



ВСЕРОССИЙСКИЕ ОТКРЫТЫЕ ЕЖЕГОДНЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ  
**"СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО  
 ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА"**

(Физические основы, методы и технологии мониторинга окружающей среды, природных и антропогенных объектов)

Институт космических исследований Российской академии наук

## Конференция

### Пятнадцатая Всероссийская Открытая конференция

«Современные проблемы  
дистанционного зондирования  
Земли из космоса» ИКИ РАН  
13 – 17 ноября 2017 г.

## Архив конференций

### 15-я конференция, 2017

Тринадцатая Всероссийская школа-конференция молодых ученых по фундаментальным проблемам дистанционного зондирования Земли из космоса

тезисы докладов

## Личный кабинет

Редактировать мою учетную запись

Изменить свой e-mail

Изменить пароль

Мои тезисы

## Журнал

«Современные проблемы  
дистанционного зондирования  
Земли из космоса»

## Дополнительная информация

Контакты

Полезная информация

## Подписка/отписка на рассылку новостей

Ваш e-mail:

[подписаться](#)

[отписаться](#)

## Просмотр тезиса

### Изменения микрорельефа на ключевых участках образования воронок газового выброса на полуостровах Ямал и Гыдан по данным спутниковой стереосъемки

**Кизяков А.И. (1), Сонюшкин А.В. (2), Зимин М.В. (1,2), Хомутов А.В. (3,4), Дворников Ю.А. (3), Лейбман М.О. (3,4)**

(1) Географический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия

(2) ГК СКАНЭКС, Москва, Россия

(3) Институт криосферы Земли СО РАН, Тюмень, Россия

(4) Тюменский государственный университет, Тюмень, Россия

Воронки газового выброса (ВГВ) представляют собой достаточно недавно обнаруженное явление в области криолитозоны (Leibman et al., 2014). Первая из известных воронок (ВГВ-1) была обнаружена в центральной части полуострова Ямал летом 2014 года и сразу же привлекла к себе внимание мерзлотоведов и специалистов нефтегазового сектора, поскольку образовалась в 4 км от магистрального газопровода Бованенково-Ухта. В 2014-2017 гг. нами проводились полевые обследования этой формы и выполнен анализ данных дистанционного зондирования с целью получения характеристик рельефа ключевого участка до и после образования воронки (Кизяков и др., 2015).

Практически сразу после обнаружения ВГВ-1 стала поступать информация о новых подобных объектах в Западной Сибири, в частности об обнаружении воронки на полуострове Гыдан, образовавшейся тем же летом 2014 года в 106 км к северо-западу от поселка Антипаюта (АнтВГВ). Для реконструкции рельефа, предшествовавшего образованию этой воронки и оценке произошедших изменений нами по аналогии с работами, выполненными по ВГВ-1, были обработаны стереопары космических снимков сверхвысокого пространственного разрешения (Кизяков и др., 2017).

Ввиду отсутствия как обновляемых крупномасштабных топографических карт, планов, так и инструментальных полевых измерений на ключевых участках до образования ВГВ, для нахождения морфологических характеристик рельефа до и после образования ВГВ были построены цифровые модели рельефа (ЦМР) с плотностью узлов 1 м. В качестве исходных данных для реконструкции рельефа и определения произошедших изменений использовались материалы космической стереосъемки сверхвысокого пространственного разрешения (аппараты WorldView-1 и WorldView-2).

Фотограмметрическая обработка стереопар космических снимков выполнялась в программном пакете ScanEx IMAGE Processor в следующей последовательности: взаимное ориентирование снимков по коэффициентам рационального многочлена третьей степени (RPC); автоматизированное измерение связующих точек; создание нормализованной стереопары (трансформирование снимков в эпиполярную плоскость); автоматизированное построение цифровых моделей поверхности; постобработка полученных цифровых моделей поверхности, в состав которой входило заполнение пустот и артефактов, являющихся следствием неточного вычисления продольного параллакса, при автоматизированном стереоотжествлении; трансформирование полученных моделей в ортографическую проекцию; автоматизированное построение ортофотопланов по левым и правым снимкам стереопар. Относительные погрешности построенных ЦМР оценены в пределах 0,35-0,55 м для различных стереопар. В результате анализа построенных ЦМР ключевых участков определены морфологические характеристики рельефа. Изменения в рельефе рассчитаны как разность двух ЦМР – до и после образования ВГВ. Изменения высоты поверхности до 0,9 м не принимались в расчет, поскольку находятся в пределах суммарной погрешности полученных разновременных ЦМР. Рассматриваемые воронки имеют ряд сходных и отличных черт. Построенные ЦМР позволили выявить различия в условиях геоморфологической приуроченности воронок. АнтВГВ расположена на бровке останца третьей аллювиально-морской террасы, в который врезана балка (Кизяков и др., 2017). Перегиб склона хорошо дренирован, поверхность покрыта полигональными формами микрорельефа с песчаными ветровыми раздувами. ВГВ-1 на Центральном Ямале, расположена на сниженной поверхности южнее останца четвертой казанцевской равнины. Воронка приурочена к подножию пологого склона, переходящего в более низкое, выровненное днище хасырея, примыкающего к расположенному севернее остаточному озеру (Кизяков и др., 2015). Построенные ЦМР подтверждают, что образованию обоих воронок предшествовало существование бугров. Однако наблюдаются значительные различия в размерах этих форм, установленных максимально близко ко времени образования воронок. АнтВГВ предшествовал бугор существенно меньший, чем предшествовавший образованию ВГВ-1, относительная высота которого составляла 5-6 м, диаметр основания 45-58 м. Сходство отмечается в строении обеих воронок - выделяются нижняя цилиндрическая часть и верхний раструб – воронкообразная часть.

Следы выброса материала присутствуют у обоих объектов, однако, вокруг АнтВГВ отсутствует аккумулятивная форма – бруствер, окружающий ВГВ-1. Анализ изменений в рельефе АнтВГВ, полученных вычитанием ЦМР 2013 и 2014 гг., с учетом погрешности метода, свидетельствует об отсутствии аккумулятивных тел, сформировавшихся и сохранившихся в этот временной интервал.

Если аккумулятивные образования и были в октябре 2014 г., то их мощность меньше относительной погрешности разности ЦМР – до 0,9 м. Отсутствие зафиксированных на ЦМР аккумулятивных тел также может быть объяснено таянием выброшенного мерзлого материала, размывом дождем и частичным обрушением в воронку пород, отложенных непосредственно возле бровки.

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

**Ключевые слова:** воронка газового выброса, криогенный рельеф, полуостров Гыдан, полуостров Ямал, дистанционное зондирование, стереосъемка, цифровая модель рельефа

**Литература:**

1. Кизяков А.И., Сонюшкин А.В., Лейбман М.О., Зимин М.В., Хомутов А.В. Геоморфологические условия образования воронки газового выброса и динамика этой формы на Центральном Ямале // Криосфера Земли, 2015, т. XIX, № 2, с. 15–25
2. Кизяков А.И., Сонюшкин А.В., Хомутов А.В., Дворников Ю.А., Лейбман М.О. Оценка рельефообразующего эффекта образования Антипаютинской воронки газового выброса по данным спутниковой стереосъемки // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, 2017, т.14, №4, с. 67–75
3. Leibman M.O., Kizyakov A.I., Plehanov A.V., Streletskaya I.D. New permafrost feature: deep crater in Central Yamal, West Siberia, Russia as a response to local climate fluctuations // Geography, environment, sustainability, 2014, № 04 (v. 07), p. 68-80