sup>2</sup>, площадь участка, на который осуществляется воздействие, — 63,7 км<sup>2</sup>, в том числе зоны отчуждения — 151,2 га. Экономически район не освоен, отсутствует транспортная инфраструктура. Грузоперевозки внутри района осуществляются водным путем, по автозимникам, вертолетами, тяжелой вездеходной техникой.

В качестве основных источников данных для выполнения аналитического исследования использовали цифровую модель рельефа SRTM 90, серию спутниковых изображений высокого разрешения (Landsat TM, ETM+, OLI и Sentinel 2) разных лет для построения геоботанической карты и выявления трендов межгодовых изменений, вызванных климатогенным и антропогенным влиянием. Выбор снимков определялся доступностью (получены из свободных архивов), временем съемки (использованы изображения середины вегетационного периода), отсутствием в пределах сцен облачного покрова. Последнее условие особенно важно, поскольку большую часть года на рассматриваемой территории наблюдаются периоды с полужасным и пасмурным состоянием неба. Снижение масштабов картографических работ и детальности используемых спутниковых изображений часто приводит к изменению преемственности отображения контуров объектов, изменяет их спектрально, искажает или нивелирует их присутствие (поглощается фоном). Многие мелкоконтурные сочетания дисперсного распределения, а в случае использования материалов спутниковых изображений имеющие существенные спектральные различия, служат источником появления новых классов, за счет «смешивания» по составу классов земной поверхности. Часто это приводит к существенным расхождениям при анализе частотной или площадной представленности отдельных классов. Поэтому в качестве основы единицы классификации выбираются классы комплексов, их мелкоконтурных сочетаний и крупных по протяженности доминирующих классов, иногда различного типологического уровня.

Количество классов, выделяемых при обработке спутниковых изображений, определяется, с одной стороны, разнообразием растительного покрова и мозаичностью распределения контуров, с другой — возможностями статистически достоверного распознавания выделяемых классов на изображениях в условиях используемого пространственного разрешения. Для оценки распознаваемости выделенных классов ( $i$  и  $j$ ) в качестве меры статистической разделимости использовали значение межклассовой преобразованной дивергенции (transformed divergence,  $D_{ij}^T$ ) [11]:

$$D_{ij}^T = 2000 \cdot (1 - \exp(-D_{ij}/9)),$$

$$D_{ij} = \text{tr}[(\Sigma_i - \Sigma_j)(\Sigma_j^{-1} - \Sigma_i^{-1})]/2 + \text{tr}[(\Sigma_i^{-1} + \Sigma_j^{-1})(U_i - U_j)(U_i - U_j)^T]/2, \quad (1)$$

где  $D_{ij}^T$  — значение преобразованной дивергенции,  $\Sigma_i$  — ковариационная матрица  $i$ -го класса,  $\Sigma_i^{-1}$  — обратная ей матрица,  $U_i$  — вектор средних значений признаков для  $i$ -го класса,  $\text{tr}(\dots)$  и  $(\dots)^T$  — матричные операции следа (сумма диагональных элементов матрицы),  $(U_i - U_j)^T$  — транспонированный вектор  $(U_i - U_j)$ . Критерий широко используется при анализе разделимости выделяемых классов земной поверхности.

При построении геоботанической карты использовали методы управляемой классификации с выделением эталонов по материалам полевых наблюдений. Полученные геоботанические карты сравнивали с хозяйственно-геоботанической картой территории.

При проведении количественных расчетов ряда ресурсных показателей (запасы надземной фитомассы пастбищ, хозяйственно-полезных растений) ориентировались на тесные взаимосвязи значений спектральной яркости отдельных каналов на спутниковых изображениях и характеристик растительного покрова. Серии работ, выполненных в фитоценозах различных регионов Арктики [12–15], демонстрируют наличие тесной взаимосвязи между объемами поглощенной/отраженной растительным покровом энергии в диапазонах красного и ближнего инфракрасного излучения, поглощенной фотосинтетически активной радиацией (APAR) и продуктивностью сообществ (GPP, NPP). Это позволяет рассматривать спектральные величины в качестве основы и для расчета количественных значений, характеризующих фитоценозы, а их сезонную вариабельность — как показатель продуктивности.

Эти зависимости в особенности прослеживаются в тундровой зоне, что связано с упрощением вертикальной структуры сообществ, снижением общего проективного покрытия, широким распространением мхов и лишайников, имеющих в составе небольшой запас пигментов. Южные гипоарктические тундры характеризуются значительным участием зеленых частей, преимущественно мхов и лишайников (до 40 %), и одревесневающих надземных частей (не используются в оценке кормовых запасов) — кустарников и кустарничков (35–40 %).

Высокая корреляция между спектральными показателями, проективным запасом хлорофилла и надземным запасом фитомассы позволяет привлекать спектральнозональные изображения и их производные (спектральные индексы VI, NDVI, PVI и др.) для оценки запаса надземной фитомассы северных регионов и их изменений, продуктивности естественных сообществ. Наиболее широкое распространение среди используемых спектральнозональных индексов получил нормализованный разностный индекс растительного покрова (NDVI):

$$\text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{RED}) / (\text{NIR} + \text{RED}), \quad (2)$$

где NIR — отражение в ближней инфракрасной области спектра (0,6–0,7 мкм, максимум поглощения хлорофилла), RED — отражение в красной области спектра (0,7–1,0 мкм, максимум отражения). Для большинства фитоценозов циркумполярной области между величинами NDVI и надземной фитомассой (в м<sup>2</sup>) зависимость представлена в виде экспоненциальных или линейных функций [16].

Отбор укосов фитомассы с небольших площадок с фиксированием точных координат позволяет использовать обнаруженные взаимосвязи со спектральными величинами фитоценозов и подойти к решению вопроса количественной оценки распределения фитомассы и ресурсных видов на территории. С помощью метода линейной регрессии выявлены особенности расположения зеленых и лишайниковых кормов на пастбищах, определены показатели оленеемкости, проанализированы потенциальные запасы расположения отдельных видов лекарственных растений [17].

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Основные этапы выполненной работы могут быть представлены в виде связанных блоков.

**Анализ орографических и гидрографических особенностей территории по цифровой модели рельефа.** Территория участка осложнена среднегорным рельефом кряжа Улахан-Сис с высотами от 270 до 680 м над ур. моря. Водные потоки сформировали глубоко врезаемые речные долины с отметками высот по урезу воды не более 40–60 м над ур. моря. Перепад высот долин рек и основного рельефа превышает 300 м. Рассчитывали ряд производных изображений — экспозиции и величины склоновых поверхностей. Привлечение модели рельефа было необходимо для выполнения дальнейшей топографической коррекции яркостных характеристик спутниковых изображений.

**Составление геоботанической карты участка работ.** На участке предварительно было выделено 28 доминирующих классов растительного покрова и их комплексов, с последующим укрупнением до 10, наиболее распознаваемым и сопоставимым с принятым геоботаническим делением территории. Большинство выделенных классов характеризовалось хорошими ( $D_{ij}^T > 1900$ ) и средними ( $D_{ij}^T < 1700$ ) уровнями разделимости. Наиболее низкий уровень разделимости отмечен между 5-м (ивняково-ерниковые) и 7-м (кустарниковые лишайниково-моховые тундры с редкостойной лиственницей) классами тундровых сообществ, что могло вносить искажения при учете представленных площадей.

Месторождение россыпного золота в долине руч. Мокрундя расположено в пределах Алазейского артезианского бассейна Верхояно-Чукотской складчатой гидрогеологической области [18]. На

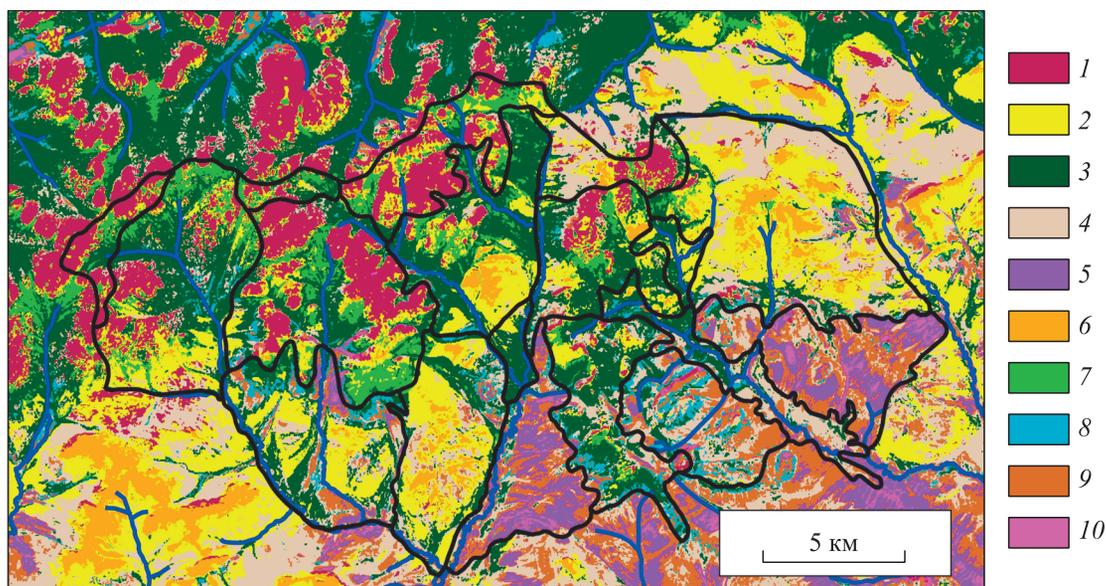


Рис. 1. Растительный покров территории бассейна руч. Мокрунда в пределах выделенных хозяйственно-геоботанических контуров.

1 — выходы горных пород, голцы. Растительные сообщества и их комплексы: 2 — кустарничково-лишайниковые, 3 — мелкоерниково-лишайниковые, 4 — тундры ерниково-моховые, 5 — ивняково-ерниковые, 6 — комплексы полигональных болот, 7 — кустарниковые лишайниково-моховые тундры с редкостойной лиственницей, 8, 9 — комплексы лиственничных редколесий, 10 — лиственничные леса.

**Основные ресурсные растения, мхи и лишайники некоторых районов Республики Саха (Якутия)**

Вид	Распространение	Вид сырья	Ориентировочные запасы, ц/га	Форма применения
Брусника ( <i>Vaccinium vitis-idaea</i> )	Редколесья, кустарники	Листья	8,82 (Верхоянский район)	Лекарственное сырье
		Ягоды	0,2–1,2 (Центральная Якутия)	Пищевое и лекарственное сырье
Голубика ( <i>Vaccinium uliginosum</i> )	То же	»	0,3 (Центральная Якутия)	То же
Хвощ полевой ( <i>Equisetum arvense</i> )	Берега рек, луга, кустарники, отвалы	Зеленые вегетативные побеги	0,33 (пос. Кулар, Усть-Янский район)	Лекарственное сырье
Багульник стелющийся ( <i>Ledum decumbens</i> )	Редколесья, кустарники	Листья, побеги	3,2 (Центральная Якутия)	То же
Иван-чай узколистный ( <i>Chamaenerion angustifolium</i> )	Редколесья, нарушенные места	Трава и цветки	2,5 (повсеместно)	Пищевое и лекарственное сырье
Горец змеинный ( <i>Persicaria bistorta</i> )	Берега рек, луга, кустарники	Корневища	Мало	Лекарственное сырье
Валериана головчатая ( <i>Valeriana capitata</i> )	То же	Корневища и корни	То же	То же
Одуванчик роганосный ( <i>Taraxacum ceratophorum</i> )	Луга, кустарники, нарушенные места	Корень, трава	»	Пищевое и лекарственное сырье
Грушанка копытолистная ( <i>Pyrola atropurpurea</i> )	Редколесья, кустарники	Листья	»	Лекарственное сырье
Кладония оленья ( <i>Cladonia rangiferina</i> )	То же	Весь лишайник	»	То же
Цетрария исландская ( <i>Cetraria islandica</i> ) и клубочковая ( <i>Cetraria cucullata</i> )	»	Слоевища	»	Пищевое и лекарственное сырье
Сфагнум ( <i>Sphagnum</i> sp.)	Заболоченные участки	Верхняя часть	10,0 (Усть-Янский, Анабарский, Средне-колымский районы)	Лекарственное сырье

плоских горных поверхностях преобладают заболоченные кустарничково-пушицево-моховые тундры, на пологих склонах — кустарниковые, на уступах — кустарничковые (часто дриадовые) и лишайниковые. Ниже выражены пояса лесной растительности — лесной, подгольцовый. Граница между лесным и подгольцовым поясами варьирует от 250 до 200 м. В древесном ярусе доминирует лиственница Гмелина (*Larix gmelinii* Rupr.) и Каяндера (*L. cajanderi* Mayr.). Для всех выделенных групп (рис. 1) установлены площадные характеристики, которые могут быть привлечены для расчетов растительных и животных ресурсов территории. К примеру, по результатам проведенных авторами натурных обследований модельного участка выявлено, что рассматриваемая территория обладает ресурсами лекарственных и пищевых растений (см. таблицу).

**Анализ поконтурных ведомостей хозяйственно-геоботанической карты.** Важное преимущество материалов обработки спутниковых изображений — возможность сочетания их с другими картографическими материалами. Сопоставление с хозяйственно-геоботанической картой участка м-ба 1:100 000, построенной традиционными способами, позволило использовать уже ранее выделенные контуры для дальнейших расчетов и провести сравнение количественных результатов представленности классов растительности. Наименьшие по площади контура (0,31–0,33 тыс. га) классы приурочены к хорошо читаемым на картах болотным массивам, долинам рек. Крупные (до 4,75 тыс. га) более комплексные по составу. При сопоставлении результатов отмечается не всегда полная сходимость по площадям доминирующих или сопутствующих классов. Использование спутниковых изображений позволяет производить более детальную оценку, одновременно рассматривать присутствие в контурах многих классов с мозаичной структурой распределения.

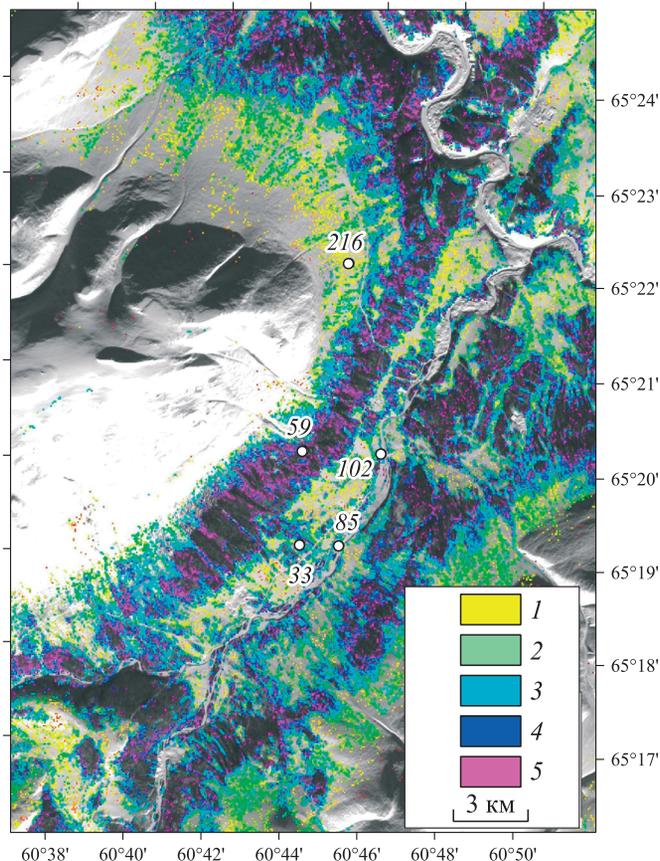
**Выполнение количественных расчетов ресурсных показателей.** В бассейне руч. Мокрундя основные зеленые корма для оленей — кустарниковые (ерники и ивняки) и луговые прибрежные сообщества — имели максимальные показатели индекса NDVI. Использование ранее выявленных зависимостей между спектральными величинами и запасами зеленой фитомассы позволило оценить запасы кормовых растений на территории и оценить распределение показателей оленеёмкости для хозяйственно-геоботанических контуров территории.

Полевые сборы отдельных укосов кормовых и лекарственных растений были использованы при моделировании распределения их запаса (рис. 2). Сравнение рассчитанных величин и инструментальных полевых измерений обнаруживает достаточно высокий уровень сходимости (коэффициент корреляции до 0,8–0,9 для аконита высокого (*Aconitum septentrionale*)).

После выполнения расчетов стрессового воздействия на территорию в выделенных геоботанических контурах были дифференцированы участки по зонам отчуждения и стресса. Наиболее существенное снижение показателей оленеёмкости отмечено в зоне непосредственного влияния промышленного освоения (до 6,3–8,0 оленедней/га). В зонах стрессового воздействия, имеющих протяженность до 3 км, оленеёмкость снизилась до 3,1–5,8 оленедней/га (рис. 3).

Рис. 2. Распределение плотности запаса сырья наземных органов аконита высокого (*Aconitum septentrionale* Koellg.) на модельном участке по материалам спутниковых съемок.

Плотность запаса, г/м<sup>2</sup>: 1 — 100–120, 2 — 70–100, 3 — 40–70, 4 — 10–40, 5 — <10.



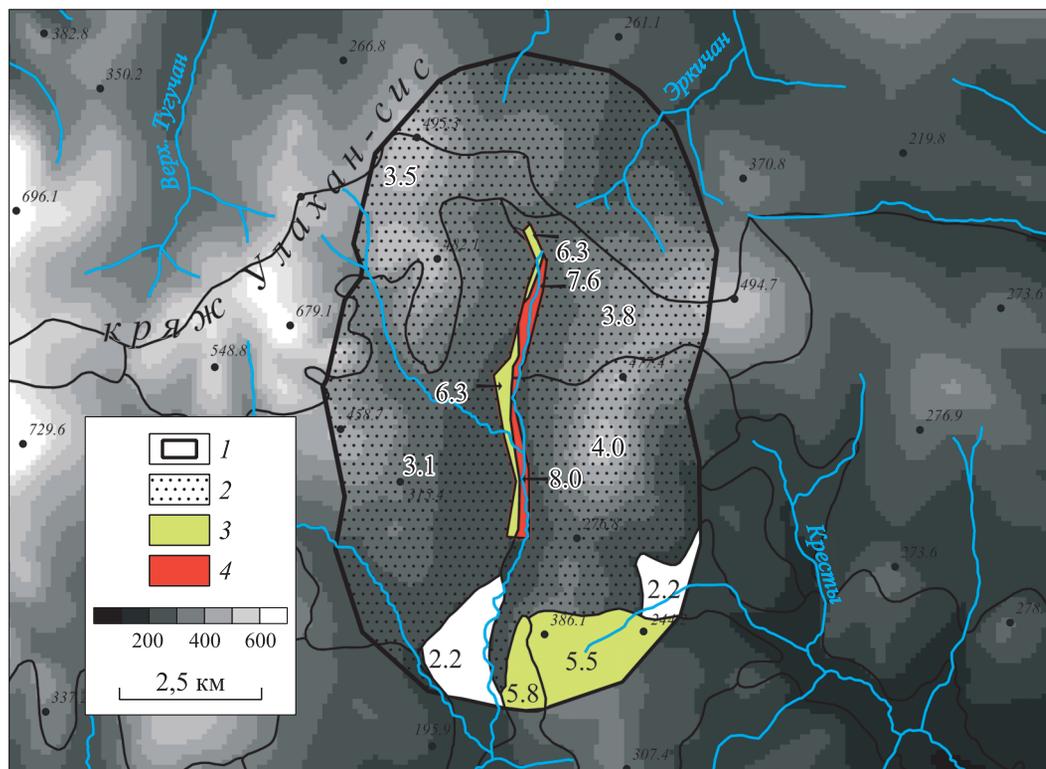


Рис. 3. Снижение показателей оленеёмкости на участках промышленного освоения и в зоне стрессового воздействия.

Оленеёмкость, оленедней/га: 1 — <2,5, 2 — 2,5–5, 3 — 5–7,5, 4 — >7,5. Черным цветом выделены границы лицензионного участка, хозяйственно-геоботанических контуров.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Несмотря на масштабные изменения в природных комплексах, вызванные как промышленным освоением, так и климатическими флуктуациями, материалы землеустройства обновляются достаточно медленно. В большинстве регионов проводятся лишь работы по актуализации ранее выполненных проектов с корректировкой поконтурных ведомостей, что приводит к искажению реальной картины. Рост затратности полевых исследований северных территорий и себестоимости работ по аэровизуальным наблюдениям способствовал снижению возможностей воспроизводства данных, что отразилось и на качестве получаемых материалов. В последние десятилетия на смену традиционным аэровизуальным методам приходят и материалы спутниковых исследований. Наиболее востребованы для большинства выполняемых работ базовых масштабов данные, полученные с помощью систем космического мониторинга в оптическом спектральном диапазоне спутников высокого разрешения. Использование материалов спутниковых съемок позволяет: проводить оперативную работу по инвентаризации пастбищных угодий оленеводческих хозяйств с применением автоматизированных средств, оценивать состояние растительных ресурсов и их количественные характеристики; выполнять тематическое картирование растительного покрова отдельных оленеводческих хозяйств; оценивать запас лишайниковых и зеленых (травяных, кустарниковых) кормов в разные по климатическим и погодным условиям годы; интегрировать полученные материалы в тематические базы данных; минимизировать ошибку, связанную с влиянием флуктуации погодных и климатических параметров различных лет, и исключить ошибку, связанную с визуальным дешифрированием, выполняемым при аэросъемке; снизить в 10–15 раз затраты за счет значительного сокращения времени аэровизуального обследования. Полученные материалы активно интегрируются в ГИС-системы для дальнейшего использования.

Возможность применения спутниковых изображений для количественной и ресурсной оценки показателей обусловлена биоценотической природой формирования спектров отражения, где отдельные компоненты экосистем тесно связаны друг с другом. При этом в качестве индикационных при-

знаков присутствия или обилия отдельных видов выступают характеристики природно-территориальных комплексов и их элементов [19].

Очевидно, что комплексный, оперативный характер современных экосистемных исследований может достигаться максимальным сочетанием традиционных (геоботанических, почвенных, ландшафтных и т. д.) методов, данных съемок оптических и радиолокационных сенсоров с построением комплексных ГИС-систем. Их комбинация с долговременными и оперативными инструментальными наблюдениями на стационарных площадках позволяет наблюдать за динамикой компонентов природных экосистем, фенологическими и климатогенными сменами растительного покрова, а также получать картографические материалы, представляющие собой, по выражению В.Б. Сочавы, емкую графическую форму информации о репрезентативном участке исследуемой территории [20].

Земельный фонд территории традиционного природопользования Крайнего Севера представлен естественными ландшафтными комплексами, в которых все компоненты (почвы, подстилающие их породы, растительность, гидрография, рельеф и припочвенный слой атмосферы) находятся в тесной взаимосвязи. Поэтому биогеоценотические подходы могут быть использованы и при анализе формируемых ими суммарных спектров отражения, которые можно привлекать для выделения как отдельных видов и классов растительных сообществ, так и характеристик ресурсов видов животных и растений, а также хозяйственных показателей (оленеемкость и др.). Результаты исследования могут применяться для оценки изменений растительного покрова в динамике, например, при исследовании климатогенных колебаний или факторов промышленного влияния на состояние окружающей среды. Такой подход может быть востребован для анализа процессов природопользования при добыче россыпных алмазов на месторождении руч. Эбелях в Анабарском национальном (долгано-эвенкийском) улусе (районе) Якутии, где в 1930-х гг. В.Б. Сочава изучал особенности распределения растительного покрова [21, 22].

В конечном итоге применение информационных технологий при проведении этнологической экспертизы проектов промышленного освоения Арктики позволит повысить объективность принимаемых управленческих решений при оценке ресурсной продуктивности территории в зоне влияния таких проектов, где проживают и осуществляют свою традиционную деятельность коренные малочисленные народы Севера [23]. Такой подход может применяться при расчете убытков коренных народов с целью разработки соответствующих мер компенсации, поддержки традиционных промыслов, программ социально-экономического развития территории в целом [24].

*Работа выполнена в рамках Комплексной программы фундаментальных научных исследований УрО РАН 2018–2020 гг. Подпрограмма Арктика (18–9–4–5).*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Указ Президента Российской Федерации от 05.03.2020 № 164 «Об Основах государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2035 года» // Президент России [Электронный ресурс]. — <http://kremlin.ru/acts/news/62947> (дата обращения 07.03.2019).
2. Gassiy V., Potravny I. The assessment of the socio-economic damage of the indigenous peoples due to industrial development of Russian Arctic // Czech Polar Reports. — 2017. — Vol. 7, N 2. — P. 257–270.
3. Коргытный Л.М., Калеп Л.Л., Напрасников А.Т., Парфёнов В.М., Пономарёв Г.В., Рагулина М.В., Савельева И.Л. Географический подход к выделению территорий традиционного природопользования // География и природ. ресурсы. — 2004. — № 3. — С. 35–41.
4. Закон Республики Саха (Якутия) от 14 апреля 2010 года 820-3 № 537-IV «Об этнологической экспертизе в местах традиционного проживания и традиционной деятельности коренных малочисленных народов Севера Республики Саха (Якутия)» [Электронный ресурс]. — <http://www.zakonprost.ru/content/regional/80/378885> (дата обращения 06.04.2019).
5. Постановление Правительства Республики Саха (Якутия) от 6 сентября 2011 года № 428 «О порядке организации и проведения этнологической экспертизы в местах традиционного проживания и традиционной хозяйственной деятельности коренных малочисленных народов» [Электронный ресурс]. — <https://base.garant.ru/26726597/> (дата обращения 20.03.2019).
6. Слепцов А.Н. Вопросы нормативного закрепления этнологической экспертизы в местах традиционного проживания и хозяйственной деятельности коренных малочисленных народов Севера на примере Якутии // Юрист. — 2017. — № 19. — С. 42–46.
7. Gassiy V., Potravny I. The compensation for losses to indigenous peoples due to the Arctic industrial development in benefit sharing paradigm // Resources. — 2019. — Vol. 8, issue 2. — P. 71.
8. Kristoffersen B., Langhelle O. Sustainable development as a Global-Arctic matter: imaginaries and controversies // Governing Arctic Change: Global Perspectives. — London: Palgrave Macmillan, 2017. — P. 21–42.

9. Потравный И.М., Новосёлов А.Л., Генгут И.Б. Формализация общей модели «зеленой» экономики на региональном уровне // Экономика региона: Науч. информ.-аналит. эконом. журн. — 2016. — Т. 12, вып. 2. — С. 438–450.
10. Бурцева Е.И., Потравный И.М., Гассий В.В., Слепцов А.Н., Величенко В.В. Вопросы оценки и компенсации убытков коренным малочисленным народам в условиях промышленного освоения Арктики // Арктика: экология и экономика. — 2019. — № 1 (33). — С. 27–42.
11. Prince S.D., Goward S.N. Global primary production: a remote sensing approach // Journ. of Biogeography. — 1995. — N 22. — P. 815–835.
12. Reynolds M.K., Walker D.A., Maier H.A. NDVI patterns and phytomass distribution in the circumpolar Arctic // Remote Sensing of Environment. — 2006. — Vol. 102, issue 3–4. — P. 271–281.
13. Puma I.P. La, Philippi T.E., Oberbauer S.F. Relating NDVI to ecosystem CO<sub>2</sub> exchange patterns in response to season length and soil warming manipulations in arctic Alaska // Remote Sensing of Environment. — 2007. — Vol. 109, issue 2. — P. 225–236.
14. Huemmrich K.F., Gamon J.A., Tweedie C.E., Oberbauer S.F., Kinoshita G., Houston S., Kuchy A., Hollister R.D., Kwon H., Mano M., Harazono Y., Webber P.J., Oechel W.C. Remote sensing of tundra gross ecosystem productivity and light use efficiency under varying temperature and moisture conditions // Remote Sensing of Environment. — 2010. — Vol. 114, issue 3. — P. 481–489.
15. Reynolds M.K., Walker D.A., Epstein H.E., Pinzon J.E., Tucker C. A new estimate of tundra-biome phytomass from trans-Arctic field data and AVHRR NDVI // Remote Sensing Letters. — 2012. — Vol. 3, N 5. — P. 403–411.
16. Epstein H.E., Walker D.A., Reynolds M.K., Kelley A.M., Jia G.J., Ping C.L., Michaelson G.J., Leibman M.O., Kaarlejärvi E., Khomutov A.V., P. Kuss N.G., Moskalenko P. Orekhov G. Matyshak B.C. Forbes Yu.Q. Vegetation biomass, leaf area index, and NDVI patterns and relationships along two latitudinal transects in arctic tundra // Abstract GC31A-0697, presented at AGU Fall Meeting, San Francisco, CA. — 2010. — Vol. 90. — P. GC31A-0697.
17. Елсаков В.В., Шанов В.М., Поликарпова Н.В. Анализ валового запаса и проективного покрытия лишайников в напочвенном покрове фитоценозов Государственного природного заповедника «Пасвик» // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. — 2017. — Т. 14, № 2. — С. 72–83.
18. Андреев В.Н., Галактионова Т.Ф., Перфильев В.И., Щербаков И.П. Основные особенности растительного покрова Якутской АССР. — Якутск: Изд-во Якут. филиала СО АН СССР, 1987. — 156 с.
19. Косицин В.Н. Комплексный методический подход к учету и оценке ресурсов *Rubus chamaemorus* L. в южно-таежных лесах // Растительные ресурсы. — 1997. — Т. 33, вып. 2. — С. 87–91.
20. Сочава В.Б. Введение в учение о геосистемах. — Новосибирск: Наука, 1978. — 320 с.
21. Сочава В.Б. Тундры бассейна р. Анабар // Изв. Гос. геогр. об-ва. — 1933. — Т. 65, вып. 4. — С. 340–364.
22. Сочава В.Б. Растительные ассоциации Анабарской тундры // Бот. журн. — 1934. — Т. 19, № 3. — С. 264–304.
23. Gassiy V. Indigenous Communities in the Arctic Change in Socio-Economic and Environmental Perspective in Arctic studies — a Proxy for Climate Change. — London: IntechOpen, 2018. — 18 p.
24. Логинов В.Г., Игнатьева М.Н., Балашенко В.В. Вред, причиненный ресурсам традиционного природопользования, и его экономическая оценка // Экономика региона. — 2017. — Т. 13, № 2. — С. 396–409.

Поступила в редакцию 01.07.2019

После доработки 14.10.2019

Принята к публикации 24.03.2020