Карта техногенной нарушенности растительного покрова Ненецкого автономного округа

И. А. Лавриненко

Ботанический институт им. В. Л. Комарова РАН
Санкт-Петербург, 197376, Россия
Нарьян-Марский филиал Федерального исследовательского центра комплексного изучения Арктики РАН, Нарьян-Мар, 166000, Россия
E-mail: lavrinenkoi@mail.ru

По материалам полевых работ (2001–2016) и спутниковых снимков Landsat-8 и Sentinel-2 (2014–2016) с использованием ArcGIS подготовлена карта современной техногенной нарушенности растительного покрова (М 1:200 000) для территории Ненецкого автономного округа. Основным критерием при выделении и типологии нарушений являлся сравнительный анализ состояния растительного покрова в пределах техногенных объектов и на их периферии по сравнению с таковым на прилегающей территории. В зависимости от размеров и пространственной ориентации техногенных нарушений были выделены три основных категории объектов: точечные, линейные и полигональные (площадные). Для каждой категории в ArcGIS был сформирован векторный слой. При дешифрировании материалов спутниковых снимков каждый объект был отнесён к определённому типу нарушений, в пределах которого он характеризовался по степени нарушенности растительного покрова. Возможности пространственного анализа, заложенные в ГИС, позволяют выполнить расчёты по оценке степени и интенсивности нарушенности любого территориального выдела (геоботанические районы, лицензионные участки нефтяных месторождений, территории муниципальных районов, особо охраняемых природных территорий и т. п.). Так, если в целом для территории НАО доля площадных нарушений растительного покрова составила менее 1%, то для отдельных геоботанических районов она достигает 2% (Харьягинский район) и даже 8% (Припечорский). В последнем случае это обусловлено наличием обширных буферных зон в окрестностях г. Нарьян-Мар и малых населённых пунктов, многочисленных грунтовых дорог, соединяющих поселения, зон рекреации и т. п. Растительный покров таких территорий в той или иной степени трансформирован и отличается от прилегающих фоновых сообществ. Подготовленная карта передана в Ненецкий информационно-аналитический центр Администрации Ненецкого автономного округа и будет служить основой при организации дистанционного мониторинга растительного покрова территории.

Ключевые слова: техногенная нарушенность, тундровая растительность, Ненецкий автономный округ, дистанционный мониторинг растительного покрова

Одобрена к печати: 31.12.2017
DOI: 10.21046/2070-7401-2018-15-2-128-136

Введение

Территория Ненецкого автономного округа (НАО) в последние десятилетия испытывает значительное техногенное воздействие, обусловленное ростом числа разрабатываемых месторождений углеводородного сырья, обустройством их инфраструктуры, прокладкой трубопроводов и дорог. В связи с этим на первый план выступают вопросы организации мониторинга природных экосистем и оценки техногенного воздействия на них промышленных объектов. На первом этапе необходимо получить общее представление о степени техногенной нарушенности территории в целом и особенностях распределения техногенных объектов по территории. Общепризнанным индикатором антропогенного воздействия является состояние растительного покрова, которое хорошо отражает характер и интенсивность влияния как техногенных, так и климатических факторов (Корниенко, Якубсон, 2011; Лавриненко, Лавриненко, 1998, 2013; Московченко, 2013 ; Харук и др., 2005 и др.). Изменение растительности в пределах и на периферии нарушенных территорий проявляется через изменение состава и структуры сообществ (проективного покрытия растительности, продуктивности,

ярусности, видового разнообразия, числа жизненных форм и т. п.), что хорошо регистрируется на материалах многозональных спутниковых снимков.

В связи с этим в рамках Проекта ПРООН/ГЭФ — Минприроды России «Задачи сохранения биоразнообразия в политике и программах развития энергетического сектора России» (2014–2016) была подготовлена карта техногенной нарушенности растительного покрова НАО по материалам спутниковых снимков Landsat-8 и Sentinel-2A (2014–2016) и полевых работ, поведённых на ключевых участках (2001–2016).

Объекты и методы

Основная часть работы по выявлению и оконтуриванию техногенных нарушений была выполнена вручную, поскольку применение автоматической и даже полуавтоматической векторизации в условиях высокой мозаичности и мелкоконтурности тундровых ландшафтов и сообществ часто приводит к серьёзным ошибкам. Так, для территорий НАО весьма характерно распространение площадей с обнажённым субстратом (пески, торф, выходы скальных пород в районах Северного Тимана и Югорского п-ова), имеющих естественное происхождение. При использовании той или иной степени автоматизации оцифровки снимков значительная часть подобных объектов может быть отнесена к классам нарушенных территорий. С другой стороны, целый ряд объектов (действующие и законсервированные скважины, объекты инфраструктуры месторождений, карьеры и т. п.) расположены на песчаных обнажениях и, более того, являются основной причиной их происхождения или значительного увеличения площадей вследствие нарушения растительного покрова и активизации дефляционных процессов. Несмотря на значительную трудоёмкость работ (более двух лет), при подготовке карт крупного и среднего масштаба оптимальным способом выявления и оконтуривания нарушенных территорий в зоне тундры, по нашему мнению, является их ручная оцифровка по материалам снимков высокого разрешения в сочетании с детальным анализом архивных материалов по локализации на той или иной территории техногенных объектов.

Типология объектов и подготовка карты техногенной нарушенности

Для идентификации типа техногенных нарушений в пределах лицензионных участков месторождений нефтяных углеводородов и трубопроводов использованы и материалы, полученные нами в результате полевых работ в предыдущие годы (2001–2016), и архивные данные отчётных материалов. При верификации состояния растительного покрова в районе объектов было использовано более 8 тыс. собственных описаний автора и более 1 тыс. участков локализации скважин и иных техногенных объектов, полученных при анализе данных отчётных и архивных материалов. Каждый из объектов при анализе состояния растительного покрова рассматривался индивидуально с использованием комбинаций каналов при необходимости спектральных подписей (signatures) и вегетационного индекса. Для уточнения степени техногенной нарушенности растительного покрова в районах интенсивного техногенного воздействия (окрестности населённых пунктов, месторождения нефтяных углеводородов) для отдельных территорий рассчитывали индекс NDVI, который хорошо отражает особенности накопления надземной зелёной фитомассы по сравнению с прилегающими фоновыми территориями. Так, активное нарастание зелёной массы трав и кустарников на нарушенных ранее участках (площадки законсервированных скважин, заброшенных населённых пунктов, дорог и т. п.), по сравнению с прилегающей тундровой растительностью, позволяет хорошо идентифицировать и выделять вторичную растительность таких территорий на той или иной стадии сукцессионного процесса.

В зависимости от размеров и пространственной ориентации техногенных нарушений были выделены три основные категории объектов: точечные, линейные и полигональные (площадные). Для карты масштаба 1:200 000, учитывая разрешающую способность человеческого

глаза, в качестве площадных отображали контуры с размерами в поперечнике не менее 2 мм (400 м на местности), в связи с чем минимальная площадь выделяемого на карте полигонального объекта превышала 160 000 м^2, или 0,16 км^2. Все объекты меньших размеров позиционированы нами как точечные или линейные. Для каждой категории в ArcGIS был сформирован векторный слой. При дешифрировании материалов спутниковых снимков каждый объект был отнесён к определённому типу нарушений, в пределах которого он характеризовался по степени нарушенности растительного покрова.

Для каждого слоя выделены поля *тип* и *степень нарушенности*, отражающие основные особенности выделенных объектов и состояние растительного покрова по сравнению с прилегающим фоновым. Для слоя точечных объектов это площадки скважин, элементы инфраструктуры месторождений и населённых пунктов, иные техногенные объекты с площадью менее 1000 м^2; степень нарушенности растительности варьировала от очень слабой до полного отсутствия растительного покрова.

Линейные объекты на территории представлены дорогами, трубопроводами, лесотаксационными просеками, которые разделяли на типы по характеру их современной эксплуатации. Степень нарушенности оценивалась по ширине нарушенной территории (от 15 до 50–100 м и более).

Полигональные объекты представлены нарушениями растительного покрова в пределах и вне территорий нефтегазовых месторождений и населённых пунктов. В окрестностях объектов, при наличии, выделяли буферную зону, растительный покров которой отличался от фонового на прилегающей территории. Степень нарушенности варьировала от полного отсутствия растительного покрова до незначительных отличий растительности в пределах объектов от таковой на прилегающей территории.

Для иллюстрации полученных результатов на *рис. 1* (см. с. 131) приведена карта техногенной нарушенности растительного покрова территории НАО (М 1:200 000), подготовленная для формата А4 (М 1:3 400 000), которая даёт общее представление о распределении техногенных нарушений растительного покрова в пределах округа и районах концентрации наиболее трансформированных территорий.

Ниже (*рис. 2–4*, см. с. 132–134) для территорий нефтяного месторождения и наиболее крупного населённого пункта НАО — г. Нарьян-Мар приведены материалы спутниковых снимков Sentinel-2 и фрагменты подготовленной карты техногенных нарушений растительного покрова в масштабе 1:200 000. По-видимому, наиболее эффективным является использование слоёв карты, подготовленной в рамках ГИС, совместно с топографическими или любыми тематическими слоями, поскольку бумажная копия карты, подготовленная в масштабе 1: 200 000, имеет размеры 540×340 см, что значительно затрудняет её применение.

Ранее нами (Лавриненко, 2012) с использованием дистанционных методов и полевых работ было выполнено геоботаническое районирование восточно-европейских тундр в пределах НАО, которое отражает значительную ландшафтно-экологическую дифференциацию территории в целом и своеобразие природных комплексов отдельных районов. Всего в 147 районах в масштабе карты (1:200 000) выделено 600 полигональных объектов и более 1200 точечных; общая протяжённость линейных объектов с разной степенью нарушенности растительного покрова — 7000 км. В целом для территории НАО доля площадных нарушений растительного покрова составляет 0,1–0,2 %. Пространственный анализ слоёв геоботанических районов и таких нарушений позволил оценить их долю для каждого из районов (см. *рис. 4*). Максимальные значения этого показателя установлены для Харьягинского (см. *рис. 4*, район 99), Припечорского (93) и Нижне-Печорского (131) районов — 2,0; 9,0 и 0,7 % соответственно. Если в первом случае это обусловлено развитой инфраструктурой нефтяных месторождений, то в двух других — наличием населённых пунктов и обширных буферных зон в окрестностях г. Нарьян-Мар и малых поселений, многочисленных грунтовых дорог, зон рекреации и т. п., где растительный покров в той или иной степени трансформирован и отличается от прилегающих фоновых сообществ. В 56 районах доля площадных нарушений растительного покрова варьировала от 0,018 до 0,049 %, а в 89 таких нарушений (в масштабе карты) не зарегистрировано.

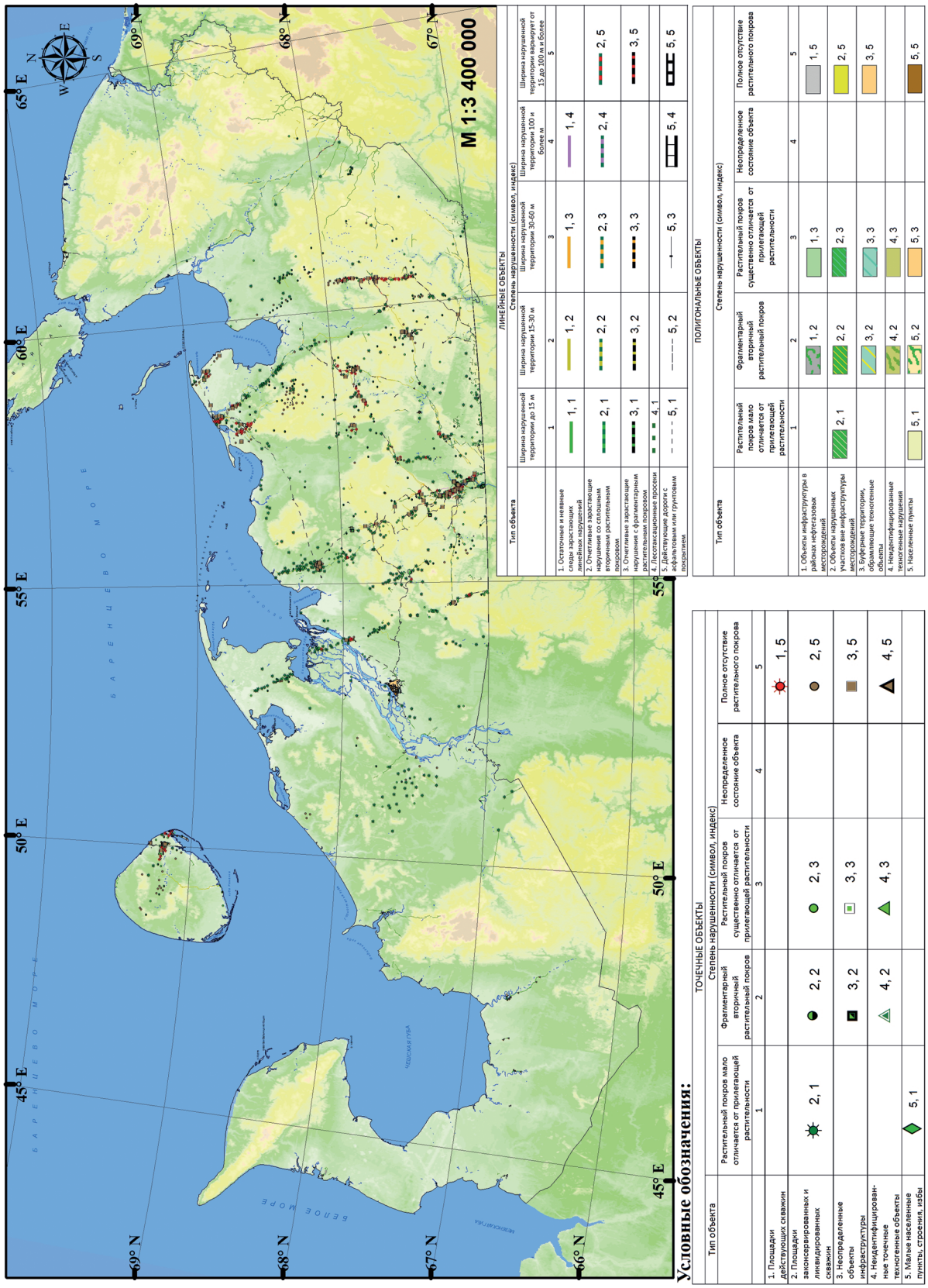

Рис. 1. Карта техногенной нарушенности растительного покрова территории Ненецкого автономного округа

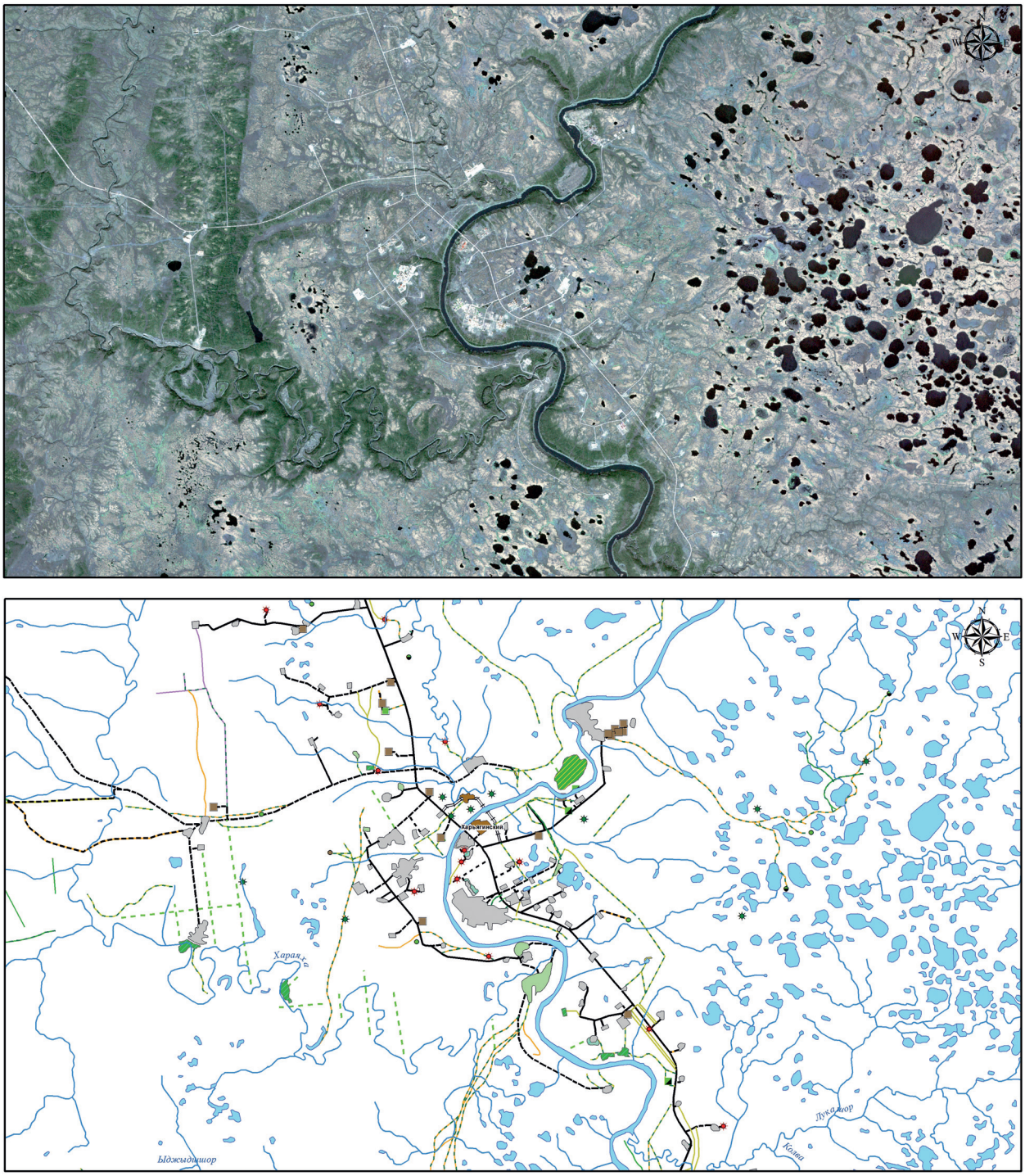

Рис. 2. Спутниковый снимок Sentinel-2 (*вверху*) и техногенные нарушения растительного покрова (*внизу*) в районе Харьягинского месторождения (фрагмент карты М 1:200 000)

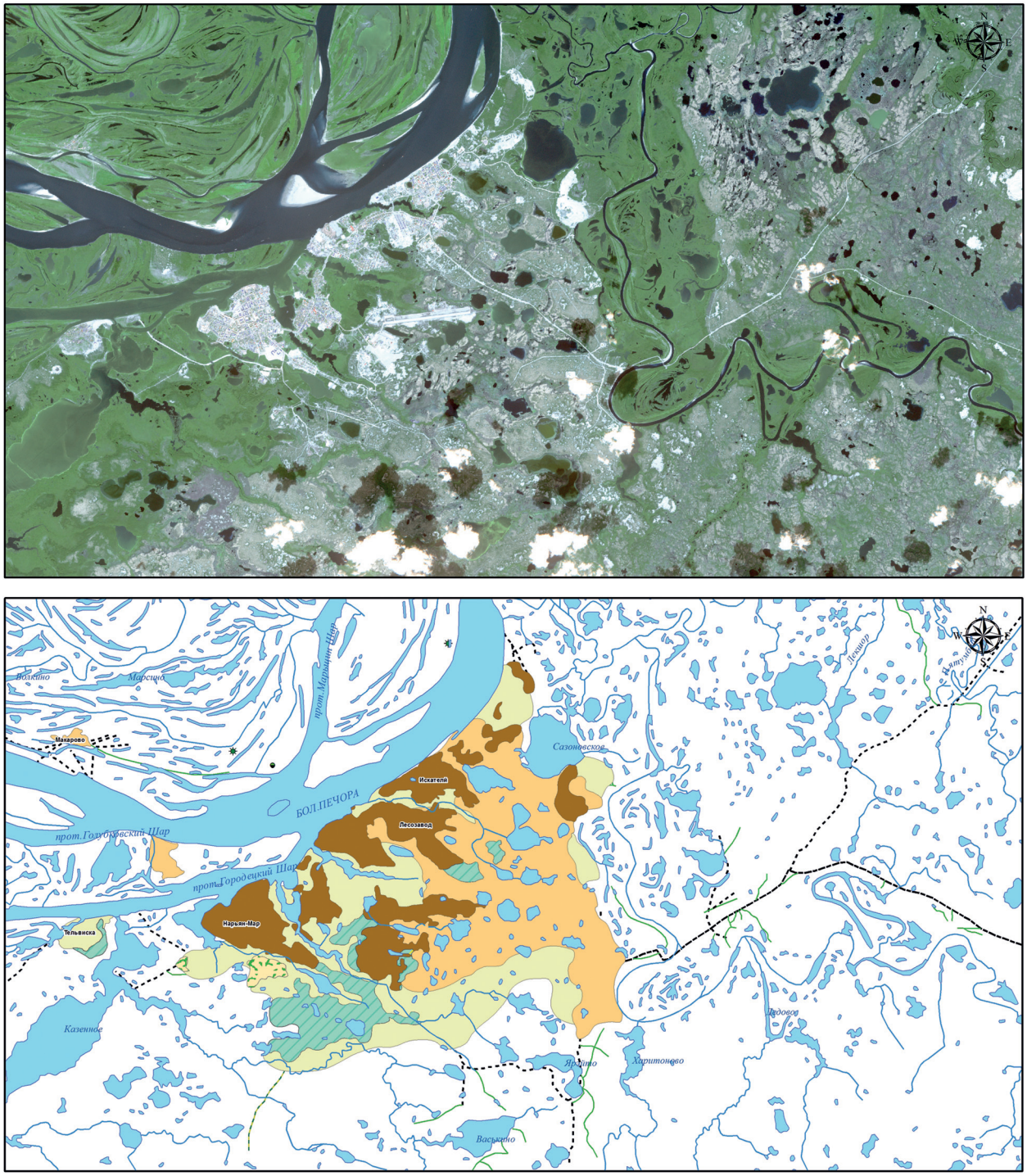

Рис. 3. Спутниковый снимок Sentinel-2 (*вверху*) и техногенные нарушения растительного покрова (*внизу*) в районе г. Нарьян-Мар и его окрестностей (фрагмент карты М 1:200 000)

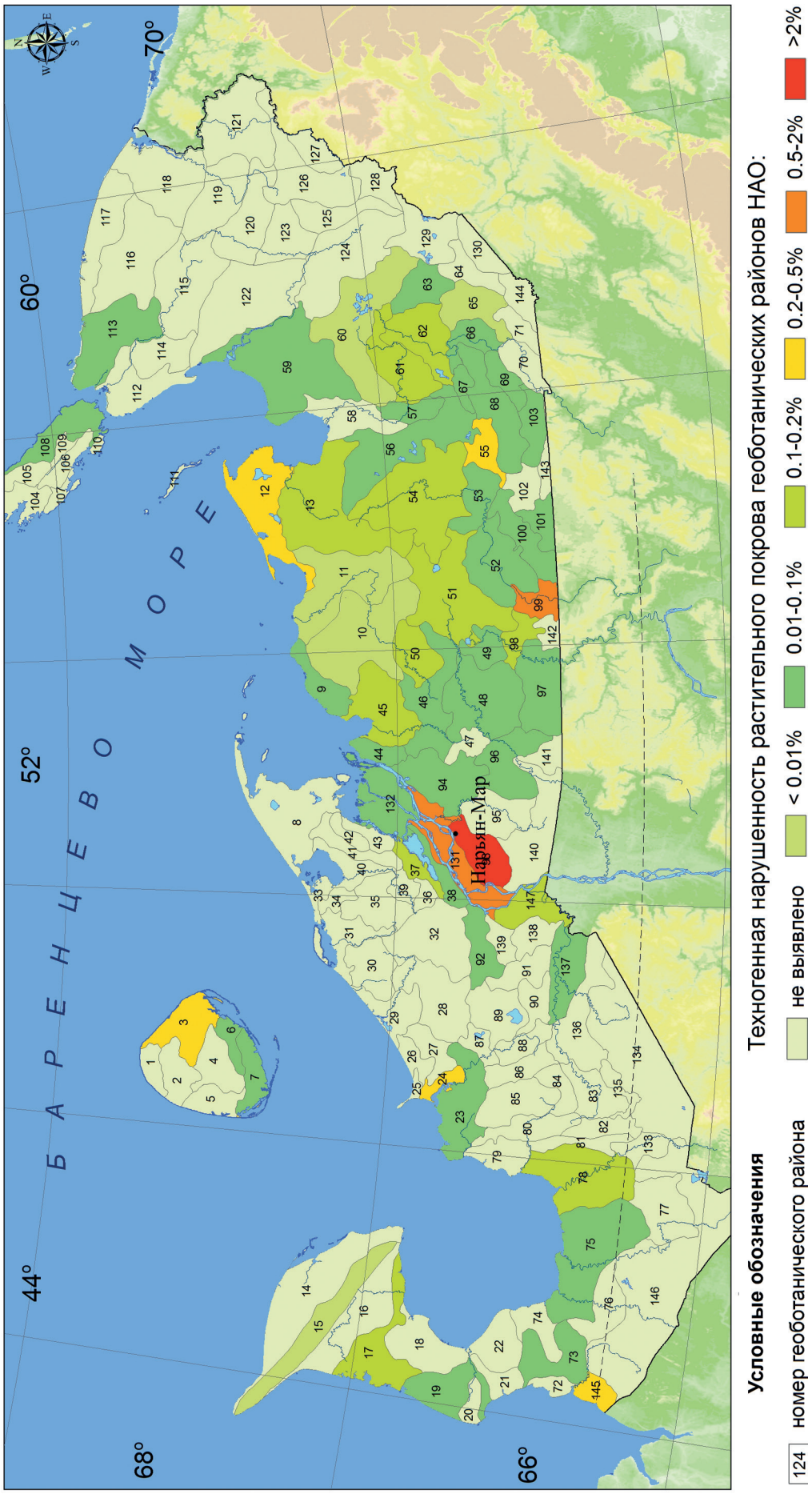

Рис. 4. Распределение площадей техногенных нарушений растительного покрова по геоботаническим районам Ненецкого автономного округа (% от площади района)

Заключение

Подготовленная цифровая карта позволяет в целом оценить масштабы и распределение по территории НАО различных типов и интенсивность техногенных нарушений растительного покрова, а также установить их приуроченность к различным объектам.

Возможности пространственного анализа, заложенные в ГИС, позволяют выполнять расчёты по оценке степени и интенсивности нарушенности растительного покрова для любого территориального выдела (геоботанические районы, лицензионные участки, территории муниципальных районов, оленьих пастбищ, особо охраняемых территорий и т. п.). Карта может служить основой для организации дистанционного мониторинга растительного покрова на всей территории НАО или в пределах отдельных районов.

Работа проведена при финансовой поддержке Проекта ПРООН/ГЭФ — Минприроды России «Задачи сохранения биоразнообразия в политике и программах развития энергетического сектора России» (2014–2016) и гранта РФФИ (проект № 16-08-00510).

Литература

1. *Корниенко С. Г.*, *Якубсон К. И.* Исследование трансформации растительности в районах Тазовского полуострова по данным космической съемки // Арктика: экология и экономика. 2011. № 4. С. 46–57.
2. *Лавриненко И. А.* Использование дистанционных методов при геоботаническом районировании восточно-европейских тундр // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2012. Т. 8. № 3. С. 269–276.
3. *Лавриненко И. А.*, *Лавриненко О. В.* Применение спектрозональных космических снимков при изучении лишайников как компонентов тундровых экосистем // Вестник Ин-та биологии Коми НЦ УрО РАН. 1998. № 10. URL: http://ib.komisc.ru/add/old/t/ru/ir/vt/98-10/05-10.html.
4. *Лавриненко И. А.*, *Лавриненко О. В.* Влияние климатических изменений на растительный покров островов Баренцева моря // Труды Карельского НЦ РАН. 2013. № 6. С. 4–16.
5. *Московченко Д. В.* Особенности многолетней динамики растительности Бованенковского месторождения (полуостров Ямал) // Вестник Тюменского гос. ун-та. 2013. № 13. С. 57–66.
6. *Харук В. И.*, *Им С. Т.*, *Рэнсон К. Дж.*, *Сан Г.* Космоснимки высокого разрешения в анализе временной динамики экотона лесотундры // Исследование Земли из космоса. 2005. № 6. С. 46–55.

Map of technogenic disturbance of Nenets Autonomous District

I. A. Lavrinenko

V. L. Komarov Botanical Institute RAS, St. Petersburg 197376, Russia
Federal Center for Integrated Arctic Research, Nenets Division — Agro-Experimental Station, Naryan-Mar 166000, Russia
E-mail: lavrinenkoi@mail.ru

A modern map of plant cover technogenic disturbance (M 1:200 000) for the Nenets Autonomous District was prepared in ArcGIS using field data (2001–2016) and satellite images Landsat-8 and Sentinel-2 (2014–2016). The current state of plant cover within the technogenic objects and their buffer zones was compared with that in the surrounding area. Three categories of objects were identified depending on the size and spatial orientation of the technogenic disturbances: point, linear and polygonal (area). The vector layer for each category was generated in ArcGIS. Each object was categorized when deciphering satellite images. GIS allows us to assess the degree and intensity of any territorial

division disturbance (geobotanical, oil fields, municipal, protected natural areas, etc.). The calculated area of plant cover technogenic disturbance is less than 1% for the whole territory Nenets Autonomous District, whereas it reaches 2% for the Kharyaga geobotanical region and 8% for the Pripechorskiy (because of the broad buffer zones in neighborhood of Naryan-Mar and small settlements, numerous dirt roads, recreation areas, etc.). The vegetation cover of such sites is transformed to some extent and differs from adjacent natural communities. The prepared map will serve as the basis for the organization of remote monitoring of plant cover. The map was delivered to the Nenets information and analytical Center of the Nenets Autonomous District Administration.

Keywords: technogenic disturbance, Nenets Autonomous District, remote monitoring, plant cover, tundra vegetation

Accepted: 31.12.2017
DOI: 10.21046/2070-7401-2018-15-2-128-136

References

1. Kornienko S. G., Yakubson K. I., Issledovanie transformatsii rastitel'nosti v raionakh Tazovskogo poluostrova po dannym kosmicheskoi s″emki (Study of vegetation transformation in the Tazov Peninsula areas according to space survey data), *Arktika: ekologiya i ekonomika*, 2011, No. 4, pp. 46–57.
2. Lavrinenko I. A., Ispol'zovanie distantsionnykh metodov pri geobotanicheskom raionirovanii vostochno-evropeiskikh tundr (Using remote sensing for geobotanical zoning of the East European tundra), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2012, Vol. 8, No. 3, pp. 269–276.
3. Lavrinenko I. A., Lavrinenko O. V., Primenenie spektrozonal'nykh kosmicheskikh snimkov pri izuchenii lishainikov kak komponentov tundrovykh ekosistem (The use of spectrozonal space images in the study of lichens as components of tundra ecosystems), *Vestnik Instituta biologii Komi nauchnogo tsentra Ural'skogo otdeleniya RAN*, 1998, No. 10, available at: http://ib.komisc.ru/add/old/t/ru/ir/vt/98-10/05-10.html.
4. Lavrinenko I. A., Lavrinenko O. V., Vliyanie klimaticheskikh izmenenii na rastitel'nyi pokrov ostrovov Barentseva morya (Impact of climate change on plant cover of the Barents Sea islands), *Trudy Karel'skogo nauchnogo tsentra RAN*, 2013, No. 6, pp. 4–16.
5. Moskovchenko D. V., Osobennosti mnogoletnei dinamiki rastitel'nosti Bovanenkovskogo mestorozhdeniya (poluostrov Yamal) (Features of long-term dynamics of vegetation of the Bovanenkovskoye deposit (Yamal Peninsula)), *Vestnik Tyumenskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2013, No. 13, pp. 57–66.
6. Kharuk V. I., Im S. T., Renson K. J., Sun G., Kosmosnimki vysokogo razresheniya v analize vremennoi dinamiki ekotona lesotundry (High resolution satellite images in the forest tundra ecotone dynamics analysis), *Issledovanie Zemli iz kosmosa*, 2005, No. 6, pp. 46–55.