ОТЧЕТ

о выполнении научно-исследовательской работы за 2012 - 2014 годы

Проект "Изменение условий увлажненности и естественное опустынивание в позднем кайнозое Северной и Центральной Азии". ***Программа Президиума 4П*** *«Природная среда России: адаптационные процессы в условиях изменяющегося климата и развития атомной энергетики». Содержание работы раскрыто в дополнениях к Плану научно-исследовательских работ ФГБУН Института криосферы Земли Сибирского отделения РАН на 2014 г. (Раздел VIII. "Науки о Земле", подраздел 77 "Физические и химические процессы в атмосфере, криосфере и на поверхности Земли, механизмы формирования и современные изменения климата, ландшафтов, оледенения и многолетнемерзлых грунтов" Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 годы*

отв.исполнитель к.г.н. Якимов А.С.

Цель: исследовать динамику эоловых процессов в условиях высоких широт.

Задачи:

1. Выявить общую площадь, подверженную ветровой эрозии (участков оголенных песков) в пределах территории исследования;
2. Изучить морфологические особенности модельной котловины выдувания;
3. Установить климатические факторы развития дефляции в условиях северотаёжной подзоны Западной Сибири;
4. Проанализировать многолетнюю динамику процессов эолового рельефообразования на основе материалов космической съемки;
5. Изучение микро- и мезорельефа модельной котловины выдувания путем проведения детальной геодезическое съемки.

Краткая аннотация: В ходе работ в районе Надымского стационара (Ямало-ненецкий автономный округ, Тюменская область) были детально изучены причины образования специфических эоловых форм рельефа – песчаных раздувов (котловины выдувания). Применение дистанционных

методов (дешифрирование космических снимков) позволило выявить региональные особенности распространения эолового рельефа. Анализ климатических факторов показал существование благоприятных условий для устойчивого существования обширных участков оголенных песков. Благодаря внедрению точных геодезических методов впервые было выполнено детальное картирование микро- и мезорельефа крупной котловины выдувания, что в дальнейшем позволит вести точные наблюдения за динамикой процессов эолового рельефообразования.

Развёрнутый отчёт:

1. В пределах базового участка площадью 17 500 кв. км (рис. 1) на основе космической съемки Landsat-7 (сенсор ETM+) методом автоматизированного дешифрирования была определена общая площадь развеваемых песков, которая по состоянию на 3 августа 2001 года 235,68 кв.км (1,35% от общей площади участка). При дешифрировании не учитывались территории г.Надым и вахтовых поселков, а также оголенные пески в поймах рек. Путем визуального контроля результатов были отфильтрованы сходные по спектру отражения участки, поросшие ягелем. Таким образом, полученный результат позволяет достоверно определить некоторые особенности распространения эолового рельефа, а именно:

- наиболее крупная котловина выдувания имеет площадь 37,21 кв. км. Она расположена на правом берегу р.Надым в 94 км к юго-востоку от г.Надым и представляет собой цепь сомкнутых в результате ветровой эрозии котловин меньшего размера;

- суммарная площадь пяти наиболее крупных котловин выдувания составляет 77,66 кв.км (33% от общей площади развеваемых песков). Площадь котловин колеблется от 7,18 до 37,21 кв.км;

- основной район распространения современного эолового рельефа - дренированные террасы в среднем течении р.Надым. Площадь участков выдувания составляет здесь 134,4 кв.км (57% от общей площади);

- повсеместное развитие эолового рельефа можно отметить в долинах практически всех притоков Надыма - Правая и Левая Хетта, Танлова, Бол. Хуху (исключением является р.Хейгияха). Здесь преобладают небольшие, площадью до 0,5-0,6 кв.км, западины и котловины выдувания, вытянутые цепочкой вдоль долин. Уменьшение размеров котловин связано в основном со снижением скоростей ветра (направление долин в целом не совпадает с направлением доминирующего переноса воздушных масс) и повышением уровня грунтовых вод (дренирование небольших притоков существенно слабее по сравнение с дренажом магистральной реки);

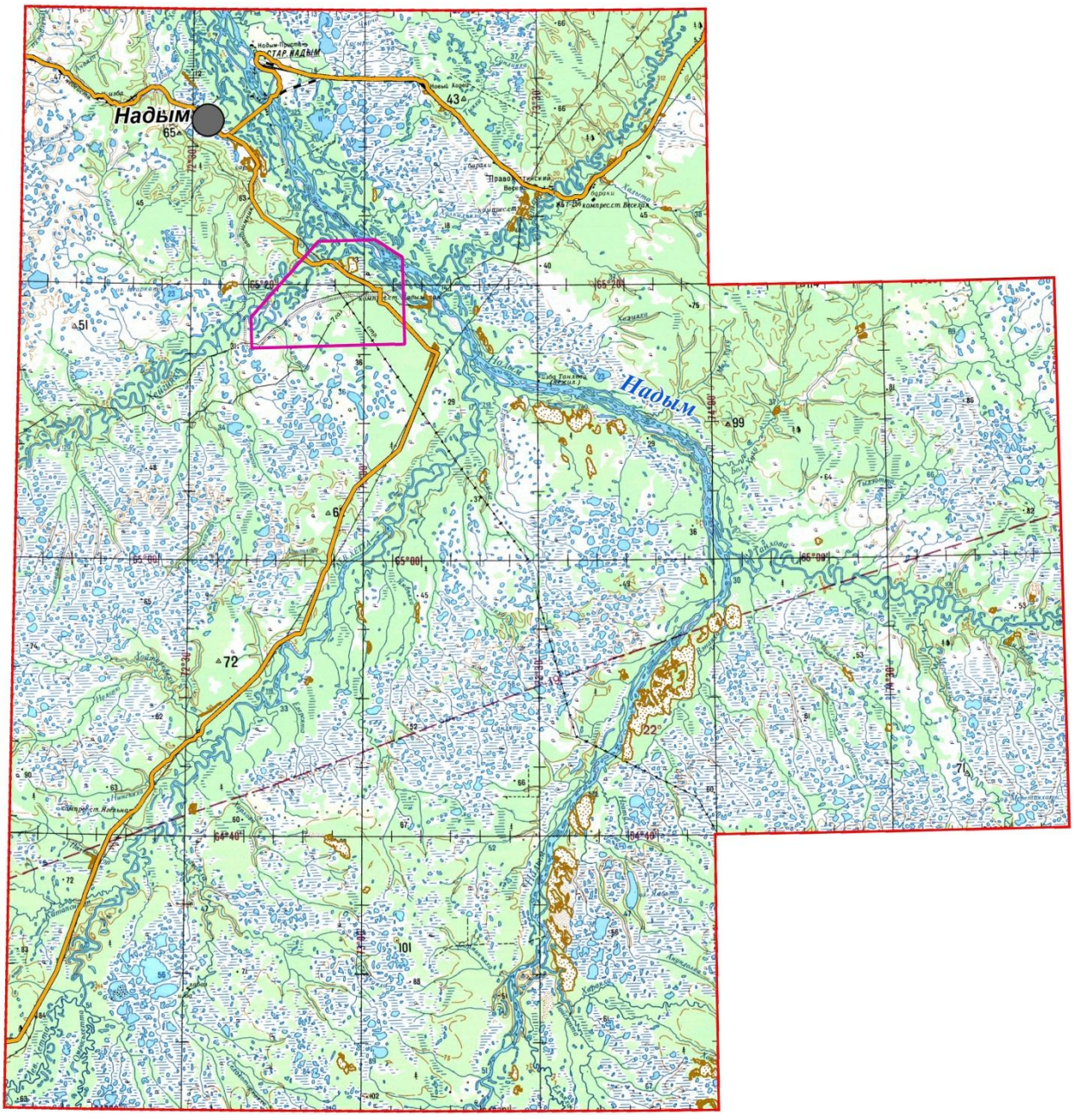

Рис. 1. Обзорная карта района работ

- небольшие участки оголенных песков выявлены на высоких водораздельных пространствах между реками Надым и Пурпе, а также Надым и Левая Хетта. Перепады высот от урезов рек до водораздельных пространств составляют от 40 до 65 м, что создает благоприятные условия для дренажа и усиления порывов ветра на пологих наветренных склонах;

- площадь нарушенных песчаных участков, возникших в результате воздействия антропогенных и природно-антропогенных факторов составляет 30,05 кв.км (12,7 %). В основном нарушения локализованы близи инфраструктуры добычи и транспортировки газа, вдоль автомобильных и железных дорог, по периферии населенных пунктов. Крупный участок развевания, площадью 6,22 кв.км, включает промышленную зону в районе аэропорта г.Надым.

2. Проведенные полевые исследования позволили выявить морфологические особенности модельной котловины выдувания, расположенной вблизи устья р.Хейгияха на левом берегу р.Надым.

Общая площадь котловины составляет 193,7 га, периметр - 6450 м. Котловина имеет вытянутую форму по направлению север-юг. С северной, западной и южной стороны котловину окаймляют аккумулятивные песчаные валы высотой от 4 до 12 м. Наибольшая высота валов с южной стороны. С восточной стороны песчаные отложения налегают на первую террасу р.Надым. Минимальное расстояние до реки составляет 2,4 км. В южной части котловины сформировались протяженные песчаные дюны, в настоящее время не активные. Высота дюн достигает 2-2,5 м. Наветренный склон имеет северо-западную экспозицию, подветренный – юго-восточную. Активные эоловые образования отмечены вдоль западной границы котловины, а также на участках между высоких дюн. В центральной части на дефлированных участках выявлены следы мерзлотного пучения и растрескивания. В южной

части котловины расположен функционирующий песчаный карьер, в северо-западной части – площадка действующего водозабора.

По результатам полевого обследования можно сделать вывод, что формирование котловины происходило в несколько этапов (рис. 2):

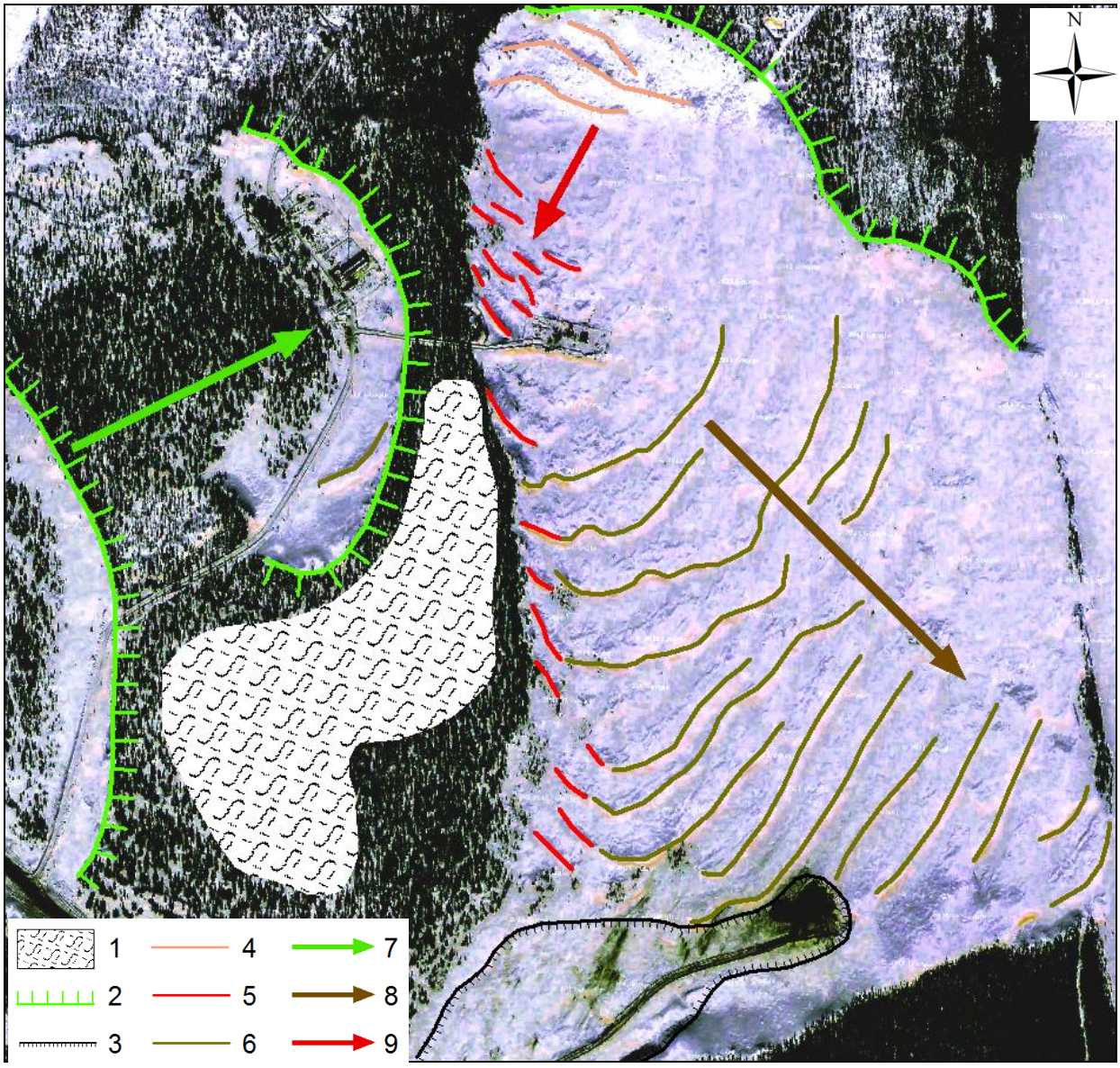

Рис. 2. Стадии формирования котловины выдувания (пояснения см. в тексте)

- на первом этапе под воздействием юго-западных ветров (7) была сформирована цепочка из трех небольших песчаных раздувов, две из которых сохранились в исходном состоянии. Направление доминировавших ветров устанавливается по наличию аккумулятивных валов с восточной и

северо-восточной стороны котловин (2). В это же время в северной части модельной котловины могли сформироваться дюнные образования субширотного простирания (4). Между котловинами были обнаружены участки мелкобугристого эолового рельефа (1), который, судя по ориентировке наветренных и подветренных склонов, также образовался в результате действия юго-западных ветров предположительно на первом этапе;

- на втором этапе произошло частичное закрепление растительностью небольших раздувов и участков мелкобугристого рельефа. Модельная котловина также некоторое время была практически полностью покрыта сосновым редколесьем. Однако по следам, прослеживающимся в заложенных разрезах, достоверно установлено, что в пределах котловины существовавшая растительность была уничтожена лесным пожаром, что привело к образованию большой поверхности оголенных песков;

- третий этап характеризуется активным эоловым рельефообразованием. В это время произошло изменение направления господствующих ветров с юго-западного на северо-западный (8). Перепады температур над акваторией Байдарацкой губы привели к формированию сильных сезонных ветров, которые сформировали достаточно высокие дюны (6), отчетливо выделяемые по всей поверхности южной части котловины;

- четвертый этап современного рельефообразования связан с ветрами северного и северо-восточного направления (9) из Обской губы. Их действие приводит к формированию небольших дюн (5) вдоль западной границы котловины. На междюнной поверхности в центральной части котловины были обнаружены небольшие барханы, также сформированные ветрами северо-восточных румбов. Следы активного современного переноса и накопления песка отмечаются по периферии карьера (3), вдоль дороги и на площадке водозабора.

3. На основе данных климатических сборников были составлены розы ветров ближайших метеостанций – Надым, Уренгой и Тарко-Сале (рис. 3).

В режиме ветров выражена явная сезонная изменчивость. В зимний период доминируют ветра южных и юго-западных румбов, однако в это время котловины покрыты снегом. Поэтому наиболее благоприятные условия для переноса песка складываются в бесснежных период с апреля по октябрь, когда доминируют северные ветра, определяемые разностью температур холодных вод Обской губы и прогретой территории северо-таежных низин. Для метеостанции Надым хорошо выделяется пик северных ветров, скорость которых достигает 30 м/с.

Таким образом, данные метеонаблюдений подтверждают предположение о главенствующей роли северного переноса при формировании современного эолового рельефа на территории исследований.

На следующем этапе работ планируется провести более детальный анализ климатических факторов, включая расчет значений дефляционного потенциала ветра по каждому месяцу и климатического показателя дефляции по каждому году наблюдений.

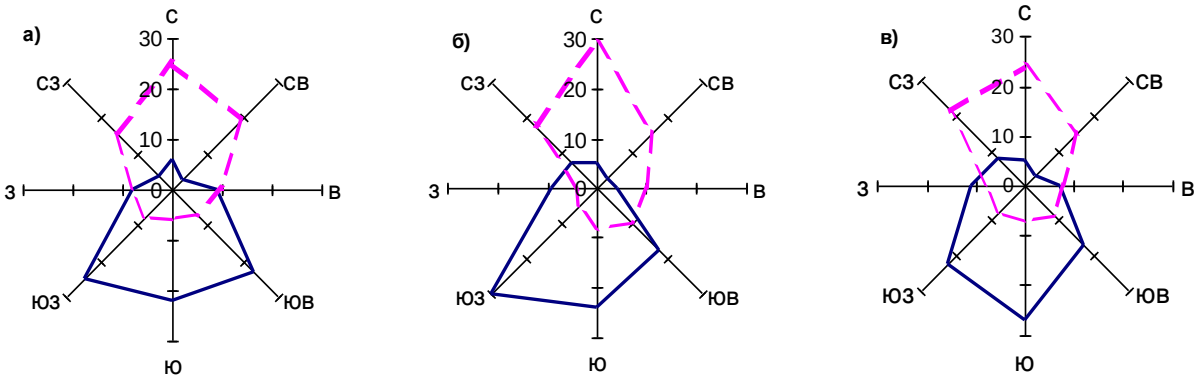

Рис. 3. Розы ветров станций Уренгой (а), Надым (б), Тарко-Сале (в) (по Справочник…, 1968)

Сравнительный анализ космических снимков (рис. 4) показывает, что ветры северных направлений определяют ориентировку эолового рельефа и на остальных участках распространения развеваемых песков. В частности в 80 км к югу на поверхности крупной котловины, расположенной на левом берегу р.Надым в районе впадения р.Анундолва крупные дюны также пологим склоном ориентированы на северо-запад. Вполне вероятно, что в

пределах всей рассматриваемой территории, действуют однотипные механизмы рельефообразования. Предполагается подтвердить данное предположение дальнейшими полевыми работами на различных модельных участках.

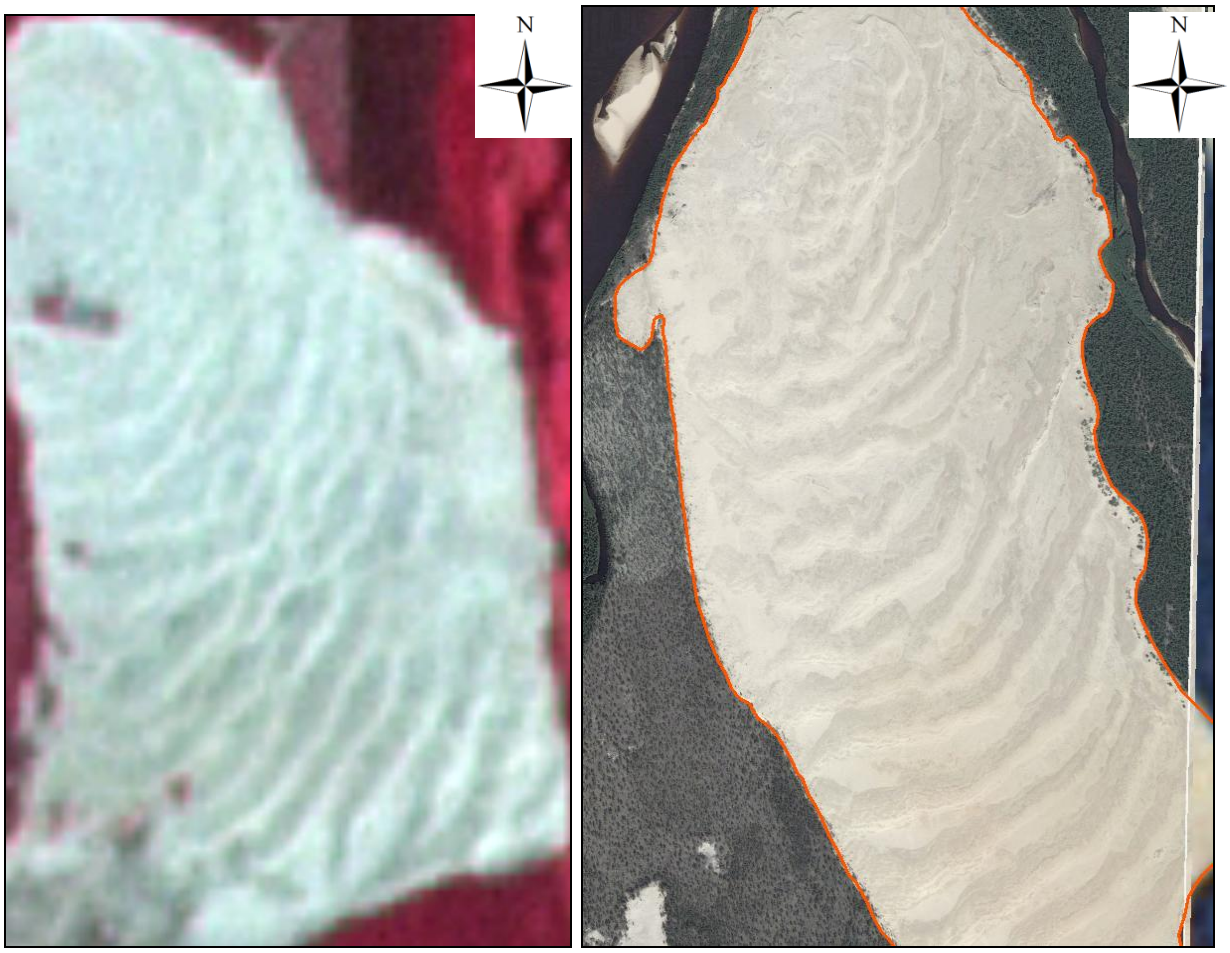

Рис. 4. Дюны на поверхности котловин выдувания: слева – модельная котловина (снимок Landsat), справа – котловина в среднем течении р.Надым (снимок QuickBird)

4. На основе архивной и современной космической съемки проведен высокодетальный анализ многолетней динамики процессов эолового рельефообразования. Исходные материалы: рассекреченные космические фотоснимки видовой разведки (2 м/пикс.) за 1968 год (миссии CORONA, ARGON и др.), снимки высокого пространственного разрешения Alos PRISM (2.5 м/пикс.) за 2007 год, снимок сверхвысокого пространственного разрешения WorldView-2 (0.5 м/пикс.) за 2012 год.

Удалось выделить следующие произошедшие изменения:

- перемещение дюн по поверхности крупных песчаных раздувов на расстояние до 40 м с сохранением общей ориентировки;
- расширение границ отдельных котловин выдувания в южном, западном и северо-западном направлении на расстояние до 20 м;
- частичное заболачивание и зарастание отдельных участков развеваемых песков;
- значительный врез речных излучин (до 75-80 м) в тех случаях, когда границы котловин выдувания являются берегами рек (рис. 5).

Также было установлено, что на территориях, пройденных верховыми и низовыми лесными пожарами, не наблюдается расширения площадей развеваемых песков, т.е. развитие процессов дефляции в настоящее время лимитируют преимущественно климатические и гидрологические факторы.

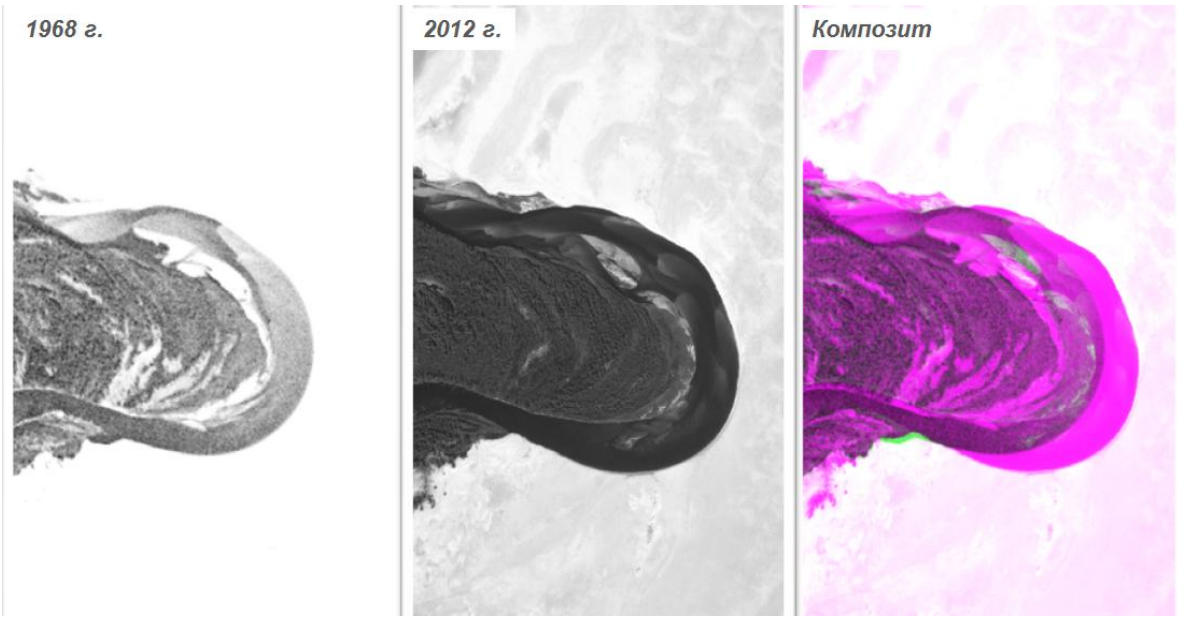

Рис. 5. Врез речных излучин (до 75-80 м)

5. Во время полевых работ с 7 по 18 августа 2013 г. была выполнена геодезическая съемка модельной котловины выдувания, расположенной на правом берегу р.Хейгияха вблизи устья. Съемка производилась двумя спутниковыми приемниками геодезического класса (2 частоты, режим постобработки, марка приборов – Topcon Hiper+). Точность измерений в плане составила 2 см, по высоте – 5 см. На участке были закреплены два

репера для проведения дальнейшего инструментального мониторинга. В ходе съемки были измерены координаты и отметки высот 3080 пикетов. Ввиду большого размера котловины, съемкой были покрыты только ключевые участки (рис. 6), включая:

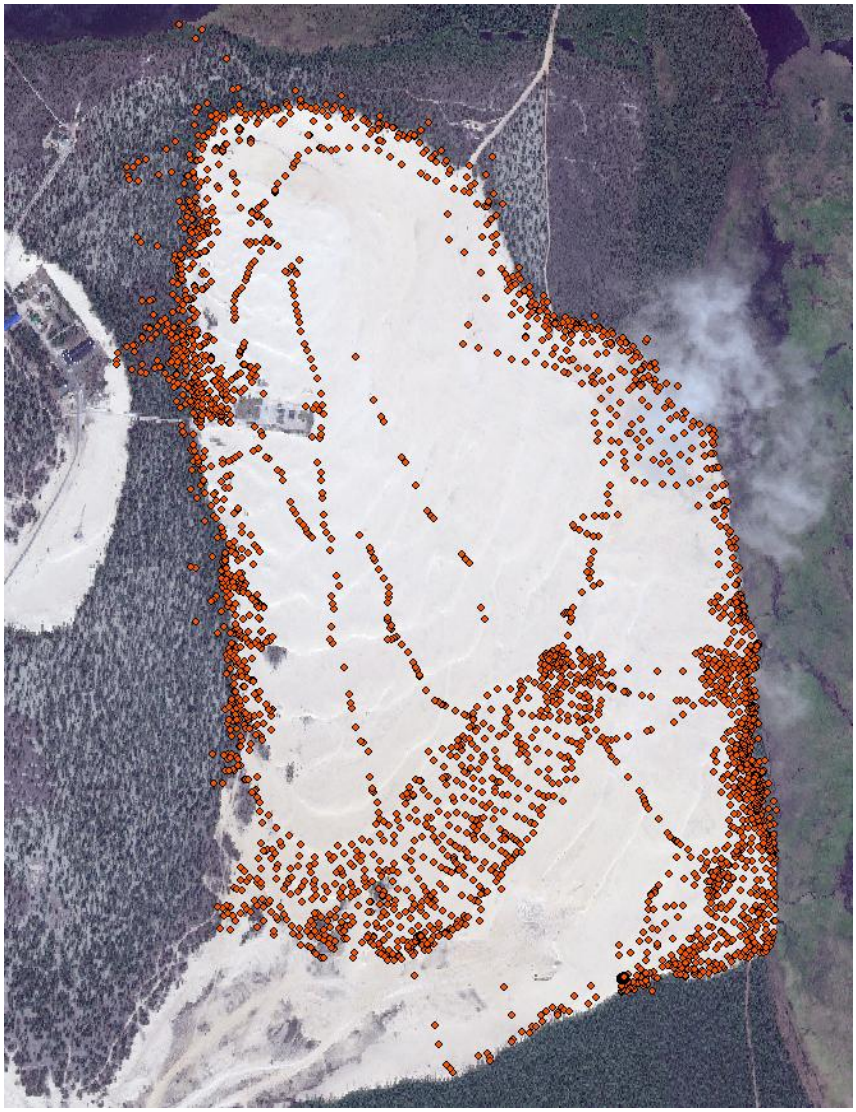

Рис. 6. Результат геодезической съемки модельной котловины выдувания, расположенной на правом берегу р. Хейгияха (съемочные пикеты обозначены красными точками), 2013 год

- всю границу, за исключением, юго-западного сектора, который подвергся антропогенным изменениям,
- центральный участок с дюнами максимальной высоты,

- западную, северную, восточную и юго-восточную окраины котловины, где в настоящее время происходит активное перевевание песка,
- прилегающую территорию к северу от котловины, включая отметки высот первой и второй надпойменных террас, а также положение древнего периферического вала, закрепленного в настоящее время сосновым лесом,
- геоботаническую площадку, включая микрорельеф, образованный в результате аккумуляции песка вокруг травяной растительности.

Помимо съемки площадных участков были пройдены два профиля в направлении север-юг и один в направлении запад-восток.

Целью выполнения съемки являлось выявление морфометрических особенностей песчаного рельефа на поверхности котловины (высоты песчаных гряд, периферических валов), а также закрепление его планового положения для дальнейшего мониторинга.

В ходе детального обследования прилегающей территории было установлено, что формирование котловины происходит на поверхности второй надпойменной террасы р.Надым. В некоторых местах активного перемещение песка погребенной оказывается первая терраса, при этом перепад высот достигает 10-12 м. К северо-западу от котловины выявлены два закрепленных сосновым лесом вала, по форме сходных с валами, которые формируются в настоящее время на границах котловины. Это является дополнительным фактом, подтверждающим предположение, что в отдельные периоды аридизации климата площадь оголенных песков была значительно больше.

Обследование котловины также показало, что при формировании песчаного рельефа основную роль играют ветры северного, северо-восточного и западного направлений, что согласуется с розой ветров района исследований.

Помимо инструментальных измерений, в местах наиболее активной аккумуляции песка в северной, центральной и юго-восточной частях котловины были установлены временные реперы с нанесенной дециметровой

шкалой. Это позволит через несколько лет зафиксировать скорость накопления песчаного материала.

Выводы:

1. Впервые для района исследований (среднее и нижнее течение р.Надым) проведена детальная оценка площади развеваемых песков.

2. Впервые на основе космических снимков со сверхвысоким пространственным разрешением и по результатам полевых наблюдений проведено описание рельефа модельной котловины выдувания с выделением участков различных этапов ее формирования.

3. Получено аргументированное подтверждение гипотезы о тенденции к естественному зарастанию и заболачиванию котловин выдувания. Тем не менее анализ климатических данных показывает, что в пределах рассматриваемой территории сложились условия для относительно стабильного существования крупных площадей развеваемых песков

4. Обобщены новые данные, включающие архивы высокодетальной космической съемки 60-70-х гг., что позволило существенно расширить временные рамки ретроспективного анализа по дистанционным материалам. Разработанные методы совмещения архивных и современных космических снимков позволит в дальнейшем проводить оценить динамики различных природных и антропогенных процессов (речная эрозия, освоение нефтегазовых месторождений, строительство и др.).

5. Сформирован комплект картографических материалов крупного и среднего масштаба, включающий растровые данные разновременных космических снимков (и продуктов их тематической обработки), векторные слои контуров оголенных песков на территорию более 17500 кв.км, высокодетальный план модельной котловины выдувания (созданный на основе инструментальной геодезической съемки).

Публикации по проекту:

1. Сизов О.С., Абросимов А.В. Направления использования дистанционных данных при изучении эолового рельефа высоких широт // Геокриологическое картографирование [Электронный ресурс]: проблемы и перспективы: Тез. докл. научн.-практ. конф. с междунар. уч., 5-6 июня, 2013 г. – М.: РУДН, 2013. – С. 124-127.

2. Сизов О.С. Особенности распространения древнего эолового рельефа в пределах центральной и южной частей Западной Сибири // Геоморфология и картография: материалы XXXIII Пленума Геоморфологической комиссии РАН. Саратов: Изд-во Сарат. ун-та, 2013. – С. 442-446.

3. Абросимов А.В., Сизов О.С. Дистанционное картографирование криогенных рельефообразующих процессов в целях создания синтетической карты термоэрозионной опасности / Геоматика. – 2013. – №3. – С. 50-58 [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://geomatica.ru/pdf/2013_03/2013_50-58.pdf, свободный.

4. Абросимов А.В., Сизов О.С. Геопространственное дистанционное обеспечение предотвращения рисков, связанных с термоэрозией, в условиях Крайнего Севера / Геопрофи. – 2013. - №6. – С. 10-14 [Электронный ресурс]. Режим доступа:http://www.geoprofi.ru/default.aspx?mode=binary&id=1722, свободный.

5. Sizov O., Agoltsov A., Rubtsova N. Methodological issues of elaborating and implementing remote environmental monitoring of oil and gas exploration applying satellite images: the Priobskoye oil field (Yugra, Russia) / Energy Procedia. - 2014. - V.00. - №0. - P.00-00. DOI: 10.1016/j.egypro.2014.10.348. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.journals.elsevier.com/energy-procedia/, свободный. *Статья на англ. в печати*

6. С.А. Лоботросова, О.С. Сизов. Признаки стабилизации эоловых форм рельефа в северной тайге Западной Сибири (на примере Надымского стационара) // Окружающая среда и менеджмент природных ресурсов: Тез.

докл. V междунар. конф., 1-3 октября 2014 г. – Тюмень: Изд-во ТюмГУ, 2014. – С. 154-156.

Исполнитель

к.г.н., н.с. О.С. Сизов (Институт криосферы Земли СО РАН);

Ответственный исполнитель:

к.г.н., в.н.с. А.С. Якимов (Институт криосферы Земли СО РАН).