

БОТАНИКА

УДК 574.42 + 574.472 + 581.524.3 (571.642)

К.А. Корзников

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

Растительные сообщества Южно-Сахалинского грязевого вулкана

Южно-Сахалинский грязевой вулкан – один из трех центров развития грязевого вулканизма на Сахалине. Постоянная эруптивная активность вулкана и необычный химизм выбрасываемого субстрата обуславливают формирование специфических экотопов. Вулкан является памятником природы, однако о его растительном покрове в научной литературе сведений до сих пор нет. Изучение состава и структуры сообществ грязевых вулканов важно с точки зрения охраны природы и сохранения биоразнообразия. Всего на грязевых полях Южно-Сахалинского вулкана обнаружено 33 вида сосудистых растений. Мохообразные и лишайники значительной роли в сложении растительного покрова не играют. Растительные сообщества грязевых полей, образовавшиеся в ходе сильных извержений в разные годы, относятся к разным сериальным стадиям сукцессионного ряда. Пионерное сообщество сложено единственным видом *Triglochin palustre*. Следующий этап развития растительного покрова представляет сообщество *Triglochin palustre* – *Phragmites australis*, его сменяет сообщество *Phragmites australis* – *Aster glehnii*, последним из серии нелесных сообществ на отложениях грязевого вулкана является сообщество *Phragmites australis* – *Salix carpea*. Завершается сукцессия формированием зонального лесного сообщества с доминированием *Abies sachalinensis*. По мере увеличения возраста субстрата происходит увеличение видового богатства, флористической насыщенности, проективного покрытия. Динамическая смена сообществ вулкана не является автогенетической, поскольку сукцессия протекает на фоне постоянного изменения химизма изверженного субстрата – вымывания из него токсичных для растений соединений.

Ключевые слова: грязевой вулкан; растительный покров; сообщество; сукцессия.

Введение

Явление грязевого вулканизма в какой-то мере является аналогом вулканизма магматического, однако в отличие от магматических грязевые вулканы извергают на дневную поверхность не раскаленные лавы, а в разной степени разжиженные осадочные породы – сопочные брекчии [1]. Всего в мире насчитывается 44 района развития грязевого вулканизма [2], в которых

сосредоточено в общей сложности 926 надводных грязевых вулканов площадью 2 880 км² и 300 подводных [3], по другим оценкам, число грязевых вулканов может составлять около 1700 [4]. В России грязевые вулканы находятся только на Таманском полуострове и острове Сахалин. Помимо Южно-Сахалинского грязевого вулкана на Сахалине действует группа Пугачевских грязевых вулканов, центральным из которых является вулкан Магунтан, и Дагинские грязевые вулканы вблизи одноименных термоминеральных источников. Проявивший активность в 1986 г. Лесновский грязевой вулкан [5] к настоящему моменту прекратил функционировать. Все грязевые вулканы Сахалина имеют статус региональных памятников природы [6].

Южно-Сахалинский грязевой вулкан расположен в южной части Западно-Сахалинских гор, в 20 км к северо-западу от областного центра и в 500 м к северу от ныне не действующей ветки железной дороги Южно-Сахалинск – Холмск. Центру нынешней активности вулкана отвечает северная пологая вершина сдвоенного холма, вытянутого в субмеридиональном направлении, ограниченного с запада и востока небольшими долинами [7, 8]. Вулканическая постройка сложена сравнительно однородной глинистой массой серого цвета, одинаковой консистенции, с обломками разных пород и минералов – продуктами наложившихся друг на друга и наращивающих постройку грязевых выбросов вулкана. Абсолютная отметка высоты вулкана достигает 300 м, окружающих его вершин – от 350 до 550 м [8]. Географические координаты центра вулкана: N 47° 04' 53" E 142° 34' 43".

Достоверно известно о трех сильных извержениях вулкана – в 1959, 1979 и 2001 гг. Слабые извержения происходят с периодичностью раз в несколько лет. Периоды активности чередуются с продолжительными периодами покоя, когда активность проявляется лишь в слабом истечении разжиженной глинистой массы из грязевых конусов – грифонов. Конфигурация и размеры грязевых полей вулкана сильно менялись от извержения к извержению, постоянно наращивая лишь привершинную часть холма-вулкана. Размеры грязевого поля, образовавшегося в ходе извержения 1959 г., покрыли площадь около 60 тыс. м², объем выбросов составил 150–200 тыс. м³ [9]. Извержение 1979 г. было менее сильным, продукты извержения не вышли за пределы поля, образовавшегося в 1959 г., покрыли площадь 50 тыс. м², объем выбросов составил 40–50 тыс. м³. В ходе извержения 2001 г. выброшенная на дневную поверхность водо-грязевая масса в значительной мере перекрыла грязевые поля былых извержений. При образовании нового грязевого поля возникли два сильных потока, более сильный северо-западный сполз вниз по склону холма, внедрился в окружающий вулкан лес и остановился, достигнув русла реки. Объем выброшенного материала во время эрупции 2001 г. вполне сопоставим с извержением 1959 г. [8].

Постоянная активность Южно-Сахалинского вулкана, вызывающая механическое уничтожение растений, засоленность субстрата и насыщенность его редкими элементами и веществами, а также постоянную эмиссию газов,

обуславливает формирование своеобразных экотопов. Температура грязевых выбросов не превышает 16°C и повышается до 28–32°C лишь в краткие периоды бурных извержений [10]. Соленость свежего водо-грязевого субстрата достигает 27 г/л, из катионов преобладают натрий и калий (8,36 г/л), из анионов – гидрокарбонаты (9,96 г/л) и хлориды (5,0 г/л). Значение pH превышает 8 [10, 5]. Воды грязевого вулкана насыщены борной кислотой [11]. Газовые выбросы грязевого вулкана состоят из метана (его доля варьирует от 12 до 54,4% в зависимости от фазы активности вулкана), углекислого газа (25,9–86%), кислорода и аргона (0,1–7,4%), азота (1,2–5,2%) и незначительного количества углеводородных газов [12].

В научной литературе особенностям растительных сообществ грязевых вулканов уделено недостаточно внимания. Вместе с тем Южно-Сахалинский грязевой вулкан является уникальным объектом природы, а сообщества, сформировавшиеся на его грязевых полях, могут быть определены как редкие по экотопическому критерию [13]. Изучение флоры и растительности грязевого вулкана важно с точки зрения охраны природы и резервирования биоразнообразия. Возникшие в ходе извержений разных годов грязевые поля дают возможность наблюдения за динамикой растительного покрова, являются хорошей площадкой для изучения закономерностей сукцессионных процессов. Целью работы стало установление особенностей состава, структуры и динамики растительного покрова Южно-Сахалинского грязевого вулкана.

Материалы и методики исследования

Полевой этап исследования состоялся в летне-осенний период 2012 и 2013 гг. Учет геоботанических показателей проводили на пробных площадях размерами 1×1, 5×5 и 10×10 м. Всего заложили 105 площадок. Дополнительно организовали 3 постоянные пробные площади размерами 10×10 м в сообществах разных сукцессионных стадий для оценки долговременных изменений их состава и структуры. На пробных площадях устанавливали видовой состав и участие видов по 7-балльной шкале проективного покрытия. Для каждого вида в пределах грязевых полей разных генераций определяли константность, долю описаний, в которых этот вид присутствует: I – 0–20%; II – 21–40%; III – 41–60%; IV – 61–80%; V – 81–100%. Местоположение всех площадок привязывали к географическим координатам с помощью GPS-навигатора «Garmin eTrex30». Участки растительного покрова, на которых проводили описание, соотносили с космическими снимками вулкана в программе GoogleEarth и картой-схемой грязевых полей вулкана, выполненной О.А. Мельниковым [8]. Возраст деревьев определяли по годичным отметкам на кервах, взятых у модельных деревьев с помощью возрастного бурава «Haglof».

Результаты исследования и обсуждение

Привязка описаний с учетных площадок позволила составить таблицу частоты встречаемости видов в сообществах, приуроченных к грязевым полям, образовавшимся в ходе сильных извержений (таблица).

Константность видов на грязевых полях разных генераций

Вид	Год генерации грязевого поля (номер сообщества)			
	1959 (4)	1979 (3)	2001 (2)	2009–2013 (1)
	Число описаний (1/25/100 м ²)			
	30/10/1	22/10/2	18/10/2	–
<i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. ex Steud.	V	V	III	
<i>Picris japonica</i> Thunb.	IV	II		
<i>Triglochin palustre</i> L.		I	V	I
<i>Aster glehnii</i> F. Schmidt	IV	III	I	
<i>Taraxacum</i> sp.	IV	III	I	
<i>Hieracium aurantiacum</i> L.	III	II	I	
<i>Salix caprea</i> L.	III (j, im, v)	II (j, im)		
<i>Senecio cannabifolius</i> Less.	III	II		
<i>Betula platyphylla</i> Sukaczew	III (j, im, v)	I (j, im)		
<i>Calamagrostis extremiorientalis</i> (Tzvelev) Prob.	II	I		
<i>Filipendula camtschatica</i> (Pall.) Maxim.	II			
<i>Sonchus arvensis</i> L.	II			
<i>Cuscuta japonica</i> Choisy	I	I		
<i>Tussilago farfara</i> L.	I	I	I	
<i>Artemisia montana</i> (Nakai) Pamp.	I	I	I	
<i>Elymus woroschilowii</i> Prob.	I	I		
<i>Equisetum arvense</i> L.	I	I		
<i>Plantago major</i> L.		I	I	
Общее проективное покрытие, %	90	70	20	< 0,01

С константностью I в сообществе № 4 найдены виды: *Salix udensis* Trautv. & C.A. Mey. (j, im, v), *Anaphalis margaritacea* (L.) A. Gray, *Carex cespitosa* L., *Cirsium kamtschaticum* Ledeb. ex DC., *Picea ajanensis* (Lindl. & Gordon) Fisch. & Carr. (j, im, v), *Spiraea salicifolia* L., *Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop., *Rosa acicularis* Lindl., *Dactylorhiza aristata* (Fisch. ex Lindl.) Soo, *Sorbus commixta* Hedl. (j, im, v), *Agrostis scabra* Willd., *Angelica ursina* (Rupr.) Maxim., *Heracleum lanatum* Michx., *Alnus hirsuta* (Spach) Turcz. ex Rupr. (j, im, v), *Petasites amplus* Kitam. A.A. Таран указывает для периферии грязевых полей еще один вид: *Neottianthe cucullata* (L.) Schlechter [14], мы обнаружили его только на окружающих вулкан сопках.

Недавно извергнутый грязевой субстрат, располагающийся в центральной части вулкана, почти полностью лишен покрова из растений, имеет трещиновато-бугристый облик. Из жерл грифонов постоянно истекает от-

носителем жидкая грязевая масса, но не распространяется от них дальше, чем на несколько метров. В этой зоне (№ 1) лишь изредка, с незначительным общим проективным покрытием, произрастают угнетенные растения *Triglochin palustre*.

Центральную зону свежих выбросов окружает сообщество, в котором доминирует *Triglochin palustre*, а на отдельных площадях встречаются группы *Phragmites australis*, редко растения других видов. Снятый с помощью GPS-навигатора контур сообщества *Triglochin palustre* – *Phragmites australis* (№2) совпадает с границами распространения продуктов извержения 2001 г. Грязевое поле 2001 г. испещрено следами водной эрозии, а на северо-западном грязевом шлейфе возникли овраги глубиной до 2,5 м, на их дне видны поваленные и погребенные в ходе извержения стволы деревьев. Вне грязевых отложений 2001 г. растения *Triglochin palustre* почти не встречаются, а доминирующим видом становится *Phragmites australis*.

Визуально отличной зоне растительного покрова с доминированием *Phragmites australis* соответствуют два сообщества *Phragmites australis* – *Aster glehnii* (№3) – на грязевом поле извержения 1979 г. и *Phragmites australis* – *Salix caprea* (№4) – на отложениях, возникших в ходе извержения 1959 г. В сообществе *Phragmites australis* – *Aster glehnii* виды деревьев представлены исключительно ювенильными и имматурными особями, в то время как в составе сообщества *Phragmites australis* – *Salix caprea* наряду с всходами присутствуют и молодые деревца высотой до 6–7 м, преимущественно ближе к краю грязевого поля у границы с окружающим вулкан лесом.

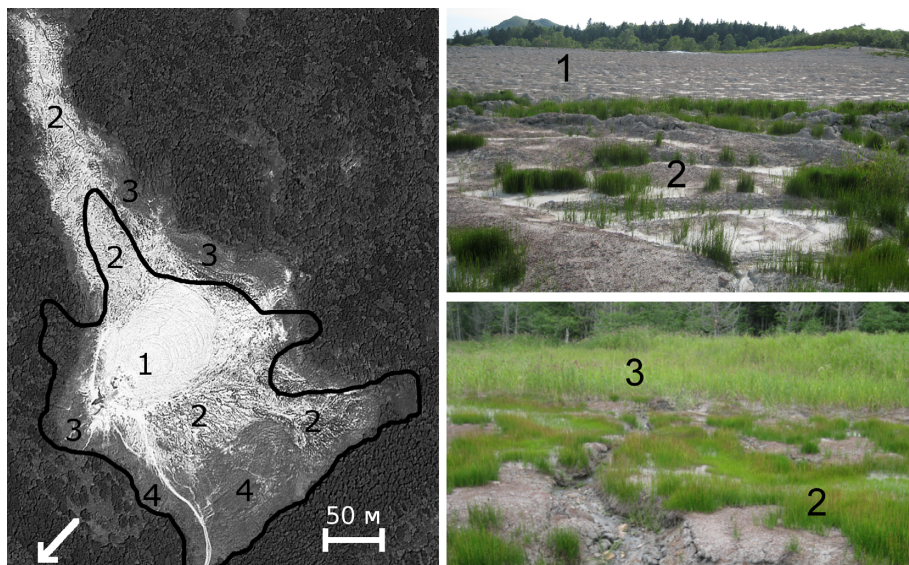


Рис. 1. Зоны растительного покрова Южно-Сахалинского вулкана в 2013 г. Черная линия – граница распространения грязевых потоков извержения 1959 г. [8]. Цифрами обозначены номера сообществ. Снимок Google Earth

Вместе с увеличением богатства видового состава по мере «старения» грязевых полей происходит и увеличение флористической насыщенности. Для сообщества *Triglochin palustre* – *Phragmites australis* она составляет 1,81 вида на 1 м²; *Phragmites australis* – *Aster glehnii* – 3,89; *Phragmites australis* – *Salix caprea* – 6,92. По мере развития сукцессии из состава сообществ выпадает пионерный вид *Triglochin palustre*, что говорит о его фитоценотическом оптимуме в растительном покрове вулкана в условиях наивысшего экотопического стресса. Согласно нашим наблюдениям, два доминанта растительного покрова – *Triglochin palustre* и *Phragmites australis* – местами доминируют и в растительных сообществах группы Пугачевских грязевых вулканов, другого центра развития грязевого вулканизма на Сахалине.

По мнению геологов [8], темнохвойный лес к юго-западу от нынешней вулканической постройки сформировался на выбросах древнего эруптивного центра. Его центр находился в 200 м к юго-западу от нынешних границ вулкана, на южной вершине нынешнего сдвоенного холма-вулкана (на рис. 1 направление показано стрелкой). Затухающую активность единственного грифона на вершине холма отмечал еще М. Уэда в 30-х гг. прошлого столетия, а позднее О.А. Мельников [8, 15]. В 2013 г. былая активность угадывалась лишь по наличию слегка газирующей небольшой грязевой лужи-сальзы, почти скрытой под слоем опада. На расстоянии 2–3 м от сальзы обильно встречаются *Phragmites australis*, *Aster glehnii* и *Senecio cannabifolius* – характерное сочетание видов для грязевых полей вулкана, но не характерное для окружающих вулкан сообществ. Площади последнего грязевого поля, почти правильной округлой формы диаметром около 35 м, соответствует монодоминантный древостой из *Alnus hirsuta* высотой 8–10 м, диаметром 16–18 см и возрастом 30–35 лет, с массовым развитием *Filipendula camtschatica* под пологом. Принимая во внимание скорость сукцессии на субстрате вулкана и возраст деревьев, можно заключить, что с момента возникновения последнего грязевого поля должно было пройти не менее 80 лет. О.А. Мельников придерживался мнения, что последнее грязевое поле возникло в интервале между 1930 и 1940 гг. [15]. Склоны этого «затухшего» холма-вулкана занимает темнохвойный лес с доминированием *Abies sachalinensis* F. Schmidt. Возраст пихт на границе с контуром последнего грязевого поля составляет 45 лет, диаметр 18 см, высота 12 м. Вниз по склону возраст деревьев увеличивается. Это лесное темнохвойное сообщество флористически менее разнообразно, чем те, что расположены в окрестностях грязевого вулкана, но находятся вне зоны его средообразующего воздействия. Отличия от коренных лесов заключаются в обедненном видовом составе и слабо развитой вертикальной структуре.

Заключение

Обогащение флористического состава сообществ и спектра жизненных форм, рост проективного покрытия растений свидетельствуют о снижении

суровости условий произрастания и снятия экотопического стресса вместе с увеличением возраста субстрата. Рассмотренные сообщества являются этапами сукцессии растительного покрова Южно-Сахалинского грязевого вулкана. В отличие от первичных автогенетических сукцессий, подобных тем, которые происходят на застывших лавах магматических вулканов, на первых стадиях сукцессии доминируют не мхи и лишайники, а сосудистые растения. Участие бессосудистых растений в сообществах грязевого вулкана незначительно. Сукцессия на грязевых полях проходит не только за счет преобразования биотопа в ходе жизнедеятельности организмов. Ведущим фактором динамики растительного покрова является изменение химизма субстрата за счет вымывания солей и других токсичных веществ дождевыми и талыми водами. Развитие растительного покрова, биотическая трансформация местообитаний, формирование почвы на грязевых полях протекают на фоне экзогенных процессов выветривания, геохимической трансформации субстрата [16]. В случае если участки растительного покрова на длительное время выходят из зоны средообразующего влияния грязевого вулкана, после смены ряда сериальных сообществ формируются участки квази-климаксовых зональных темнохвойных лесов с доминированием *Abies sachalinensis*.

За ценные советы и критические замечания, позволившие сделать статью лучше, благодарю профессора кафедры геоботаники МГУ В.Н. Павлова. За помощь в определении видов знаков выражаю признательность сотруднику Гербария Московского университета С.В. Дудову.

Литература

1. Лимонов А.Ф. Грязевые вулканы // Сетевой образовательный журнал. 2004. Т. 8, № 1. С. 63–69.
2. Kopf A.J. Significance of mud volcanism // Reviews of Geophysics. 2002. Vol. 40, № 2. P. 1–52.
3. Etiopre G., Milkov A.V. A new estimate of global methane flux from onshore and shallow submarine mud volcanoes to the atmosphere // Environmental Geology. 2004. Vol. 46, № 8. P. 997–1002.
4. Холодов В.Н. О природе грязевых вулканов // Природа. 2002. № 11. С. 47–58.
5. Мельников О.А., Ильев А.Я. О новых проявлениях грязевого вулканизма на Сахалине // Тихоокеанская геология. 1989. № 3. С. 42–49.
6. Государственный кадастр особо охраняемых природных территорий регионального значения Сахалинской области. Южно-Сахалинск : Министерство лесного и охотничьего хозяйства Сахалинской области, 2012. 170 с.
7. Гурьева З.И., Шарков В.В. Изучение грязевых вулканов о. Сахалин по материалам аэрофотосъемки // Тихоокеанская геология. 1987. № 4. С. 58–65.
8. Мельников О.А. Южно-Сахалинский газоводолитокластитовый («грязевой») вулкан – уникальный объект природы на Дальнем Востоке России : путеводитель экскурсии на вулкан для участников междунар. науч. симп. 24–28 сент. 2002 г. Южно-Сахалинск : ИМГиГ ДВО РАН, 2002. 46 с.
9. Шилов В.Н., Захарова М.А., Ильев А.Я., Подзоров А.В. Извержение Южно-Сахалинского грязевого вулкана весной 1959 г. // Труды СахКНИИ СО АН СССР. Южно-Сахалинск, 1961. Вып. 10. С. 83–99.

10. Сырык И.М. Грязевые вулканы // Геология СССР. Остров Сахалин. М., 1976. Т. 23. С. 355–369.
11. Аверьев В.В. Углекислые мышьяковистые Синегорские воды на Южном Сахалине // Бюл. МОИП. Отдел. Геологический. 1957. Т. 32 (3). С. 143–149.
12. Сорочинская А.В., Шакиров Р.Б., Обжиров А.И. Грязевые вулканы о. Сахалин (газогеохимия и минералогия) // Региональные проблемы. 2009. № 11. С. 39–44.
13. Крестов П.В., Верхолат В.П. Редкие растительные сообщества Приморья и Приамурья. Владивосток : ДВО РАН, 2003. 200 с.
14. Красная книга Сахалинской области: Растения / отв. ред. В.М. Ерёмин. Южно-Сахалинск : Сахалинское книжное издательство, 2005. 348 с.
15. Мельников О.А., Сабиров Р.Н. Новые данные о современном состоянии былой активности Южно-Сахалинского газодогрязевого вулкана (о. Сахалин) // Тихоокеанская геология. 1999. Т. 18, № 3. С. 37–46.
16. Иванов В.Ф., Молчанов Е.Ф., Корженевский В.В. Растительность и почвообразование на извержениях грязевых вулканов // Почвоведение. 1989. № 2. С. 5–12.

Поступила в редакцию 11.11.2013 г.

Корзников Кирилл Александрович – аспирант кафедры геоботаники биологического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова (г. Москва, Россия). E-mail: korzkir@mail.ru

Tomsk State University Journal of Biology. 2014. № 1 (25). P. 56–65

Kirill A. Korznikov

Department of Geobotany, Biological Faculty, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation. E-mail: korzkir@mail.ru

Plant communities of the Yuzhno-Sakhalinsk mud volcano

The Yuzhno-Sakhalinsk mud volcano is one of three centers of mud volcanism in Sakhalin Island. Regular eruptions and high salinity of substrates (exceed 27 g/l, pH 11) form specific conditions for ecosystems. The Yuzhno-Sakhalinsk Mud Volcano is a protected natural area, but there is still no data on its vegetation cover in scientific literature. The study of composition, structure and dynamics of the mud volcano plant community is important for nature conservation and biodiversity protection. Vegetation cover on the mud volcano surface was explored in summer-autumn seasons 2012–2013, 105 sample plots were formed. We found 33 vascular plants species of community's on the mud surface, generated after the violent eruptions in 1959, 1979 and 2001. These plant communities are different stages of vegetation succession. Pioneer community formed on the recently erupted mud (1–4 years) is composed of one species *Triglochin palustre* and the total coverage is less than 0.01%. The next stage in the succession is *Triglochin palustre-Phragmites australis* community on the surface created by eruption in 2001. Average plants cover of this community is 20%, mean floristic richness (mean number of species at 1×1 m plot) is 1.81. *Phragmites australis-Aster glehnii* community develops on the surface which was generated after the eruption in 1979. Mean floristic richness is 3.89, plants coverage is about 70%. The next *Phragmites australis-Salix caprea* community formed on the mud field appeared during the violent eruption in 1959. In contradistinction to younger communities *Phragmites australis-Salix caprea* are composed of plants at the first ontogenetic stages of trees (*Salix caprea*,

Salix udensis, *Betula platyphylla*, *Picea ajanensis*) and shrubs (*Rosa acicularis*, *Sorbus commixta*) species. The total plants coverage is about 90% and mean floristic richness is 6.92. Bryophytes and lichens do not play a significant role in the composition of vegetation cover. The study of vegetation on the slopes of an old, almost non active, mud volcano, which is located 200 meters south-west of the current volcano, suggests that the succession to the mud volcano substrate finish with formation of zonal quasi-climax forest-community dominated by *Abies sachalinensis*. In contrast to old-growth forests, the forest on the mud volcano sediments has a poor floristic diversity and abundance, simplified vertical (no shrubs canopy and liana species) and a horizontal structure. Dynamic changes of vegetation cover are associated with improved growing conditions and the disappearance of ecotopic stress by reducing salinity of the substrate, accumulation of nutrients and soil cover formation with increasing the mud surface age.

Key words: mud volcano; vegetation cover; community; succession.

Received November 11, 2013

References

1. Limonov A.F. Gryazeveye vulkany. Setevoy obrazovatel'nyy zhurnal. 2004. Vol. 8, No 1. PP. 63-69. [Limonov AF. Mud volcanoes. *Network educational journal*. 2004;8(1):63-69.] In Russian
2. Kopf AJ. Significance of mud volcanism. *Reviews of Geophysics*. 2002;40(2);1-52.
3. Etiopie G, Milkov AV. A new estimate of global methane flux from onshore and shallow submarine mud volcanoes to the atmosphere. *Environmental Geology*. 2004;46(8):997-1002.
4. Kholodov V.N. O prirode gryazevykh vulkanov. *Priroda*. 2002. No 11. PP. 47-58. [Kholodov VN. On the nature of mud volcanoes. *Priroda*. 2002;11:47-58.] In Russian
5. Mel'nikov O.A., Il'ev A.Ya. O novykh proyavleniyakh gryazevogo vulkanizma na Sakhaline. *Tikhookeanskaya geologiya*. 1989. No 3. PP. 42-49. [Melnikov OA, Ilyev AY. On novel manifestations of mud volcanism on Sakhalin. *Pacific geology*. 1989;3:42-49.] In Russian
6. Gosudarstvennyy kadastr osobo okhranyaemykh prirodnykh territoriy regional'nogo znacheniya Sakhalinskoy oblasti. Yuzhno-Sakhalinsk: Ministerstvo lesnogo i okhotnich'ego khozyaystva Sakhalinskoy oblasti, 2012. 170 pp. [National cadastre of specially protected natural reservations of regional significance of Sakhalin oblast. Yuzhno-Sakhalinsk: Ministry of forestry and hunting of Sakhalin oblast; 2012. 170 p.] In Russian
7. Gur'eva Z.I., Sharkov V.V. Izuchenie gryazevykh vulkanov o. Sakhalin po materialam aerofotos'emki. *Tikhookeanskaya geologiya*. 1987. No 4. PP. 58-65. [Guryeva ZI, Sharkov VV. Investigation of Sakhalin mud volcanoes basing on aerial survey. *Pacific geology*. 1987;4:58-65.] In Russian
8. Mel'nikov O.A. Yuzhno-Sakhalinskiy gazovodolitoklastitovyy («gryazevoy») vulkan – unikal'nyy ob'ekt prirody na Dal'nem Vostoke Rossii: putevoditel' ekskursii na vulkan dlya uchastnikov mezhdunar. nauch. simp. 24-28 sent. 2002 g. Yuzhno-Sakhalinsk: IMGiG DVO RAN, 2002. 46 pp. [Melnikov OA. Yuzhno-Sakhalinsk mud volcano as a unique natural object on the Russian Far east. Yuzhno-Sakhalinsk: Institute of Marine Geology and Geophysics, Far Eastern branch of the Russian Academy of Sciences; 2002. 46 p.] In Russian
9. Shilov V.N., Zakharova M.A., Il'ev A.Ya., Podzorov A.V. Izverzhenie Yuzhno-Sakhalinskogo gryazevogo vulkana vesnoy 1959 g. *Trudy SakhKNII SO AN SSSR*. Yuzhno-Sakhalinsk, 1961. Vyp. 10. PP. 83-99. [Shilov VN, Zakharova MA, Ilyev AY, Podzorov AV. Yuzhno-Sakhalinsk mud volcano eruption in spring of 1959. *Proceedings of Institute of Marine Ge-*

- ology and Geophysics, Sakhalin branch of the Academy of Sciences of the USSR. Yuzhno-Sakhalinsk, 1961;10:83-99.] In Russian*
10. Siryk I.M. Gryazevye vulkany. Geologiya SSSR. Ostrov Sakhalin. M.: 1976. Vol. 23. PP. 355-369. [Siryk IM. Mud volcanoes. *Geology of the USSR. Sakhalin island. Moscow. 1976;23:355-369.] In Russian*
 11. Aver'ev V.V. Uglekislye mysh'yakovistye Sinegorskie vody na Yuzhnom Sakhaline. Byul. MOIP. Otdel. Geologicheskiiy. 1957. Vol. 32 (3). PP. 143-149. [Averyev VV. Carbonated arsenic Synegorye waters in South Sakhalin. *Bulletin MOIP. Geological department. 1957;32(3):143-149.] In Russian*
 12. Sorochinskaya A.V., Shakirov R.B., Obzhirov A.I. Gryazevye vulkany o. Sakhalin (gazo-geokhimiya i mineralogiya). Regional'nye problemy. 2009. No 11. PP. 39-44. [Sorochinskaya AV, Shakirov RB, Obzhirov AI. Sakhalin mud volcanoes (gas geochemistry and mineralogy). *Regional problems. 2009;11.39-44.] In Russian*
 13. Krestov P.V., Verkholat V.P. Redkie rastitel'nye soobshchestva Primor'ya i Priamur'ya. Vladivostok: DVO RAN, 2003. 200 pp. [Krestov PV, Verkholat VP. Rare plant communities of Primorye and Amur River Region. Vladivostok: Far Eastern branch of the Russian Academy of Sciences; 2003. 200 p.] In Russian
 14. Krasnaya kniga Sakhalinskoy oblasti: Rasteniya / otv. red. V.M. Eremin. Yuzhno-Sakhalinsk: Sakhalinskoe knizhnoe izdatel'stvo, 2005. 348 pp. [Red list of Sakhalin oblast: Plants / Ed. VM. Eryomin. Yuzhno-Sakhalinsk: Sakhalin publishing house; 2005. 348 p.] In Russian
 15. Mel'nikov O.A., Sabirov R.N. Novye dannye o sovremennom sostoyanii byloy aktivnosti Yuzhno-Sakhalinskogo gazovodogryazevogo vulkana (o. Sakhalin). Tikhookeanskaya geologiya. 1999. Vol. 18, No 3. PP. 37-46. [Melnikov OA, Sabirov RN. Novel data on modern state of former activity of Yuzhno-Sakhalinsk mud volcano (Sakhalin island). *Pacific geology. 1999;18(3):37-46.] In Russian*
 16. Ivanov V.F., Molchanov E.F., Korzhenevskiy V.V. Rastitel'nost' i pochvoobrazovanie na izverzheniyakh gryazevykh vulkanov. Pochvovedenie. 1989. No 2. PP. 5-12. [Ivanov VF, Molchanov EF, Korzhenevsky VV. Vegetation and soil formation on mud volcanoes eruptions. *Pochvovedenie. 1989;2:5-12.] In Russian*