

Геолого-геоморфологические и ландшафтно-экологические особенности Пугачевского грязевого вулкана как основа для организации и информационного сопровождения туристического маршрута (остров Сахалин)

© Д. В. Мишуринский*¹, В. В. Ершов², Р. В. Жарков², А. В. Копанина²,
Д. Н. Козлов², Е. В. Лебедева³, И. В. Абдуллаева¹, И. И. Власова², Д. В. Михалев¹

¹Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

²Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, Южно-Сахалинск, Россия

³Институт географии РАН, Москва, Россия

*E-mail: mishurinsk@mail.ru

В результате дешифрирования космических снимков, полевых исследований с использованием беспилотного летательного аппарата выявлены основные черты геоморфологического строения разновозрастных грязевых полей Пугачевского грязевого вулкана (о. Сахалин). Рассмотрены геолого-геоморфологические и ландшафтно-экологические особенности этого памятника природы. Разработаны предложения по усовершенствованию существующего туристического маршрута и его информационному сопровождению, освещающему вопросы геологического строения, формирования и динамики рельефа и природных ландшафтов грязевого вулкана. Использование научно обоснованной информации об этом памятнике природы, подготовленной специалистами и охватывающей различные аспекты данного явления – геологические, геоморфологические, ботанико-экологические, позволит расширить естественнонаучный кругозор разных социальных и возрастных групп населения и сформировать бренд Макаровского района и о. Сахалин в целом.

Ключевые слова: грязевой вулканизм, рекреационно-геоморфологическая информация, памятник природы, локальная флора, природные ландшафты.

Geological-geomorphological and landscape-ecological features of the Pugachev Mud Volcano as a basis for organization and information support of the tourist route (Sakhalin Island)

*Dmitriy V. Mishurinskij**¹, *Valery V. Ershov*², *Rafael V. Zharkov*², *Anna V. Kopanina*²,
*Dmitriy N. Kozlov*², *Ekaterina V. Lebedeva*³, *Iona V. Abdullaeva*¹, *Inna I. Vlasova*², *Dmitry V. Mikhalev*¹

¹Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

²Institute of Marine Geology and Geophysics, FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

³Institute of Geography RAS, Moscow, Russia

*E-mail: mishurinsk@mail.ru

The main features of geomorphological structure of mixed-age fields of the Pugachevo Mud Volcano (Sakhalin Island) have been identified on the base of space image analysis, field observations and using of an unmanned aerial vehicle. Geological, geomorphological and landscape-ecological features of this natural landmark are unique. Authors offer options for improving tourist routes and their information support (geological structure, formation and dynamics of the relief and natural landscapes of the mud volcano). Using of science-based information about this natural landmark, prepared by experts cover various aspects of this phenomenon, will be useful for tourism organization and can help to expand the natural scientific horizons of different social and age groups of tourists and form a brand name of Makarov district and Sakhalin Island.

Keywords: mud volcano, recreational-geomorphological information, natural monument, local flora, landscapes.

Введение

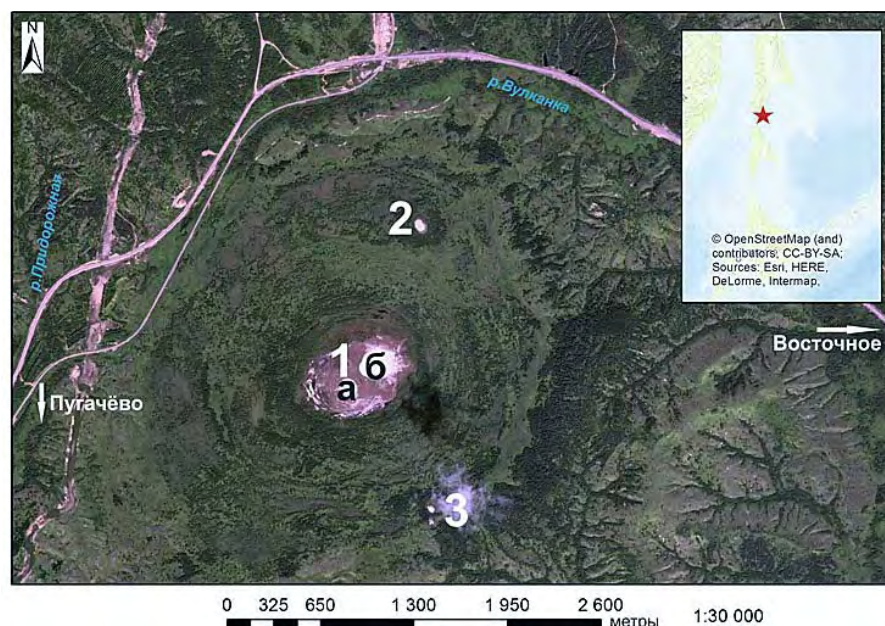
Остров Сахалин (Сахалинская область) является единственным регионом на Дальнем Востоке России, где известны наземные грязевые вулканы. Здесь традиционно выделяют четыре участка проявления наземного грязевого вулканизма, наиболее крупные и активные из них Южно-Сахалинский и Пугачевский. Группа Пугачевских грязевых (газоводолитокластитовых) вулканов (Главный Пугачевский, Малый Северный Пугачевский и Малый Южный Пугачевский) расположена на о. Сахалин севернее перешейка Поясок и хребта Жданко, в 45 км к югу от г. Макаров, вблизи сел Пугачёво и Восточное, в 3 км к западу от побережья Охотского моря. Далее в тексте (если не оговаривается иное) эту группу будем для простоты называть Пугачевским грязевым вулканом.

Рельеф центральной части острова представлен средневысотными резко расчлененными горами с абсолютными отметками до 1400 м с постепенным понижением уровня междуречий к охотоморскому побережью. В районе Пугачевского вулкана абсолютные отметки водоразделов не превышают 100–300 м над ур. м. [Атлас... , 1967]. Вулкан представляет собой эллипсоидную в плане караваяобразную пологосклонную возвышенность размерами 2.5×2 км (рис. 1), вытянутую с северо-востока на юго-запад. Общий перепад высот на вулкане не превышает

10 м – центральная часть поднимается до 58 м над ур. м., а на окраинах отметки составляют 48–50 м. По заключению [Мельников, 2011], по периферии вулкан окружен авулканическими грядами с высотами до 80–90 м над ур. м. Вулкан сложен плотной глинистой массой с включениями обломков песчаников. Современная вулканическая деятельность сосредоточена в пределах трех грязевых полей: наиболее крупного – центрального и двух небольших – северного и южного, находящихся от центрального поля в 600 и 500 м к северу и югу соответственно.

Климат рассматриваемого региона можно охарактеризовать как муссонный умеренный, он формируется благодаря значительному влиянию Тихого океана, барьерному воздействию горного рельефа на крупные долины и западное побережье, а также холодному Восточно-Сахалинскому течению. В существенной мере влияние последнего фактора распространено на восточном побережье, при этом на западном побережье климат смягчается за счет теплых япономорских вод и Цусимского течения. Климат характеризуется продолжительной снежной зимой (средняя температура воздуха января от -23 до -30 °С) и относительно прохладным летом с частыми дождями (средняя температура августа до $+16$ °С), среднее годовое количество осадков колеблется от 800 до 1000 мм [Атлас... , 1967; Справочник ... , 2003].

Рис. 1. Группа Пугачевских грязевых вулканов (1 – Главный Пугачевский вулкан (а – западное поле, б – восточное), 2 – Малый Северный Пугачевский вулкан, 3 – Малый Южный Пугачевский вулкан). Спутниковый снимок Bing, 2017 г. (maps.bing.com).



Территория располагается в подзоне темнохвойных лесов с доминированием ели *Picea ajanensis* (Lindl. et Gord.) Fisch. ex Carr. на буро-таежных почвах в Западно-Сахалинском ботанико-географическом районе [Крестов и др., 2004]. Лиственничные леса занимают ограниченные площади на слабо дренированных равнинных участках, именно таких, как территория Пугачевского грязевого вулкана. На территории района проходит северная граница распространения восточноазиатских растений (*Actinidia*, *Aralia*, *Eleutherococcus* и других). Для этого района в целом, и для Пугачевского грязевого вулкана в частности, характерно присутствие эндемичных растений, причем 7 видов из них распространены только здесь (*Artemisia limosa* Koidz., *Deschampsia tzvelevii* Probat., *Gentianella sugawarae* (Hara) Czer., *Oxytropis bracteolata* Vass., *Pulsatilla sachalinensis* Hara, *Saussurea ainorum* Barkalov, *Taraxacum sugawarae* Koidz.). Почти все они – неоэндемичны, сравнительно молодые виды, представляющие собой расы более широко распространенных северных видов [Крестов и др., 2004].

Решением Сахалинского облисполкома от 19.05.1983 г. № 186 Группа Пугачевских грязевых вулканов была объявлена памятником природы регионального значения (<http://tourism.sakhalin.gov.ru>, <http://les.sakhalin.gov.ru>). Однако фактически группа является уникальным объектом для всей России, так как помимо о. Сахалин грязевой вулканизм известен только в Керченско-Таманском регионе. Согласно законодательству «Об особо охраняемых природных территориях Сахалинской области» (<http://tourism.sakhalin.gov.ru>), приоритетными задачами охраны и использования ООПТ являются вопросы сохранения биоразнообразия и окружающей среды, устойчивого развития территории и приоритетного использования ООПТ в научно-исследовательских, образовательных, культурно-познавательных целях, в том числе для организации рекреационной деятельности. В советское время грязи вулкана использовались и в лечебных целях – в профилакториях и здравницах города Макаров (<http://admmakarov.ru/city/turpass/>).

В настоящий момент на территории этого памятника природы не установлен полноценный режим охраны, но довольно активно ведется неорганизованная туристическая деятельность. Без грамотно проложенных троп, правильного зонирования ООПТ по функциональным кластерам, а также доступной научно обоснованной информации для посетителей как о самом памятнике (истории формирования, строения, изменяющих его процессах, составе выбросов, растительности и др.), так и об окружающем биологическом разнообразии, природных экосистемах и их подержании в первозданном виде неопределимый потенциал этого комплекса теряет смысл.

Одним из важнейших направлений развития Макаровского района, как и Сахалина в целом, является экологический туризм. Для его обеспечения необходимо определение роли памятника природы в системе ООПТ региона, формирование стратегии развития окружающей его инфраструктуры, определение рекреационной емкости, разработка и создание научно обоснованных маршрутов, оборудование экологически безопасных троп природы. Важно также создание качественных информационных материалов – путеводителей и стендов, с помощью которых формируется осознанное и неразрушительное поведение на территории памятника.

Материалы и методы

Уже более 70 лет (к.г.-м.н. Е.М. Смахов впервые обследовал вулкан летом 1946 г.) сотрудники Института морской геологии и геофизики ДВО РАН занимаются изучением природы и геологии Сахалинской области, в том числе наблюдениями за деятельностью Пугачевского грязевого вулкана. В августе 2018 г. вулкан был обследован с использованием беспилотного летательного аппарата (БПЛА) DJI Phantom 4 PRO (максимальный размер фотоизображений 5472×3648 пикселей), которым управлял к.г.н. Р.В. Жарков. В экспедиции приняли участие сотрудники географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова и Института географии РАН. Комплекс геолого-геохимических и геоэкологических исследований включал отбор проб брекчии,

жидкой и газообразной составляющих изверженных продуктов вулкана, составлены краткие геоботанические описания растительности и взяты образцы растений на анализ содержания различных химических элементов. Выполнены также барометрическое нивелирование грязевых полей и профилирование с использованием GPS-приемников. Современный БПЛА использован на Пугачевской группе грязевых вулканов впервые. С его помощью удалось отснять поверхность грязевых полей с высоты 250–300 м для оценки их текущей активности, характера зарастания и участия в этом процессе доминирующих видов растений. В результате съемки получены подробные фото- и видеоматериалы высокого разрешения Центрального и Южного грязевых полей, которые позволят при дальнейшем мониторинге с помощью БПЛА проследить динамику изменения активности грязевого вулкана и трансформации растительности на этой территории.

Кроме того, был осуществлен блок геоморфологических исследований: полевая проверка ранее дешифрированных космических снимков территории вулкана и корректировка составленной геоморфологической карты, геоморфологическое профилирование активных грязевых полей, описание микрорельефа сопочной брекчии и анализ динамики изменения морфологии центров излияний. Удалось также оценить рекреационный потенциал территории памятника.

Следует отметить, что в литературе по национальным паркам [Feuillet, 2010; Thomas, 2012; Reynard, 2016] в структуре рекреационно-геоморфологической информации о них основной упор, как правило, делается на обсуждение вопросов биоразнообразия, а геолого-геоморфологическая характеристика остается на втором плане. В нашем случае памятник природы является интереснейшим геолого-геоморфологическим объектом, поэтому необходимо комплексное информирование посетителей с использованием карт, схем, диаграмм, фотоматериалов и другой инфографики, отражающей основные объекты, историю их формирования, современную динамику.

Результаты и обсуждение

Грязевой вулканизм – это интересное геологическое явление, обусловленное процессами дефлюидизации Земли в разломных зонах земной коры. Грязевые вулканы широко распространены на Земле и встречаются как на суше, так и в морских бассейнах. Как правило, они приурочены к зонам альпийской складчатости, где в кайнозойскую эру происходило наиболее интенсивное опускание и накопление мощных осадочных толщ (от 10 до 25 км). Однако на Дальнем Востоке России наземные грязевые вулканы известны только на о. Сахалин. Здесь традиционно выделяют четыре участка проявления грязевого вулканизма: группа Пугачевских вулканов и вулкан Восточный в Макаровском районе, Южно-Сахалинский вулкан в Анивском районе, Лесновский в Корсаковском районе, Дагинские грифоны в Ногликском районе.

По поводу генезиса грязевых вулканов и механизма их деятельности до сих пор не существует единого мнения. В.Н. Холодов при объяснении природы грязевого вулканизма выделяет три основных направления [Холодов, 2002]. Первое из них утверждает эндогенный генезис грязевых вулканов. Считается, что грязевые вулканы генетически и морфологически связаны с магматическими вулканами. Наличие диапировых структур в областях проявления грязевого вулканизма объясняется результатом действия глубинных интрузий. Представители второго направления главным фактором, определяющим возникновение грязевых вулканов, считают геодинамический – развитие диапировых складок, пологих надвигов или глубинных разломов, т.е. тектонические движения. Полагают, что большие массы грязевулканической брекчии могли образоваться лишь благодаря огромным надвигам. Эти массы брекчии, пропитанные водой, иногда нефтью и газами, являются наиболее подвижным материалом, который выдавливается по раздробленным сводам антиклиналей и зонам разломов на поверхность. И согласно третьему направлению, образование грязевых вулканов связывается с формированием

и разрушением месторождений нефти и газа. Избыточное давление, обуславливающее прорыв грязевулканической брекчии на дневную поверхность (извержение вулкана), объясняют воздействием сконцентрированных в недрах углеводородных газов. Аномально высокие пластовые давления в областях развития грязевого вулканизма могут возникать, например, при наличии в недрах крутозалегающих залежей большой высоты. При этом считается, что разрывные нарушения лишь облегчают возникновение грязевых вулканов.

Грязевой вулканизм на о. Сахалин изучался с 20-х годов XX в. сначала японскими учеными М. Уэдо и Ф. Сайго, преимущественно в контексте вопросов защиты хозяйственных объектов (железных дорог) от выбросов сопочной брекчии, а затем и российскими – А.А. Сычевой, Е.М. Смеховым, И.М. Сирьком, А.Я. Ильевым, А.А. Якубовым, О.А. Мельниковым и др. [Мельников, 2011; Веселов и др., 2012] с целью выяснения геологического строения вулканов, геохимии сопочной брекчии и газов, установления связи проявлений грязевулканической активности с сейсмичностью региона и развитием нефтегазоносных структур. Из-за территориальной удаленности Пугачевского вулкана наблюдения проводились с недостаточной регулярностью и с большими промежутками (1938, 1947–1950, 1968–1970, 1980, 1999–2007, 2011–2018 гг.), что затрудняло мониторинг протекающих там процессов, в том числе и самих извержений.

Пугачевский грязевой вулкан приурочен к сейсмически активному району Сахалина, а именно к Центрально-Сахалинскому разлому [Мельников, 1987; Сапрыгин, 2003]. О генетической связи Главного Пугачевского вулкана с Центрально-Сахалинским разломом свидетельствует закономерность расположения его грязевых полей и активных грифонов на них. Центрально-Сахалинский (Тынь-Поронайский) взбросо-надвиг является одной из самых крупных дизъюнктивных дислокаций о. Сахалин [Мельников, 1987; Мельников, Ершов, 2010]. Разлом имеет меридиональное простирание, протягиваясь вдоль почти всего острова. По взбросо-надвику с

запада на восток меловые отложения взброшены или надвинуты на палеоген-неогеновые отложения. Амплитуда взбросо-надвига достигает многих сотен метров. Плоскость сместителя наклонена на запад под разными углами – от 20° до 80°. С глубиной предполагается выполаживание наклона поверхности сместителя. Отметим, что с подвижками по Центрально-Сахалинскому и оперяющим его разломам связывается высокая сейсмическая активность на юге острова [Сафонов, 2008]. Вулкан расположен в поле распространения мощной (до 3 км) высокопластичной алевролитно-аргиллитовой верхнемеловой толщи – быковской свиты, имеющей повышенную пористость (до 18 %) (рис. 2). По результатам геофизического моделирования [Веселов и др., 2012] предполагается, что свиты, лежащие ниже быковской, служат источником углеводородных газов, которые по зонам трещиноватости и разуплотнения пород Центрально-Сахалинского взбросо-надвига

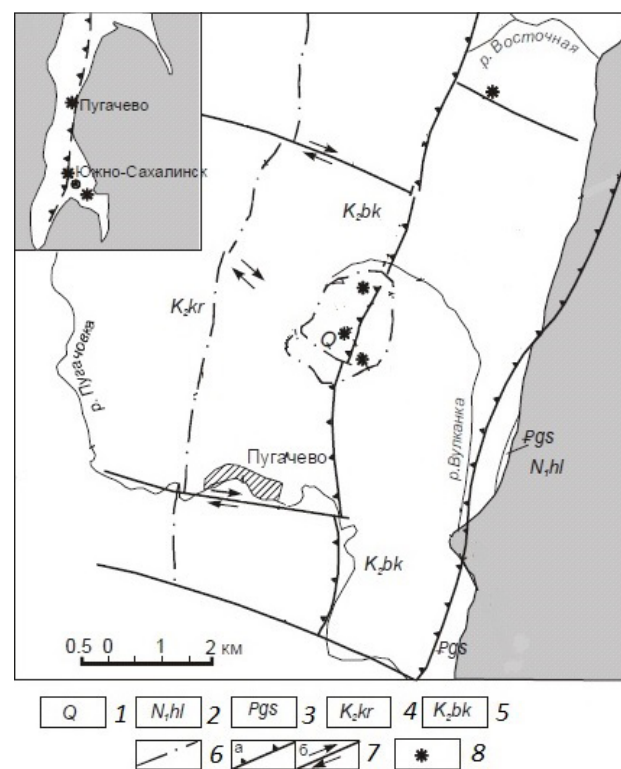


Рис. 2. Геологическая карта группы Пугачевских вулканов (по [Веселов и др., 2012] с изменениями). Разновозрастные отложения: 1 – четвертичные (Q), 2 – холмская свита (N₁hl), 3 – гастелловская свита (Pgs), 4 – красноярская свита (K₂kr), 5 – быковская свита (K₂bk) 6 – стратиграфические границы; 7 – разрывные нарушения: а – надвиги, б – сдвиги; 8 – грязевые вулканы.

поступают на поверхность с глубины 5–6 км, где существуют термобарические условия для их формирования.

Группа Пугачевских вулканов весьма активна, характеризуется частыми извержениями. Зафиксированные извержения Пугачевского грязевого вулкана происходили в 1906, 1911, 1929, 1933, 1934, 1935, 1948, 1952, 1961, 1967, 2002, 2003, 2005 гг. Наиболее часто здесь извергается Главный Пугачевский вулкан. Относительная труднодоступность этого вулкана свидетельствует о высокой вероятности пропуска его извержения.

Извержение Главного Пугачевского вулкана 2005 г., как показали исследования [Ершов, Мельников, 2007], имело необычный характер. Почти все извержения этого вулкана заканчивались истечением из одного отверстия грязевулканической брекчии и равномерным ее растеканием во все стороны от центра излияния. В результате возникало очередное – округлое по форме – грязевое поле. Исключением было извержение в мае 1934 г. Оно было наиболее крупным по размерам образовавшегося грязевого поля и происходило из трех или четырех эруптивных центров. Извержение же 2005 г. было на порядок более мощным, чем большинство прежних извержений, и носило разнородный многоактный характер. Оно характеризовалось наличием нескольких центров извержений, а также асинхронностью и различной интенсивностью их действия. Расположение всех трех центров извержений на одной линии восток-северо-восточного простирания указывает на их общую приуроченность к зоне Центрально-Сахалинского разлома [Ершов, Мельников, 2007].

Данные о многократно зафиксированных в прошлом извержениях Главного Пугачевского вулкана позволяют предположить многогранный характер периодичности для извержений разной силы. Для этого вулкана можно говорить по крайней мере о двух таких рангах – периодичности в несколько лет для сравнительно слабых извержений (1–2 года из одного центра) и периодичности для сильных извержений, которую можно оценить в несколько десятков лет (65–75 лет, из не-

скольких центров) [Мельников, 2011; Ершов, 2013]. Однако пока зафиксировано всего два случая крупных извержений – в 1934 и 2005 гг. Поэтому вывод о том, что извержения разной силы могут иметь различную периодичность, пока недостаточно обоснован.

По данным многолетних наблюдений [Ершов, 2013], в прошлом диаметр полей достигал 50–200 м, а в августе 2018 г. диаметр свежего (без растительности) западного центрального поля составлял 250 м, восточного – 100 м. На снимках разных лет (рис. 3) хорошо видно изменение площади излияний сопочной брекчии в центральной части вулкана во времени. Столь сильные изменения подтверждают, что вулкан является довольно активным образованием, периодически меняющим свою морфологию. Такие природные объекты всегда вызывают живой интерес у посетителей.

Центробежный, в целом, рисунок речной сети и наличие дугообразных участков долин рек, огибающих вулкан, позволяют предположить его приуроченность к куполовидному поднятию [Александров, 1984]. Долины окаймляющих грязевой вулкан рек широкие, с хорошо развитой высокой поймой, в верховьях имеют асимметричный ящикообразный поперечный профиль: их высокие борта (до 20 м над урезом р. Придорожная и до 40 м над урезом р. Вулканка) обращены к отрогам Камышового хребта, а низкие – к вулкану, к которому смещены и их русла.

Щитообразная поверхность вулкана с уклонами порядка 1–2° осложнена системой концентрических валов сопочной брекчии, разделенных пологими часто заболоченными ложбинами (рис. 4), что хорошо дешифрируется на аэрофото- и космических снимках. Ширина валов достигает 5–7 м, а высота – 2 м. При приближении к центральному грязевому полю размеры валов и ложбин постепенно уменьшаются, практически сходя на нет. В центральной, наиболее возвышенной части вулкана расположено лишенное растительности главное грязевое поле, сложенное сопочной брекчией. Оно включает два центра современной активности – западный и восточный – размерами соответственно

240 × 250 и 100 × 120 м и превышением над окружающей поверхностью не более 1–1.2 м. В пределах этих центров отчетливо дешифрируются поля трех генераций. Анализ разновременных снимков (рис. 3) показывает, что активность, а следовательно, и размеры грязевых полей в значительной мере меняются во времени. Так, вплоть до 2012 г. более обширным было восточное поле, а в настоящее время – западное.

В пределах центральных грязевых полей видны следы трех излияний сопочной брекчии в виде концентрических кругов, два из которых, наиболее молодых, полностью лишены растительности, а третий начинает зарастать. При движении от центра грязевых полей к окраинам можно заметить постепенное усложнение их микрорельефа (рис. 5). Центральная часть сложена наиболее свежей сопочной брекчией. Это плоская мелкобугристая поверхность с перепадами высот в несколько сантиметров, с отдельно стоящими грифонами и развитой системой трещин, формирующихся при высыхании сопочной брекчии. Ближе к окраинам центрального поля увеличивается уклон поверхности, вы-

сота бугров измеряется уже первыми десятками сантиметров, появляется зачаточная эрозионная сеть. На границе с более старым полем сформировалось относительное понижение, на отдельных участках заполненное водой, здесь поверхность старого поля имеет слабый обратный уклон – в сторону центра. Практически повсеместно отмечаются грифоны высотой от 25 до 45 см, а также грязевые сальзы в виде понижений глубиной до 15 см и размерами 0.7 × 0.3 м.

В целом рельеф грязевого поля имеет микроступенчатый профиль – плоские ступени перемежаются с участками слабобугристых пологих склонов (2–3°), что, видимо, связано с импульсным поступлением сопочной брекчии на поверхность. На окраине грязевого поля прослеживаются протяженные эрозионные борозды длиной до первых десятков метров, пересекающие пологие склоны.

На юго-западной окраине третьего от центра, еще более старого участка поля, которое в настоящее время находится на стадии зарастания травянистой растительностью, отмечаются две гряды с как бы насаженными на их склоны грифонами высотой от 0.3 до

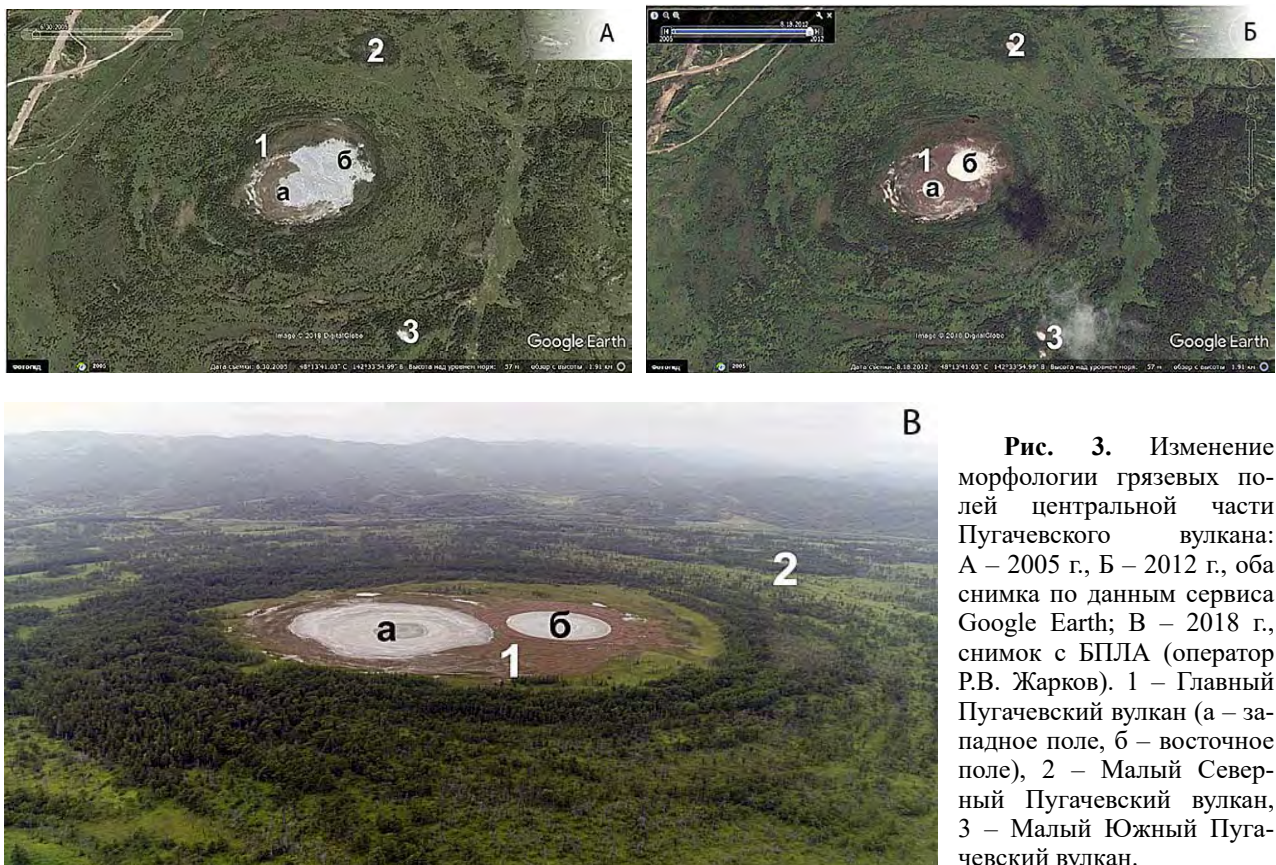


Рис. 3. Изменение морфологии грязевых полей центральной части Пугачевского вулкана: А – 2005 г., Б – 2012 г., оба снимка по данным сервиса Google Earth; В – 2018 г., снимок с БПЛА (оператор Р.В. Жарков). 1 – Главный Пугачевский вулкан (а – западное поле, б – восточное поле), 2 – Малый Северный Пугачевский вулкан, 3 – Малый Южный Пугачевский вулкан.

1–1.2 м. От них отходят трещины глубиной до 0.2 м. По периметру третий контур также обводнен. Далее от центра излияний поверхность вулкана покрыта травянистой и молодой древесной растительностью.

Растительность Группы Пугачевских вулканов изменяется по составу и структуре в направлении от эруптивного центра к периферии вулкана. В этом направлении изменяется возраст отложенной сопочной брекчии, при этом в смене растительных сообществ отчетливо различимы границы отложений брекчии отдельных извержений – отдельных грязевых полей. На свежих отложениях грязевого вулкана, возраст которых от нескольких лет до нескольких десятилетий, травянистые одно-двулетники сменяются многолетними травами, затем растительными сообществами с участием кустарниковой ивы *Salix fuscescens* Anderss., на более старых отложениях произрастают

деревья, кустарники, многолетние травы с незначительным участием малолетних трав. Так, первую зону зарастания изверженной сопочной брекчии занимает пионерное сообщество, состоящее из *Deschampsia tzevelevii* и куртин пионерных мхов. Вторая зона зарастания объединяет сообщества *Triglochin palustre* – *Deschampsia tzevelevii*, *Primula sachalinense* – *Deschampsia tzevelevii*, *Gentianella sugawarae* – *Primula sachalinensis*, *Festuca rubra* – *Artemisia limosa*. Третью зону зарастания образуют следующие сообщества: *Eleocharis kamtschatica*, *Dicranum* – *Salix fuscescens*, *Salix fuscescens* – *Hedysarum sachalinense*, *Salix fuscescens* – *Calamagrostis neglecta* [Корзников, 2015 а, б]. Далее за травянистой и кустарниковой растительностью сравнительно молодых отложений грязевого вулкана располагается лиственный лес из *Larix gmelinii* (Rupr.) Rupr. с отдельными деревьями *Abies sachalinensis*,

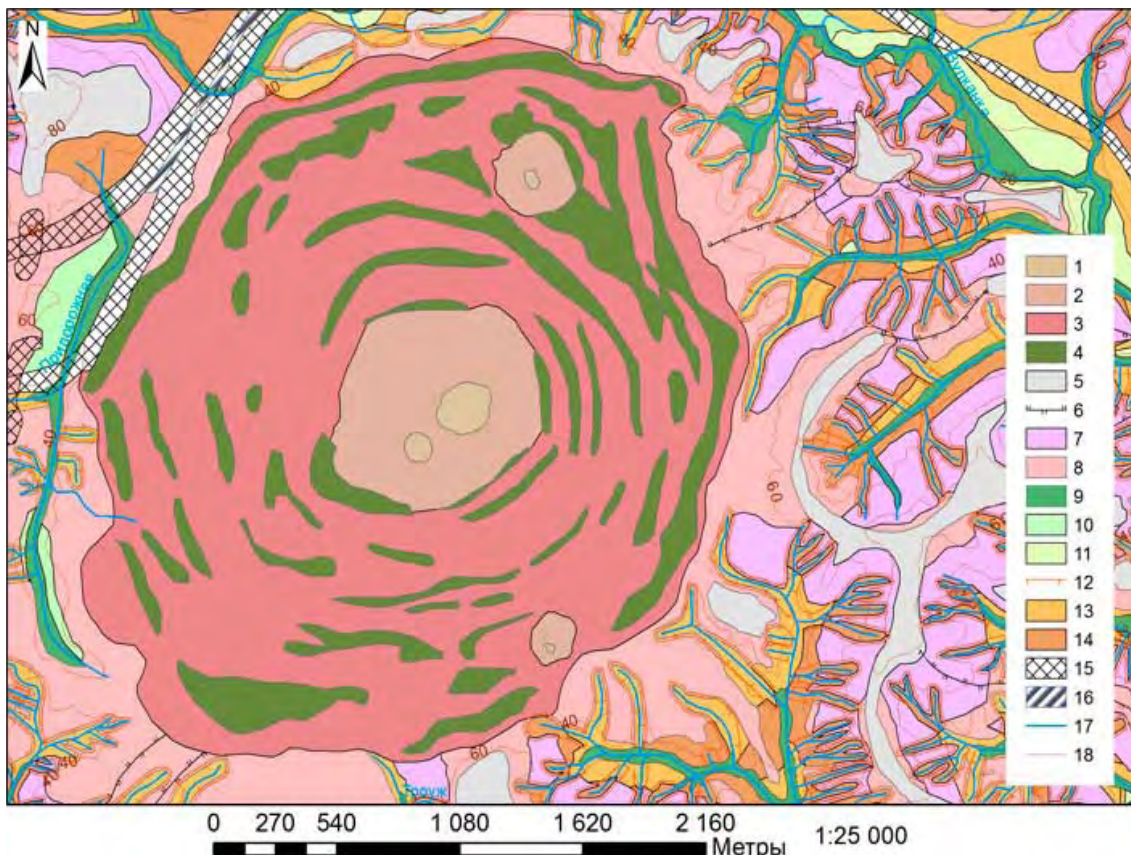


Рис. 4. Схема дешифрирования космических снимков Yandex Группы Пугачевских грязевых вулканов (сост. Д.В. Мишуринским). Грязевулканический рельеф: 1 - поля свежей сопочной брекчии, 2 - склоны молодых потоков, 3 - древние валы сопочной брекчии, 4 – межваловые понижения; 5, 6 – вершинные поверхности: плоские (5) и гребневидные (6); 7, 8 – структурно-денудационные склоны крутизной более 8° (7) и менее 8° (8); 9–14 – флювиальный рельеф: днища долин с низкой поймой (9), высокая пойма (10), первая терраса (11), бровки малых эрозионных форм (12), эрозионные склоны крутизной менее 8° (13) и более 8° (14); 15, 16 – антропогенный рельеф: дорожные насыпи (15), заболоченные понижения (16); 17 – реки; 18 - горизонтали (проведены через 20 м).



Рис. 5. Снимок западного центрального поля Главного Пугачевского грязевого вулкана с помощью БПЛА (оператор Р.В. Жарков), отражающий особенности его микрорельефа (высота съемки 250 м над поверхностью грязевого поля).

Picea ajanensis и *Alnus hirsuta* (Spach) Fisch. ex Rupr. Мозаичный характер в распределении растительных сообществ вносят особенности мезорельефа и связанного с ним характера увлажнения, а также неоднократные рубки и пожары.

Уникальна и локальная флора Группы Пугачевских грязевых вулканов. Среди грязевых вулканов о. Сахалин и, вероятно, грязевых вулканов Евразийского континента она выделяется наличием узкоэндемичных видов сосудистых растений, распространенных исключительно на относительно свежих выбросах сопочной брекчии (молодых грязевых полях): *Primula sachalinensis* Nakai, *Gentianella sugawarae*, *Artemisia limosa*, *Deschampsia tzevelevii* [Попов, 1949; Баркалов и др., 2006; Корзников, 2015a]. При этом исследователи отмечают у этих эндемиков непостоянство морфологических признаков, а именно наличие признаков переходного типа, сходных с признаками близких таксонов. Для них характерно большое разнообразие форм листовой пластинки и ее края, частей цветков, плодов, опушения и других признаков, что свидетельствует об активном процессе формирования среди эндемичных таксонов грязевого вулкана [Баркалов и др., 2006]. Участие эндемичных таксонов травянистых растений в растительных сообществах грязевого вулкана снижается по мере удаления от эруптивного центра. В целом локальная флора Пугачевского грязевого вулкана является бореальной, с заметным участием видов, характерных для сахалинской тайги, с незначительным участием заносных элементов.

Исследователи, описывающие флору и растительность Группы Пугачевских гря-

зевых вулканов, под вулканом понимают только эруптивный центр и отложения изверженной сопочной брекчии, возраст которых исчисляется несколькими десятилетиями. Мы считаем, что Пугачевский грязевой вулкан занимает гораздо более обширную площадь, включающую отложения, возраст которых несколько сотен лет и более. На этой территории ландшафт в значительной степени преобразован деятельностью вулкана – изменен рельеф, деформирована речная сеть, и, следовательно, трансформированы основные абиотические факторы экосистемы, определяющие формирование растительности. Границы грязевого вулкана и изменение растительности на старовозрастных отложениях вулкана только предстоит изучить. Это необходимо не только для локации уникального природного объекта и понимания процессов формирования растительности под действием грязевулканической деятельности, но и для определения территорий, наиболее привлекательных в туристском плане.

Необходимо обратить внимание, что при возрастании рекреационной нагрузки на территории, занятые Пугачевским грязевым вулканом, в уязвимом положении окажется его флора и растительность, прежде всего в связи с внедрением большего числа адвентивных растений по тропам и дорогам, увеличением числа антропогенных пожаров.

Выводы и рекомендации

При обследовании Пугачевского грязевого вулкана, проведенном в августе 2018 г., установлено, что в настоящее время отсут-

ствуется информирование посетителей этого памятника природы, раскрывающее суть явлений и происходящих процессов. Неорганизованные группы туристов обследуют вулкан на свой страх и риск. Информационные стенды на Южно-Сахалинском грязевом вулкане подготовлены неспециалистами и содержат много фактических неточностей и ошибок. Эти стенды не ориентируют туристов на познавательную-созерцательную деятельность, бережное отношение к уникальному и уязвимому природному объекту. Ничем не лимитированная активность туристов ведет к разрушению данного памятника природы, замусориванию, заселению площади агрессивными сорными растениями и деградации его и окружающей территории. Поэтому для полноценного функционирования особо охраняемых территорий – грязевых вулканов о. Сахалин как туристически привлекательных объектов необходимо подбирать и в адаптированном виде предлагать научно обоснованную информацию о наблюдаемых природных процессах и явлениях, раскрывающую их суть, способную привлечь и заинтересовать посетителей.

Существующий в настоящее время и достаточно активно используемый маршрут по Пугачевскому грязевому вулкану, предложенный администрацией Макаровского района (<http://admmakarov.ru/city/turpass/>), требует существенной доработки. В первую очередь его следует дополнить точками, в которых есть возможность разместить плакаты/стенды с геолого-геоморфологической, геоэкологической и сопутствующей физико-географической информацией для посетителей. Перед началом движения необходимо дать туристам общие сведения о маршруте: его протяженности, максимальных превышениях, ориентировочном времени преодоления, проходимости тропы, о возможных опасностях геолого-геоморфологического характера (деформации земной поверхности в зоне эруптивного центра, формирование трещин и новых грифонов, мощные выбросы материала и др. [Ершов, 2015]), о поведении при встречах с дикими животными, а также с рекомендациями по стилю одежды и лучшему

времени для посещения памятника природы.

При движении к основному грязевому полю вулкана важно обратить внимание посетителей на изменяющуюся геолого-геоморфологическую ситуацию – выровненный характер рельефа с пологими валами и ложбинами после спуска с окаймляющих гряд. Крайней точкой маршрута являются центральные грязевые поля Пугачевского вулкана, которые постоянно меняются как по площади, так и по морфологии в результате извержений и планомерного экстрезивного выдавливания сопочной брекчии. Здесь необходимо обратить внимание на особенности зарастания грязевых полей вулкана – от пионерных растений до сложных лесных сообществ, как фактора, отражающего динамику вулкана, наличие эндемичных и особо охраняемых видов, причины развития заболоченности и особенности болотной растительности. Интересен и сам микрорельеф грязевых полей и деятельность грифонов – «дыхание» вулкана. Кроме того, тропа по болотистой местности должна быть грамотно оборудована – построены настилы и поручни, в том числе для маломобильных групп граждан.

Стенды о вулкане должны быть понятны посетителям, не имеющим специального образования. Информацию нужно дополнять визуальным рядом: фотографиями, простыми геологическими разрезами, схемами развития рельефа и растительности, а необходимые научные термины – доходчиво объяснять. Помимо этого туристам должен быть доступен путеводитель или краткий очерк в виде буклета, содержащий геолого-геоморфологическую информацию, карты с маршрутом и сопутствующей инфраструктурой, расписанием местного транспорта (автобусов, поездов), а также климатической и медико-биологической информацией (опасность клещевого энцефалита).

Собранные во время обследования материалы могут служить основой для разработки полноценного маршрута рекреационно-геоморфологической тематики, в котором рельеф грязевого вулкана, его динамика выступает главным объектом для ведения рекреационной деятельности.

Список литературы

1. Александров С.М. *Остров Сахалин*. М.: Наука, 1984. 184 с.
2. *Атлас Сахалинской области*. М.: Гл. упр. геодезии и картографии при Совете министров СССР, 1967. 135 с.
3. Баркалов В.Ю., Кожевников А.Е., Смирнов А.А., Царенко Н.А. Особенности растительного покрова грязевого вулкана Пугачева (Южный Сахалин) // *Комаровские чтения*. 2006. Вып. 52. С. 127–147.
4. Веселов О.В., Волгин П.Ф., Лютая Л.М. Строение осадочного чехла Пугачевского грязевулканического района (о. Сахалин) по данным геофизического моделирования // *Тихоокеан. геология*. 2012. Т. 31, № 6. С. 4–15. [Veselov O.V., Volgin P.F., Lyutaya L.M. Structure of the sedimentary cover of the Pugachevo mud volcano area in Sakhalin: Evidence from geophysical modeling. *Russian J. of Pacific Geology*, 2012, 6: 413–422. <https://doi.org/10.1134/S1819714012060085>]
5. Ершов В.В. Проблемы и методы геомониторинга и оценки опасности грязевулканической деятельности // *Анализ, прогноз и управление природными рисками в современном мире (Геориск-2015): Материалы 9-й Междунар. науч.-практ. конф.* / Науч. совет РАН по проблемам геоэкологии, инж. геологии и гидрогеологии. М.: РУДН, 2015. С. 458–463.
6. Ершов В.В. *Флюиодинамические процессы в грязевулканических структурах и их связь с региональной сейсмичностью (на примере о-ва Сахалин)*: автореф. дис. ... канд. физ.-мат. наук. М.: ИДГ РАН, 2013. 23 с.
7. Ершов В.В., Мельников О.А. О необычном извержении Главного Пугачевского газодолитокластитового («грязевого») вулкана на Сахалине зимой 2005 г. // *Тихоокеан. геология*. 2007. № 4. С. 69–74.
8. Корзников К.А. Грязевые вулканы о. Сахалин в системе особо охраняемых природных территорий региона // *Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5: География*. 2015а. № 1. С. 34–39.
9. Корзников К.А. *Растительный покров грязевых вулканов о. Сахалин*: дис. ... канд. биол. наук. М.: МГУ им. М.В. Ломоносова, 2015б. 239 с.
10. Крестов П.В., Баркалов В.Ю., Таран А.А. Ботанико-географическое районирование острова Сахалин // *Растительный и животный мир острова Сахалин (Материалы Междунар. Сахалинского проекта)*. Владивосток, 2004. Ч. 1. С. 67–90.
11. Мельников О.А., Ершов В.В. Грязевой (газоводолитокластитовый) вулканизм острова Сахалин: история, результаты и перспективы исследований // *Вестн. ДВО РАН*. 2010. № 6. С. 87–94.
12. Мельников О.А. О динамике и природе Пугачевской группы газодолитокластитовых («грязевых») вулканов на Сахалине по данным визуальных наблюдений и орогидрографии // *Вулканология и сейсмология*. 2011. № 6. С. 47–59. [Mel'nikov O.A. On the dynamics and origin of the Pugachevo group of gas-water-lithoclast (“mud”) volcanoes on Sakhalin Island: Visual observations and orohydrography. *J. of Volcanology and Seismology*, 2011, 5(6): 409–420. <https://doi.org/10.1134/S0742046311060054>]
13. Мельников О.А. *Структура и геодинамика Хоккайдо-Сахалинской складчатой области*. М.: Наука, 1987. 95 с.
14. *Особо охраняемые природные территории / Минво лесного и охотничьего хозяйства Сахалинской обл.* URL: <http://les.sakhalin.gov.ru> (дата обращения: 6.09.2018).
15. Попов М.Г. Эндемичные виды грязевого вулкана Мангутан (Южный Сахалин) // *Ботан. журн.* 1949. Т. 34, № 5. С. 486–492.
16. *Туристам / Сайт прав-ва Сахалинской обл.* URL: <http://tourism.sakhalin.gov.ru> (дата обращения: 6.09.2018).
17. *Туристический паспорт / Сайт адм. Макаровского района Сахалинской обл.* URL: <http://admmakarov.ru/city/turpass/> (дата обращения: 6.09.2018).
18. Сапрыгин С.М. Тектоническая цикличность в недрах южного и среднего Сахалина по инструментальным данным // *Тихоокеан. геология*. 2003. Т. 22, № 2. С. 73–80.
19. Сафонов Д.А. *Динамика сейсмичности южного Сахалина на основе современных инструментальных и макросейсмических данных*: автореф. дис. ... канд. физ.-мат. наук. Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 2008. 24 с.
20. *Справочник по физической географии Сахалинской области / сост. З.Н. Хоменко*. Южно-Сахалинск: Сахалин. кн. изд-во, 2003. 110 с.
21. Холодов В.Н. Грязевые вулканы: закономерности размещения и генезис. Сообщение 1. Грязевулканические провинции и морфология грязевых вулканов // *Литология и полезные ископаемые*. 2002. № 3. С. 227–241.
22. Feuillet T., Sourp E. Geomorphological heritage of the Pyrenees National Park (France): Assessment, clustering, and promotion of geomorphosites // *Geoheritage*. 2010. Vol. 3 (3). P. 151–162. <https://doi.org/10.1007/s12371-010-0020-y>
23. Reynard E., Perret A., Bussard J., Grangier L., Martin S. Integrated approach for the inventory and management of geomorphological heritage at the regional scale // *Geoheritage*. 2016. Vol. 8 (1). P. 43–60. <https://doi.org/10.1007/s12371-015-0153-0>
24. Tomas M.F. A geomorphological approach to geodiversity – its applications to geoconservation and geotourism // *Quaestiones Geographicae*. 2012. Vol. 31 (1). P. 81–89. <https://doi.org/10.2478/v10117-012-0005-9>

Сведения об авторах

МИШУРИНСКИЙ Дмитрий Владимирович, аспирант, АБДУЛЛАЕВА Илона Викторовна, аспирант, МИХАЛЕВ Дмитрий Владиславович, кандидат географических наук, старший научный сотрудник – географический факультет, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва; ЛЕБЕДЕВА Екатерина Владимировна, кандидат географических наук, старший научный сотрудник лаборатории геоморфологии – Институт географии РАН, Москва; ЕРШОВ Валерий Валерьевич, кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник Центра коллективного пользования, ЖАРКОВ Рафаэль Владимирович, кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник, КОЗЛОВ Дмитрий Николаевич, кандидат географических наук, старший научный сотрудник – лаборатория вулканологии и вулканопасности, КОПАНИНА Анна Владимировна, кандидат биологических наук, руководитель лаборатории, ВЛАСОВА Инна Ивановна, кандидат биологических наук, научный сотрудник, лаборатория экологии растений и геоэкологии – Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, Южно-Сахалинск.