ООО «ГЕОМАРКЕТИНГ»
ООО «Институт геотехники и инженерных изысканий в строительстве»
СРО АССОЦИАЦИЯ «ИНЖЕНЕРНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ»
НП «СОЮЗ ИЗЫСКАТЕЛЕЙ»

XIII Общероссийская научно-практическая конференция и выставка

«ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЙ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ»

МАТЕРИАЛЫ ДОКЛАДОВ

29 ноября – 1 декабря 2017 г.

г. Москва
2017

ООО «Геомаркетинг»

ООО «Институт геотехники и инженерных изысканий в строительстве»

СРО Ассоциация «Инженерные изыскания в строительстве»

НП «Союз изыскателей»

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЙ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

МАТЕРИАЛЫ XIII ОБЩЕРОССИЙСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ ИЗЫСКАТЕЛЬСКИХ ОРГАНИЗАЦИЙ

29 ноября – 1 декабря 2017 г.

МОСКВА
2017

Инженерные изыскания в строительстве.
Материалы Тринадцатой Общероссийской конференции изыскательских организаций.
М.: ООО «Геомаркетинг». 2017. – 589 с.

В сборнике материалов Тринадцатой Общероссийской конференции изыскательских организаций опубликованы доклады, посвященные различным аспектам инженерных изысканий. Материалы представлены сотрудниками крупнейших производственных научно-исследовательских и проектно-изыскательских организаций, вузов.

Сборник предназначен для широкого круга специалистов в области инженерных изысканий, проектирования, строительства, экологии, для студентов и аспирантов профильных вузов.

Редакционная группа: Журавлева Н.А., Висхаджиева К.С.

Кизяков А.И.[1], Лейбман М.О.[2,3], Зимин М.В.[4]

[1]МГУ им. М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра криолитологии и гляциологии, г. Москва, akizyakov@mail.ru
[2]Институт криосферы Земли, Тюменский научный центр СО РАН, г. Тюмень
[3]Тюменский государственный университет, г Тюмень
[4]ГК «СКАНЭКС», г. Москва

ПРИМЕНЕНИЕ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ВОРОНОК ГАЗОВОГО ВЫБРОСА

Использование материалов дистанционного зондирования Земли – аэрофото- и космоснимков давно и прочно вошло в практику инженерных изысканий. Космические снимки успешно применяются на всех этапах жизненного цикла крупных инженерно-технических проектов, начиная со стадии проектирования и заканчивая периодом мониторинга на стадии эксплуатации, а также на стадии консервации или рекультивации используемых земель.

Материалы разновременной съемки широко применяются как при оценке пораженности осваиваемых территорий экзогенными геологическими процессами, так и для мониторинга ландшафтных изменений и определения динамики криогенных рельефообразующих процессов в области распространения многолетнемерзлых пород. Новым, ранее не изученным явлением в области многолетнемерзлых пород стали воронки газового выброса.

Первая из известных воронок (ВГВ-1) была обнаружена вертолетчиками в центральной части полуострова Ямал летом 2014 года. Воронка сразу привлекла к себе внимание мерзлотоведов, а также специалистов нефтегазового комплекса, поскольку образовалась в 4 км к западу от магистрального газопровода «Бованенково-Ухта» – части трубопроводной системы Ямал-Европа. В ходе проведенных полевых исследований группами исследователей из Института криосферы Земли СО РАН, МГУ имени М.В.Ломоносова, Института нефтегазовой геологии и геофизики имени А.А.Трофимука СО РАН собраны данные о криолитологическом строении воронки, проведено опробование стенок и воды внутреннего озера, сделаны первые предположения о происхождении. Для обозначения этого образования исследователями предложен термин «воронка газового выброса» (ВГВ) [3].

Практически сразу после обнаружения ВГВ-1 стала поступать информация о новых подобных объектах в криолитозоне Западной Сибири, по которым выполнен первичный анализ данных дистанционного зондирования [4]. Тем же летом 2014 года из новостных лент стало известно об обнаружении воронки на Гыданском полуострове.

Наша научная группа изучает ВГВ на Ямале и Гыдане начиная с 2014 года комбинируя полевые и дистанционные методы исследования. Космические снимки различного пространственного разрешения применяются нами для решения следующих задач:

1) определение временного интервала образования исследуемых ВГВ;

2) получение ландшафтных и геоморфологических характеристик участков их расположения;

3) количественная и качественная оценка изменений в рельефе, связанных с образованием ВГВ;

4) выявление динамики эволюции образовавшихся ВГВ.

Далее остановимся на рассмотрении получения количественных оценок рельефообразующего эффекта образования ВГВ на примере двух объектов – ВГВ-1 на Центральном Ямале и Антипаютинской воронки (АнтВГВ) на Гыданском полуострове.

Для получения детальных морфометрических характеристик рельефа ключевых участков и реконструкции рельефа, предшествовавшего образованию ВГВ, необходимо построение цифровых моделей рельефа (ЦМР). В качестве исходных данных выбраны наиболее доступные продукты космической стереосъемки сверхвысокого пространственного разрешения (<1м/пиксель). Для достоверного анализа произошедших изменений в рельефе использованы выбранные в глобальных каталогах стереопары со спутников WorldView-1 и WorldView-2 наиболее приближенные ко времени образования ВГВ. Временной интервал образования ВГВ-1 (с 09 октября по 01 ноября 2013 года) установлен в результате анализа серий космических снимков среднего и высокого пространственного разрешения [6]. Дата образования АнтВГВ (27 сентября 2013 года) сообщена местными жителями и заверена в ходе аналогичного анализа космических снимков [2].

В результате фотограмметрической обработки стереопар для каждого из ключевых участков построены плотные ЦМР 2013 и 2014 гг. с шагом сетки в 1 м. Относительная точность построенных ЦМР нами оценена в пределах 0,35–0,55 м.

ЦМР ключевых участков позволили охарактеризовать положение ВГВ относительно основных выделяемых высотных ярусов и элементов мезорельефа и выявить значительные отличия в геоморфологической приуроченности ВГВ (рис. 1). В районе ВГВ-1 на Центральном Ямале наиболее высоким гипсометрическим уровнем являются расчлененные эрозионно-термокарстовыми процессами останцы IV прибрежно-морской казанцевской равнины высотой 42–48 м. Непосредственно сама ВГВ-1 расположена в подножии склона останца террасовидной поверхности, на границе с находящимся рядом хасыреем. Для района АнтВГВ в верховьях р.Юрибей приводораздельные пространства представлены останцами третьей аллювиально-морской террасы высотой 30-50 м. Склоны останцов изрезаны эрозионными формами – оврагами и балками, вдающимися вглубь приводораздельных пространств. АнтВГВ расположена на периферии останца третьей террасы, на перегибе от бровки террасы к склону врезанной в неё балки [2].

Более детально проанализирован рельеф непосредственно в месте образования воронок. Построенные ЦМР подтверждают, что образованию обеих воронок в 2013 году предшествовало существование бугра (рис.2). Однако в размерах этих форм наблюдаются значительные различия. Образованию ВГВ-1 предшествовал крупный бугор – относительной высотой 5–6 м и диаметром основания 45-58 м [1], тогда как на месте АнтВГВ существовал бугор меньший по размерам – относительной высотой 2 м, диаметром основания 20 м [2, 5].

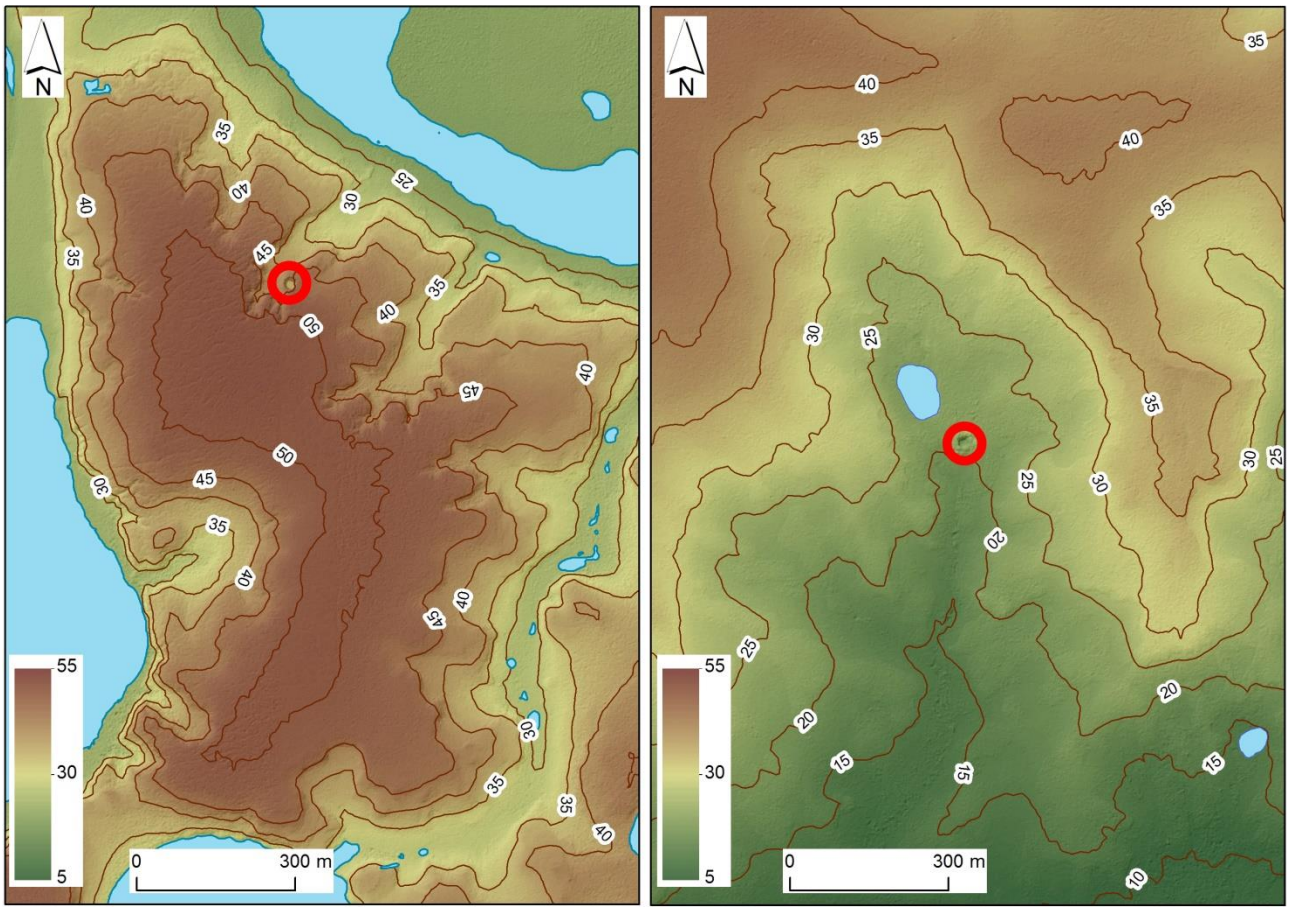

Рис. 1. Цифровые модели рельефа участков образования АнтВГВ на Гыдане (слева) и ВГВ-1 на Ямале (справа)

Полученные результаты свидетельствуют, что наличие значительного по размерам бугра, выступающего на фоне выровненного рельефа, не может являться индикатором предшественников ВГВ для поиска и прогноза новых воронок. Одного анализа ЦМР, построенных на основании сверхвысокодетальных космических снимков, для поиска бугров-предшественников недостаточно.

В результате вычитания разновременных ЦМР 2013 и 2014 гг. получены количественные данные об изменениях в рельефе связанных с образованием ВГВ. Для ВГВ-1 определен объем вынесенного материала (объем частично разрушенного бугра и породы, выброшенной из воронки), составивший 11 200

м^3 и объем материала, отложившийся по периферии в виде бруствера – 1 940 м^3 [1]. Разность объясняется выбросом из воронки льда, растаявшего в течение весенне-летнего сезона 2014 г.

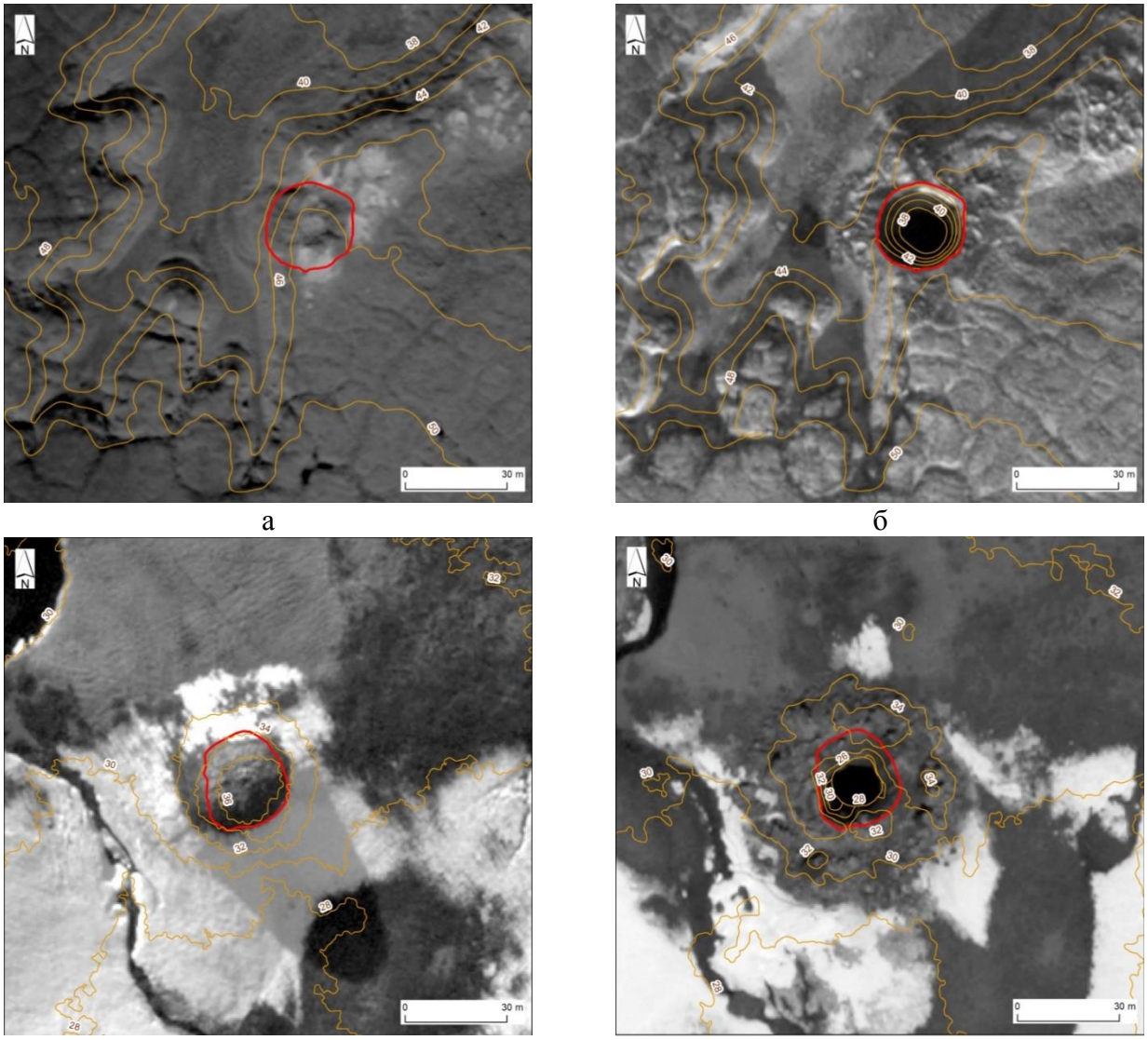

Рис. 2. Космические снимки и изолинии рельефа ключевых участков. (а) АнтВГВ по состоянию на 21.08.2013, (б) АнтВГВ по состоянию на 11.10.2014; на (а) и (б) красная линия – бровка АнтВГВ на 11.10.2014. (в) ВГВ-1 по состоянию на 09.06.2013, (г) ВГВ-1 по состоянию на 15.06.2014; на (в) и (г) красная линия – бровка ВГВ-1 на 15.06.2014

Для АнтВГВ не удалось аналогичным образом посчитать объем вынесенного материала, поскольку отсутствуют данные о глубине воронки. Глубина ВГВ не определяется по стереопарам из-за узости воронок и затенения центральных частей. Этот параметр ВГВ необходимо определять в ходе полевых обследований и использовать для уточнения построенных ЦМР. Для АнтВГВ у нас нет результатов подобных полевых измерений глубины. При этом, в результате анализа ЦМР 2013 и 2014 гг. нами зафиксировано отсутствие

выраженных в рельефе аккумулятивных тел по периферии АнтВГВ (с учетом точности метода). Отсутствие бруствера у АнтВГВ, видимо, объясняется выбросом льда и мерзлого песка, который растаял и оставил на места падения блоков только тонкий песчаный плащ.

В стенках образовавшихся ВГВ обнажаются мерзлые породы и пластовый лед. С таянием мерзлых стенок и обрушением пород связано отступание бровок воронок, которые хорошо дешифрируются на космических снимках субметрового пространственного разрешения. За год с 2014 по 2015 гг. диаметр верхней бровки АнтВГВ увеличился с 25–28 м до 43–47 м. В тот же период диаметр ВГВ-1 вырос с 29 до 52–54 м [5].

Воронки заполняются водой, образуются озера, форма которых, как показали наши наблюдения за эволюцией озера на месте ВГВ-1, приобретают за несколько лет неправильные очертания, отличные от первоначального круглого озера, наследовавшего форму воронки. В 2016 году больший диаметр неправильного в плане озера на месте ВГВ-1 достигал 83-85 м [5].

Таким образом, в результате применения космических снимков для изучения ВГВ нами получены следующие результаты:

– доказано существование бугров, предшествующих образованию ВГВ, получены количественные характеристики этих бугров. Размеры бугров, предшествовавших образованию ВГВ-1 и АнтВГВ, существенно различаются. Высота бугра-предшественника ВГВ-1 составляла 5-6 м, диаметр основания – 45-48 м; на месте АнтВГВ существовала бугор высотой 2 м и 20 м в диаметре [1, 2, 5];

– на настоящий момент не удалось установить достоверные критерии поиска на космических снимках бугров-предшественников из-за существенных различий в размерах;

– установлены различия в геоморфологической приуроченности изученных ВГВ. ВГВ-1 расположена на подножии пологого склона, а АнтВГВ – на бровке останца террасовидной поверхности;

– при наличии достоверных полевых измерений глубины ВГВ, уточненные ЦМР позволяют оценить объем выброшенного и отложившегося по периферии ВГВ материала;

– установлена динамика расширения образовавшихся ВГВ за счет таяния и обрушения мерзлых стенок. За первый год существования воронок ВГВ-1 и АнтВГВ их диаметр увеличился в 1,7–1,8 раза.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (грант 16-17-10203).

Список литературы

1. Геоморфологические условия образования воронки газового выброса и динамика этой формы на Центральном Ямале / А.И. Кизяков, А.В. Сонюшкин, М.О. Лейбман, М.В. Зимин, А.В. Хомутов // Криосфера Земли. 2015. Т. XIX. № 2. С. 15–25.
2. Оценка рельефообразующего эффекта образования Антипаютинской воронки газового выброса по данным спутниковой стереосъемки А.И. Кизяков, А.В. Сонюшкин, А.В. Хомутов, Ю.А. Дворников, М.О. Лейбман // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2017. Т. 14. № 4. С. 67–7. doi:10.21046/2070-7401-2017-14-4-67-75
3. Лейбман М.О., Плеханов А.В. Ямальская воронка газового выброса: результаты предварительного обследования // Холод’ОК. 2014. № 2 (12). С. 9–15.
4. Сизов О.С. Дистанционный анализ последствий газопроявлений на севере Западной Сибири // Геоматика. 2015. № 1. С. 53–68.
5. Comparison of Gas Emission Crater Geomorphodynamics on Yamal and Gydan Peninsulas (Russia), Based on Repeat Very-High-Resolution Stereopairs / A. Kizyakov, M. Zimin, A. Sonyushkin, Y. Dvornikov, A. Khomutov, M. Leibman // Remote Sensing. 2017. Vol. 9 (10). P. 1023. doi:10.3390/rs9101023
6. New permafrost feature: deep crater in Central Yamal, West Siberia, Russia as a response to local climate fluctuations / M.O. Leibman, A.I. Kizyakov, A.V. Plehanov, I.D. Streletskaya // Geography, environment, sustainability. 2014. Vol. 07. № 04. P. 68–80.