

О ВОЗМОЖНОСТИ ДИСТАНЦИОННОГО МОНИТОРИНГА ЗАРАСТАНИЯ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ ПЛОЩАДОК НА ТЕРРИТОРИИ НЕНЕЦКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА

О.Д. Кононов, А.И. Попов**

*Архангельский научно-исследовательский институт сельского хозяйства
(Архангельская обл., Приморский р-он, пос. Луговой)

В статье на примере буровых площадок, расположенных в Большеземельской тундре Ненецкого автономного округа, рассматривается возможность дистанционного мониторинга рекультивированных земель с использованием космических снимков. Рассчитывая индексы NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) в определенное время вегетационного периода, можно отслеживать сезонную динамику вегетации на рекультивированных площадях. Кроме того, можно выявлять техногенно нарушенные земли и оценивать их площадь. Данные одновременного наземного обследования нарушенных земель подтверждают правильность выводов, полученных на основе дешифрирования космоснимков. Активное зарастание буровых площадок происходит уже на второй-третий год после посева. Проективное покрытие на участках с хорошим увлажнением достигает 60 %, начинают внедряться виды местной флоры, заметны следы присутствия животных и птиц. В течение первого года жизни трав на нарушенных землях формируется злаковое сообщество из высеванных трав, которое достигает фазы кущения, а отдельные особи – фазы колошения. На второй год жизни продолжают развиваться злаковые, появляются в травостое представители местной флоры. Формируется разнотравно-злаково-моховой фитоценоз. Во влажных местах площадок образуется первичный моховой покров преимущественно из политриховых мхов. На третий год жизни наблюдается некоторое уменьшение доли сеяных злаков. Формируется сообщество, более близкое к естественным фитоценозам. Проективное покрытие составляет 60–75 %, в некоторых местах доходит до 95 %. На основе проведенных работ по дешифрированию многозональных космоснимков установлена возможность их эффективного использования для оценки зарастания рекультивированных площадей, что имеет особую актуальность для условий Ненецкого автономного округа, где из-за удаленности и бездорожья нет возможности систематически наблюдать за развитием растительности на нарушенных землях и оценивать эффективность выполненных мероприятий по их рекультивации.

Ключевые слова: рекультивация нарушенных тундровых земель, мониторинг зарастания геологоразведочных площадок, нормализованный вегетационный индекс.

Контактное лицо: Попов Алексей Иванович, адрес: 163032, Архангельская обл., пос. Луговой, д. 10; e-mail: dr.alexpopov@ya.ru

Для цитирования: Кононов О.Д., Попов А.И. О возможности дистанционного мониторинга зарастания геологоразведочных площадок на территории Ненецкого автономного округа // Arctic Environmental Research. 2017. Т. 17, № 1. С. 5–13. DOI: 10.17238/issn2541-8416.2017.17.1.5

Изучение и освоение Арктики – одно из важнейших направлений деятельности России. Арктическая зона становится стратегической ресурсной базой страны не только на ближайшие годы, но и на перспективу.

По состоянию на 1 января 2016 года, по данным Управления Росприроднадзора по Ненецкому автономному округу (НАО), площадь нарушенных земель в регионе 10 635,8 га. Для решения этой проблемы нами разработаны технологические приемы восстановления нарушенных земель путем биологической рекультивации. После проведения работ необходимо в течение нескольких лет осуществлять контроль за состоянием растительного покрова рекультивированных участков [1].

Нарушенные земли значительно удалены друг от друга на территории тундры, и слабо-развитая транспортная инфраструктура НАО обуславливает сложность в проведении работ по мониторингу [2]. Поэтому для оценки состояния растительного покрова и периода его восстановления требуется использовать дистанционные методы.

Цель исследования – оценить возможность дистанционного мониторинга зарастания рекультивированных земель методом дешифрирования многозональных космических снимков.

Материалы и методы. Использование многоспектральных спутниковых снимков дает возможность проследить динамику растительного покрова. В нашем исследовании мы рассматривали земли двух рекультивированных буровых площадок – № 701 и № 801, расположенных в Большеземельской тундре НАО. Под буровые площадки скважин отведено по 5,68 га. Фактическая площадь нарушенных земель на период проведения биологической рекультивации превышала площадь отвода на 1-2 га. Под площадки выполнена отсыпка минеральным грунтом, доставленным с близлежащего карьера. Минеральный грунт на площадке № 701 представлен средним суглинком, на площадке № 801 – легким суглинком.

Отличительным признаком растительности и ее состояния является спектральная отражательная способность, характеризующаяся большими различиями в отражении излучения разных длин волн. Знания о связи структуры и состояния растительности с ее отражательными способностями позволяют использовать космические снимки для идентификации типов растительности и их состояния.

В настоящее время существует около 160 вариантов вегетационных индексов. Они подбираются экспериментально (эмпирическим путем), исходя из известных особенностей кривых спектральной отражательной способности растительности и почв. Наиболее популярный и часто используемый вегетационный индекс – NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), который для растительности принимает положительные значения, и чем больше зеленая фитомасса, тем он выше. Впервые индекс описан J.W. Rouse et al. (1973) [3], концепция впервые представлена F.J. Krieger et al. (1969) [4].

Расчет NDVI производили в программном комплексе ENVI специальным спектральным калькулятором после обязательной атмосферной и геометрической коррекции снимка. Для обработки брали космические снимки, сделанные со спутника Landsat 5 TM¹ (для каждой буровой площадки – по 3 космических снимка, сделанных в разное время).

Для каждого пикселя снимка рассчитывается отношение разности значений видимой красной (К) и ближней инфракрасной части спектра (ИК) к их сумме: $NDVI = (ИК - К) / (ИК + К)$ [5–8]. Облака, снег и водные поверхности дают отрицательные значения индекса NDVI: они отражают больше излучения в видимой красной части спектра, чем в инфракрасной. Камни, обнаженная почва и антропогенные объекты дают значения индекса около нуля. Разные растительные сообщества в зависимости от объема надземной зеленой биомассы дают различные значения NDVI – от 0,15

¹URL: <http://glovis.usgs.gov>.

до 1 [9]. Значения NDVI для разных типов объектов (по А.С. Черепанову и Е.Г. Дружининой [6]) представлены в *таблице*.

Для оценки объективности получаемых данных проводили наземное обследование рекультивированных земель, в ходе которо-

КОЭФФИЦИЕНТЫ ОТРАЖЕНИЯ И НОРМАЛИЗОВАННЫЕ ВЕГЕТАЦИОННЫЕ ИНДЕКСЫ (NDVI) ДЛЯ РАЗНЫХ ТИПОВ ОБЪЕКТОВ (по А.С. Черепанову, Е.Г. Дружининой [6])

Тип объекта	Коэффициент отражения		NDVI
	в красной области спектра	в инфракрасной области спектра	
Густая растительность	0,1	0,5	0,67
Редкая растительность	0,1	0,3	0,50
Открытая почва	0,25	0,3	0,025
Облака	0,25	0,25	0
Снег и лед	0,375	0,35	-0,05
Вода	0,02	0,01	-0,25
Искусственные материалы (бетон, асфальт)	0,3	0,1	-0,5

Рассчитывая значения NDVI в определенное время вегетационного периода, можно ежегодно отслеживать сезонную динамику вегетации на рекультивированных площадях, оценивать эффективность проведенных мероприятий по восстановлению растительного покрова. Кроме того, можно выявлять техногенно нарушенные земли и определять их площадь.

го фиксировали общее проективное покрытие (ОПП), жизненное состояние и видовой состав растительного покрова.

Результаты и обсуждение. На *рис. 1* представлены 3 снимка района расположения буровой площадки Сямаюской скважины № 801. На *рис. 1а* видна буровая площадка, расположенная между 2 озер на выровненном участке

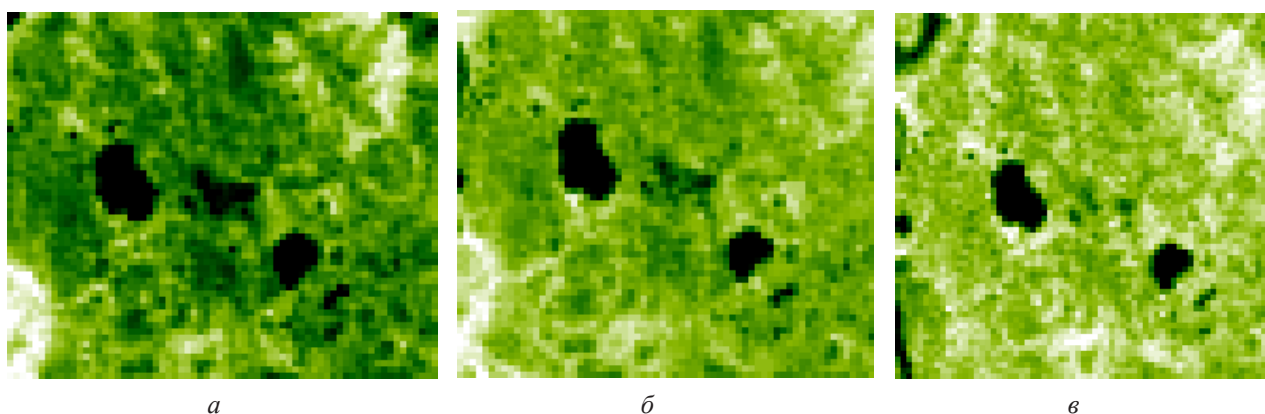


Рис. 1. Динамика зарастания буровой площадки Сямаюской скважины № 801: *а* – 7 июля 2010 года; *б* – 2 сентября 2010 года; *в* – 12 сентября 2011 года

местности. Все 3 объекта (2 озера и нарушенная территория) на 7 июля 2010 года имели черную окраску ($NDVI = 0,03$). Также к юго-западу, в непосредственной близости от нарушенных земель располагается маленькое озеро с площадью водного зеркала около 2 000 м² (3 пикселя). На *рис. 1б* (снимок сделан 2 сентября 2010 года) видно, как изменилась окраска основной части буровой площадки в конце вегетационного периода 2010 года, вегетационный индекс увеличился ($NDVI = 0,42$ в среднем по рекультивированной площади). На *рис. 1в* (снимок 12 сентября 2011 года) видно, что на третий год после проведения работ по рекультивации растительность продолжает восстанавливаться и ОПП растет ($NDVI = 0,51$).

На основе дешифрирования многозональных космоснимков можно сделать вывод, что на второй год после проведения работ растительность на буровой площадке продолжает формироваться. Идут процессы восстановления растительных сообществ, близких к фитоценозам, окружающим территорию буровой площадки по периметру.

То же самое подтверждается наземным геоботаническим обследованием буровой площадки скважины № 801 (*рис. 2*). Результаты обследований рекультивированных земель показывают, что активное зараста-

ние буровой площадки происходит уже на второй-третий год после посева. ОПП на участках с хорошим увлажнением достигает 60 %, начинают внедряться виды местной флоры, заметны следы присутствия животных и птиц. В некоторых местах отмечены пятна голого грунта. Здесь следует произвести подсев, внести минеральные удобрения, а также при необходимости применить дополнительные агротехнические приемы, например рыхление.

В последующем будет происходить смена высеянных луговых видов трав представителями местной флоры. На месте нарушенного участка постепенно формируется кустарничково-моховая растительность, близкая к зональным сообществам.

Проведенные в сентябре 2008 года мероприятия по биологической рекультивации буровой площадки Сямаюской скважины № 801 позволили сформировать устойчивый травостой на нарушенном участке. Стоит отметить, что биологическая рекультивация выполнялась только на центральной части площадки, которая к сентябрю 2010 года уже заросла, в то время как участки, на которых не была проведена рекультивация (оставленные для самозарастания), остались не задерненными. К сентябрю 2011 года $NDVI$ большей части площадки со-



а



б

Рис. 2. Вид травостоя на буровой площадке Сямаюской скважины № 801: *а* – июль 2009 года; *б* – 3 июля 2010 года

ответствовал индексу окружающего растительного покрова, на основе чего можно сделать вывод, что растительный покров на территории буровой площадки восстановлен.

Проведенные в июле 2009 года мероприятия по биологической рекультивации буровой площадки Коробковской скважины № 701 также позволили сформировать травостой на нарушенном участке, что подтверждается данными, полученными в результате обработки многозональных спутниковых снимков. На *рис. 3* показаны 3 снимка района расположения буровой площадки скважины № 701. На *рис. 3а* (снимок 11 июля 2010 года) видна бу-

мика в зарастании прилегающих к площадке дорожных развязов. На *рис. 3в* (снимок 10 сентября 2011 года) видно, что на второй год после проведения работ по рекультивации растительность продолжает восстанавливаться ($NDVI = 0,52$).

На основе дешифрирования многозональных космоснимков можно сделать вывод, что уже на второй год после проведения работ происходит активное формирование растительного покрова буровой площадки за счет как высеянных трав, так и растений местной флоры.

Наземное обследование площадки № 701 проводилось 1 июля 2010 года и 22 июля 2011 го-

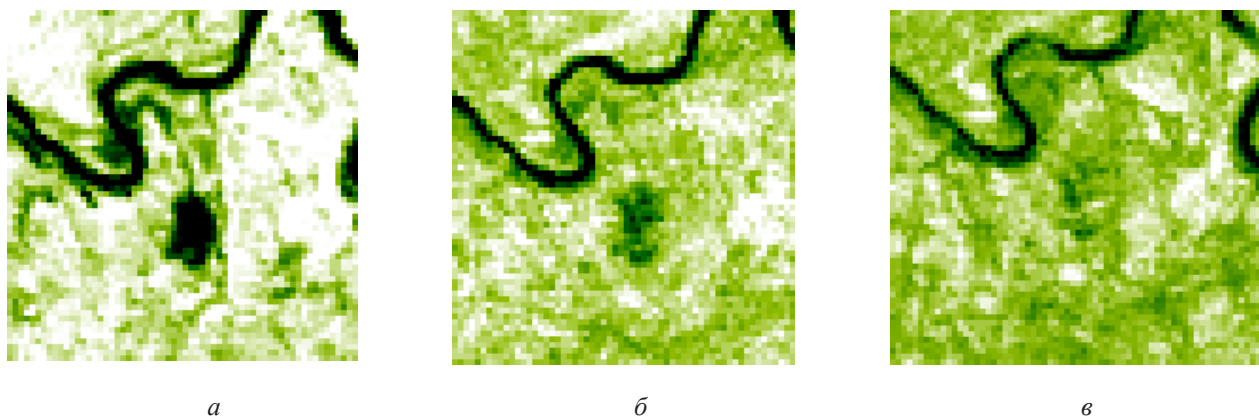


Рис. 3. Динамика зарастания буровой площадки Коробковской скважины № 701: *а* – 11 июля 2010 года; *б* – 16 сентября 2010 года; *в* – 10 сентября 2011 года

ровая площадка, расположенная к югу от р. Шапкина на пологом склоне верхней террасы. Река и нарушенные земли на 11 июля 2010 года имели черную окраску ($NDVI = 0$). На *рис. 3б* (снимок 16 сентября 2010 года) заметно, как изменилась окраска основной части буровой площадки, вегетационный индекс увеличился ($NDVI = 0,34$ в среднем по площадке). Можно сделать вывод, что к середине сентября 2010 года на большей части рекультивированного участка сформировалась надземная фитомасса. Также заметна положительная дина-

да. Высота травостоя на участке при первом обследовании варьировала от 5 до 12 см, окраска ярко-зеленая, фаза развития – всходы – начало кущения (*рис. 4а*, см. с. 10). По результатам визуальной оценки ОПП составляло 20–30 %, в пониженных участках микрорельефа с хорошим увлажнением оно достигало 75 %. За пределами отсыпки на дорожных развязках многолетние злаки хорошо развивались и имели ОПП 75–95 %. Также отмечены пятна голого грунта, где растительность не вошла. Более тяжелый механический состав почвогрунтов



а



б

Рис. 4. Буровая площадка Коробковской скважины № 701 на 1 июля 2010 года: а – вид буровой площадки; б – образование почвенной корки

на отдельных участках обусловил формирование поверхностной корки, что значительно затруднило прорастание трав (рис. 4б). Развития эрозионных процессов замечено не было. На территории участка были обнаружены следы и продукты жизнедеятельности зайцев и гусей. Надземные органы растений имели повреждения.

На третий год после проведения биологической рекультивации (22 июля 2011 года) ОПП растений на площадке не превышало 70 %, остальные 30 % поверхности были покрыты отмершими частями растений (злаков и осок – 10 %) и пятнами голого грунта (10–20 % всей территории). Средняя высота травостоя составляла 40–50 см (рис. 5). Представлены растения, посеянные при биологической рекультивации: овсяница красная (*Festuca rubra* L.), овсяница луговая (*Festuca pratensis* Huds.) и тимофеевка луговая (*Phleum pratense* L.), а также представители местной дикорастущей флоры, внедрившиеся в посевы: пепельник (крестовник) болотный (*Tephroseris palustris* L.) и хвощ полевой (*Equisetum arvense* L.). По краям площадки в задернении территории активно участвовали вейник лапландский (*Calamagrostis lapponica* Wahlenb.), овсяница

овечья (*Festuca ovina*) и осока водная (*Carex aquatilis* Wahlenb.).

Таким образом, в течение первого года жизни трав на нарушенных землях формируется злаковое сообщество из высеванных трав, которое достигает фазы кущения, а отдельные особи – фазы колошения. В этот период наиболее активно всходит и развивается тимофеевка луговая (*Phleum pratense* L.).



Рис. 5. Растительный покров на буровой площадке Коробковской скважины № 701 на третий год после рекультивации (22 июля 2011 года)

На второй год жизни более активно развивается овсяница красная (*Festuca rubra* L.), которая формирует большую часть ОПП растительного покрова участка. В пределах насыпных площадок из супесчаного и суглинистого грунтов появляются в травостое представители местной флоры: хвощ полевой (*Equisetum arvense* L.), пепельник болотный (*Tephroseria palustris* L.), трехреберник Гукера (*Matricaria hookeri* Sch. Bip), вейник лапландский (*Calamagrostis lapponica* Wahlenb.). Формируется разнотравно-злаково-моховой фитоценоз. Во влажных местах площадок образуется первичный моховой покров преимущественно из политриховых мхов. За пределами отсыпки на органо-минеральных грунтах кроме высеваемых трав закрепляются вейник лапландский (*Calamagrostis lapponica* Wahlenb.), овсяница овечья (*Festuca ovina*), осока водная (*Carex aquatilis* Wahlenb.), ожика Валленберга (*Luzula wahlenbergii* Rup.).

На третий год жизни наблюдается некоторое уменьшение доли сеяных злаков. Продолжает формироваться разнотравно-злаково-моховое сообщество, более близкое к естественным фитоценозам. ОПП составляет 60–75 %. На пятнах голого грунта, чаще приуроченных к возвышенным участкам, требуются подсев трав и дополнительное внесение минеральных удобрений.

Заключение. По результатам мониторинга рекультивированных тундровых земель можно

сделать вывод, что выбранный способ биологической рекультивации нарушенных земель буровых площадок в зоне субарктических южных тундр НАО показал свою эффективность, что подтверждается данными наземного обследования и данными дешифрирования многозональных космоснимков.

На рекультивированных участках отмечается большое количество следов животных и птиц, которых привлекают молодые зеленые побеги злаковых трав. Отрицательное влияние на процесс закрепления растительности оказывает вытаптывание и поедание растений оленями, птицами и грызунами. Так как оградить земли от данного влияния никак нельзя, следует наблюдать за стравливанием и своевременно производить подсев трав.

На основе проведенных работ по дешифрированию многозональных космоснимков установлена возможность их эффективного использования для оценки зарастания рекультивированных площадей, что имеет особую актуальность в условиях НАО, где нет возможности выполнять систематические наблюдения за ростом и развитием растительности на нарушенных землях из-за слаборазвитой инфраструктуры региона. Объективность полученных результатов была подтверждена в ходе наземного обследования территорий буровых площадок. Лучших результатов дистанционного мониторинга можно добиться при использовании космоснимков более высокого разрешения.

Список литературы

1. Арчегова И.Б., Дегтева С.В., Евдокимова Т.В., Кузнецова Е.Г. Концепция природовосстановления нарушенных экосистем Севера // Республика Коми: Экономическая стратегия вхождения в XXI век: материалы науч. конф., Сыктывкар, 13–14 марта 1995 г. Сыктывкар, 1996. С. 135–139.
2. Капелькина Л.П., Попов А.И. Оценка состояния и рекультивация нарушенных земель на нефтепромыслах Севера России // Изв. Оренбург. гос. аграр. ун-та. 2012. № 5(37). С. 211–214.
3. Rouse J.W., Haas R.H., Schell J.A., Deering D.W. Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS // Proc. 3d Earth Resources Technology Satellite-1 Symp. USA, Washington, D.C., 1974. Vol. 1. P. 301–317.
4. Kriegler F.J., Malila W.A., Nalepka R.F., Richardson W. Preprocessing Transformations and Their Effects on Multispectral Recognition // Proc. 6th Int. Symp. on Remote Sensing of Environment. Vol. II. Environmental Research Institute of Michigan, Ann Arbor, October 13–16, 1969. USA, Michigan, 1969. P. 97–131.

5. Черепанов А.С. Вегетационные индексы // Геоматика. 2011. № 2. С. 98–102.
6. Черепанов А.С., Дружинина Е.Г. Спектральные свойства растительности и вегетационные индексы // Геоматика. 2009. № 3. С. 28–32.
7. Гопп Н.В., Смирнов В.В. Использование вегетационного индекса (NDVI) для оценки запасов надземной фитомассы тундровых сообществ растений // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2009. Т. 4, № 1. С. 187–191.
8. Sweet S.K., Boelman N.T., Asmus A., Rich M.E., Gough L., Wingfield J. NDVI as a Predictor of Canopy Arthropod Biomass in the Alaskan Arctic Tundra // Ecological Applications. 2015. Vol. 25, № 3. P. 779–790.
9. Лавриненко И.А. Динамика растительного покрова острова Вайгач под влиянием климатических изменений // Совр. проблемы дистанц. зондирования Земли из Космоса. 2011. Т. 8, № 1. С. 183–189.

References

1. Archegova I.B., Degteva S.V., Evdokimova T.V., Kuznetsova E.G. Kontseptsiya prirodovosstanovleniya narushennykh ekosistem Severa [Concept for Environmental Remediation of Disturbed Ecosystems of the North]. *Respublika Komi: Ekonomicheskaya strategiya vkhozheniya v XXI vek: materialy nauch. konf. (Syktyvkar, 13–14 marta 1995 g.)* [Republic of Komi: the Economic Strategy of Entering the 21st Century: Proc. Sci. Conf. (Syktyvkar, March 13–14, 1995)]. Syktyvkar, 1996, pp. 135–139.
2. Kapel'kina L.P., Popov A.I. Otsenka sostoyaniya i rekul'tivatsiya narushennykh zemel' na neftepromyslakh Severa Rossii [Evaluation of the Condition and Recultivation of Damaged Lands on the Territory of Oil-Extracting Enterprises in the North of Russia]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Izvestia of Orenburg State Agrarian University], 2012, no. 5(37), pp. 211–214.
3. Rouse J.W., Haas R.H., Schell J.A., Deering D.W. Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS. *Proc. 3d Earth Resources Technology Satellite-1 Symp.* USA, Washington, D.C., 1974, vol. 1, pp. 301–317.
4. Krieglner F.J., Malila W.A., Nalepka R.F., Richardson W. Preprocessing Transformations and Their Effects on Multispectral Recognition. *Proc. 6th Int. Symp. on Remote Sensing of Environment. Vol. II. Environmental Research Institute of Michigan, Ann Arbor, October 13–16, 1969.* USA, Michigan, 1969, pp. 97–131.
5. Cherepanov A.S. Vegetatsionnye indeksy [Vegetation Indexes]. *Geomatika* [Geomatics], 2011, no. 2, pp. 98–102.
6. Cherepanov A.S., Druzhinina E.G. Spektral'nye svoystva rastitel'nosti i vegetatsionnye indeksy [Spectral Characteristics of Vegetation and Vegetation Indexes]. *Geomatika* [Geomatics], 2009, no. 3, pp. 28–32.
7. Gopp N.V., Smirnov V.V. Ispol'zovanie vegetatsionnogo indeksa (NDVI) dlya otsenki zapasov nadzemnoy fitomassy tundrovyykh soobshchestv rasteniy [Use of the Vegetation Index (NDVI) for Estimation the Above-Ground Biomass in Tundra Plant Communities]. *Interekspo Geo-Sibir'* [Interexpo Geo-Siberia], 2009, vol. 4, no. 1, pp. 187–191.
8. Sweet S.K., Asmus A., Rich M.E., Wingfield J., Gough L., Boelman N.T. NDVI as a Predictor of Canopy Arthropod Biomass in the Alaskan Arctic Tundra. *Ecological Applications*, 2015, vol. 25, no. 3, pp. 779–790.
9. Lavrinenko I.A. Dinamika rastitel'nogo pokrova ostrova Vaygach pod vliyaniem klimaticheskikh izmeneniy [Vegetation Dynamics of the Vaigach Island Under Climate Change Impact]. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz Kosmosa* [Current Problems in Remote Sensing of the Earth from Space], 2011, vol. 8, no. 1, pp. 183–189.

DOI: 10.17238/issn2541-8416.2017.17.1.5

Oleg D. Kononov, Aleksey I. Popov**

*Arkhangelsk Research Institute of Agriculture (Lugovoy, Arkhangelsk region, Russian Federation)

ON REMOTE MONITORING OF OVERGROWING OF EXPLORATION SITES IN THE NENETS AUTONOMOUS DISTRICT

The article discusses the possibility of remote monitoring of reclaimed lands using satellite images by the example of drill sites in Bolshezemelskaya Tundra of the Nenets Autonomous District. The seasonal dynamics of vegetation on reclaimed areas can be monitored at a certain period of the growing season by the index NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). We can also identify technologically disturbed lands and estimate their area. The data of simultaneous ground surveys of disturbed lands confirm the correctness of conclusions obtained on the basis of the satellite images interpretation. Active overgrowing of drill sites occurs on the second or third year after planting. Projective cover in irriguous areas reaches 60 %; the species of local flora start to introduce, the traces of animals and birds are noticed. During the first year of herbs life on disturbed lands the gramineous community is formed from planted grasses, which reaches the phase of tillering and heading stage. In the second year of life the grasses continue to grow; the species of local flora appear. The motley-grass-moss phytocoenosis is formed. In the wet parts of the sites the primary moss cover is formed mainly of hair-cap mosses. In the third year of life a slight decrease in the proportion of sown herbaceous plants is observed. The formed motley-grass-moss community is near natural phytocenoses. The projective cover is 60–75 %, somewhere it reaches 95 %. On the basis of decoding of multispectral satellite images, we establish the possibility of their efficient use to evaluate the overgrowth of reclaimed areas. This is particularly relevant for the conditions of the Nenets Autonomous District, where due to the remoteness and lack of roads we have no possibility to monitor systematically the development of vegetation on disturbed lands and assess the effectiveness of measures for their remediation.

Keywords: *reclamation of disturbed tundra lands, monitoring of overgrowing of exploration sites, normalized vegetation index.*

Received on June 28, 2016
Поступила 28.06.2016

Corresponding author: Aleksey Popov, *address:* settl. Lugovoy, 10, Arkhangelsk region, 163032, Russian Federation; *e-mail:* dr.alepopov@ya.ru

For citation: Kononov O.D., Popov A.I. On Remote Monitoring of Overgrowing of Exploration Sites in the Nenets Autonomous District. *Arctic Environmental Research*, 2017, vol. 17, no. 1, pp. 5–13. DOI: 10.17238/issn2541-8416.2017.17.1.5