

ГЕОБОТАНИЧЕСКОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ВУЛКАНОГЕННОЙ ДИНАМИКИ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА (НА ПРИМЕРЕ ПЛАТО ТОЛБАЧИНСКИЙ ДОЛ, КАМЧАТКА)

© 2012 А.П. Кораблёв, В.Ю. Нешатаева

Федеральное государственное учреждение науки Ботанический институт им. В. Л. Комарова РАН

Поступила 15.03.2012

Рассмотрены возможности применения методов геоботанического картографирования для изучения вулканогенной динамики растительного покрова. Охарактеризовано воздействие извержения вулкана Толбачик в 1975-1976 гг. на растительность и проанализированы изменения в структуре растительного покрова вулканического плато Толбачинский дол через 35 лет после извержения.

Ключевые слова: динамика растительности, геоботаническое картографирование, вулканизм, Камчатка.

Полевые исследования проведены в 2006-2010 гг. на территории вулканического плато Толбачинский дол. Плато расположено в юго-западном секторе Ключевской группы вулканов в Центральной Камчатке. Его общая площадь составляет 875 км² [5], плато расположено на высотах от 100 до 1800 м над ур. моря и с юго-запада примыкает к вулканам Острый Толбачик (3682 м) и Плоский Толбачик (3140 м). Толбачинский дол является одним из наиболее активных районов голоценового вулканизма в России. Крупные извержения (с объемом изверженных пород свыше 1 км³) происходят здесь раз в несколько столетий [1]. Последнее из них – Большое трещинное Толбачинское извержение (БТТИ) произошло в 1975-1976 гг., объем изверженных пород составил около 2,2 км³. Это извержение является одним из наиболее мощных трещинных извержений на Земле в историческое время [5]. Извержение проходило в два этапа. Первый этап (Северный прорыв) сопровождался образованием нескольких шлаковых конусов (до 300 м) на высоте 880 м над ур. моря и мощного лавового поля в осевой части дола; второй (Южный прорыв) – образованием шлакового конуса на высоте 380 м и обширного лавового поля в южной части плато. В результате извержения образовались четыре новых шлаковых конуса, лавовые поля общей площадью 45 км² и обширная шлаково-пепловая равнина в центральной части дола. Растительность была полностью уничтожена на площади около 100 км² и частично повреждена на площади более 400 км² [6].

Плато Толбачинский дол сложено лавовыми потоками и отложениями тефры извержений разных лет, вследствие чего растительный покров распределен по поверхности крайне неравномерно и представлен растительными сообществами и пионерными группировками, находящимися на разных стадиях первичных и вторичных сукцессий. В связи с этим, вулканическое плато Толбачинский дол является уникальной модельной территорией для изучения закономерностей вулканогенной динамики растительности.

Климат Центральной Камчатки характеризуется как прохладный, умеренно-континентальный, что обусловило формирование здесь своеобразного «хвойного острова» (на большей части п-ова Камчатка хвойные леса отсутствуют). Коренными фитоценозами на нормально дренированных почвах в лесном поясе Центральной Камчатки являются ельники зеленомошные из ели аянской (*Picea ajanensis*) [4]. Однако в условиях частых антропогенных и вулканогенных нарушений широкое распространение здесь имеют лиственничники из лиственницы Каяндера (*Larix cajanderi*). Лесной пояс расположен на высотах до 900 м над ур. моря, далее, до 1100 м, находится пояс стлаников (образован сообществами кедрового и ольхового стлаников), который выше сменяется горно-тундровым поясом. Снеговая линия проходит на высоте около 2000 м над ур. моря. Такое распределение растительного покрова характерно для районов Центральной Камчатки, долгое время не подвергавшихся существенным вулканогенным нарушениям, однако на плато Толбачинский дол вертикальная и горизонтальная структура растительного покрова значительно нарушена часто повторяющимися вулканическими извержениями.

На основе анализа материалов полевых исследований (206 геоботанических описаний) и дешифрирования дистанционных материалов разных лет (аэрофотоснимков и космических снимков) нами составлены три разновременные крупномасштабные карты (М. 1: 50 000) растительности ключевого участка на плато Толбачинский дол, отражающие структуру его растительного покрова в разные периоды: 1) карта растительности 1971 г. – до извержения; 2) карта растительности 1977 г. – после извержения; 3) карта растительности 2010 г. При составлении карты растительности 1971 г. мы использовали метод реконструкции фитоценозов, существовавших на плато до извержения. Реконструкция проводилась с учетом сохранившихся растительных остатков на поверхности и в толще тефры последнего извержения. Размер ключевого участка ограничен территорией, охваченной аэрофотосъемкой 1971 г. и 1977 г. и составляет 273,1 км². Ключевой участок ориентирован с юга на север и захватывает осевую часть Толбачинского дола и

Кораблёв Антон Павлович, к.б.н., м.н.с. отд. Ботанический музей, e-mail: korablev-anton@yandex.ru; Нешатаева Валентина Юрьевна, д.б.н., в.н.с. лаб. Экологии растительных сообществ, e-mail: vneshataeva@yandex.ru

его юго-западный макросклон, включая, тем самым, оба эпицентра извержения. Перепад высот в пределах ключевого участка - от 200 до 1600 м над ур. моря.

Нами разработана единая легенда к трем разновременным геоботаническим картам, включающая 53 номера. В основу легенды положена эколого-фитоценоотическая классификация растительных сообществ и группировок плато Толбачинский дол [2, 3]. При построении высших единиц легенды учитывали типы растительности и преобладающие экобиоморфы. Подразделения легенды среднего ранга, как правило, соответствуют формациям (или группам формаций). Низшие картируемые единицы соответствуют группам ассоциаций (или ассоциациям). Подобное построение легенды, основанное на классификации растительности, очень удобно для проведения картометрического анализа и изучения динамики растительного покрова, поскольку имеется возможность прямого поконтурного анализа разновременных карт в одних и тех же точках. Это позволяет с высокой достоверностью выявлять смены различных растительных сообществ и группировок, произошедшие как сразу после извержения, так и в течение 35 лет, прошедших после него.

Анализ аэрофотоснимков 1971 и 1977 гг. показал, что до извержения территория ключевого участка в лесном поясе была покрыта лиственничными лесами, а также каменноберезняками (из *Betula ermanii*) на западном склоне вулкана Острый Толбачик. На верхней границе лесного пояса господствовали лиственничные редколесья с подлеском из кедрового стланика (*Pinus pumila*). Пояс стлаников был выражен фрагментарно, в нем преобладали сообщества кедрового стланика. В горно-тундровом поясе господствовали кустарничковые сообщества (с преобладанием *Vaccinium uliginosum*, *Empetrum nigrum*, *Loiseleuria procumbens* и др.), а также их фрагменты на молодых лавах. На молодых и средневозрастных лавовых потоках (возраст менее 1500 лет) сформировался разреженный растительный покров из серийных мохово-лишайниковых и кустарниковых группировок и сообществ кедрового стланика с единичными деревьями лиственницы в трещинах и понижениях микрорельефа. Обширная центральная часть плато, представлявшая собой шлаково-пепловые поля, была занята несомкнутыми травяными, кустарниковыми и стланиковыми группировками.

Первая стадия извержения 1975-1976 гг. сопровождалась выбросом больших объемов тефры (пепел, шлак и другие рыхлые продукты извержения). В итоге в радиусе 5-9 км от эпицентра извержения конуса Северного прорыва образовалась обширная пеплово-шлаковая равнина с полностью уничтоженным или погребенным растительным покровом. Извержение конуса Южного прорыва повлекло за собой уничтожение растительности тефрой в радиусе не более 2 км, однако при этом сформировалось лавовое поле, в 5 раз превышающее по пло-

щади лавовые потоки Северного прорыва. Анализ степени поражения растительного покрова при извержении вулкана показал, что в пределах ключевого участка растительность была уничтожена лавовыми потоками на 8,5 % площади, погребена тефрой – на 49,5 % площади. Остальная растительность была существенно нарушена аэральным шлако-пеплопадом.

В результате извержения произошло массовое усыхание лиственничников, каменноберезняков и кедровостлаников как в верхней части лесного пояса, так и в поясе стлаников. Площадь лиственничных лесов и редколесий в пределах ключевого участка сократилась более чем в 2 раза (Табл.), площадь, занятая каменноберезовыми лесами, сократилась с 10,5 % до 7,5 %, сообществами кедровых стлаников – с 7,5 % до 1,5 %. Верхняя граница леса сместилась вниз примерно на 200 м по высотному профилю. Горно-тундровые сообщества и их фрагменты на лавах были погребены более чем 10-сантиметровым слоем тефры, в результате чего их площадь сократилась более чем в 3 раза (с 7 % до 2 %), уцелели лишь отдельные участки горных тундр, где выпавшая тефра быстро сносилась с поверхности почвы. Несомкнутый растительный покров оказался наименее устойчив к вулканогенным нарушениям [2]. 25 % площади, занятой несомкнутыми группировками растений, было уничтожено аэральным шлако-пеплопадом. Разреженный растительный покров был уничтожен в центральной части плато и на молодых и средневозрастных лавовых потоках в радиусе 5-7 км от эпицентра Северного прорыва. Кроме полного уничтожения растительных сообществ аэральным пеплопад привел к гибели и повреждению отдельных их компонентов, особенно растительности нижних ярусов. 55 % площади ключевого участка оказались полностью лишены растительного покрова.

В настоящее время на территории плато Толбачинский дол наблюдается активное расселение тополя душистого (*Populus suaveolens*), ольхового стланика (*Alnus fruticosa* subsp. *kamtschatica*) и кедрового стланика, сообщества которых формируются на участках, свободных от растительности, а также на молодых лавовых потоках, обнаженная поверхность которых покрыта рыхлым пеплово-шлаковым чехлом.

На месте уничтоженных лиственничных редколесий голубичных и кедровостланиковых на верхней границе леса сформировались редкостойные крупнокустарниковые сообщества с участием *Salix pulchra* subsp. *parallelinervis*, *S. bebbiana*, *S. caprea*, *S. udensis*, *Alnus fruticosa*, *Sorbus sibirica*, *Spiraea beauverdiana* и *Rosa acicularis*. В лесном поясе, на месте лиственничников голубичных с подлеском из кедрового стланика сформировались молодые тополевы редколесья из *Populus suaveolens* с подлеском из ольховника и кустарниковых ив и разреженным напочвенным покровом. В пределах стланикового пояса на месте погребенных сообществ

кедрового стланика в настоящее время распространены пионерные группировки розеточных трав (*Ermania parryoides*, *Papaver microcarpum*, *Dianthus repens*, *Silene repens* и др.) и псаммофитно-злаковые сообщества с господством волоснеца (*Leymus interior*) и участием корневищных злаков (*Poa malacantha* subsp. *vivipara*, *Calamagrostis purpurea*). Уничтоженные в результате БТТИ горно-тундровые сообщества восстанавливаются крайне медленно, в настоящее время на высотах 1000-1200 м на месте горных тундр на пеплово-шлаковых субстратах преобладают открытые группировки розеточных трав и корневищных злаков. На лавовых останцах местами сохранились небольшие фрагменты горных кустарничковых и дриадово-диапенсиевых

тундр с участием *Dryas punctata*, *Diapensia obovata*, аркто-альпийских видов мхов и лишайников. Лишь на участках, где в течение первых нескольких лет после извержения тефры БТТИ была переотложена ветром и водой, кустарничковые сообщества достаточно быстро восстановили свое покрытие. На современных лавовых потоках 1975-1976 гг. формируются сильно разреженные пионерные группировки эпилитных мохообразных и лишайников. Обширная пеплово-шлаковая равнина в центральной части плато постепенно заселяется пионерными розеточными травами и длиннокорневищными псаммофитными злаками, которые образуют несомкнутый растительный покров со средним процентным покрытием растений не более 2-3 %.

Таблица. Изменение площадей основных формаций и типов растительности на ключевом участке вулканического плато Толбачинский дол (Центральная Камчатка).

Формации и типы растительности	1971 г.		1977 г.		2010 г.	
	га	%	га	%	га	%
Еловые леса	2	0,01	2	0,01	2	0,01
Лиственничные леса	5393	19,75	2819	10,32	3052	11,17
Лиственничные редколесья	3321	12,16	1371	5,02	1423	5,21
Каменноберезовые леса	1312	4,80	902	3,30	958	3,51
Каменноберезовые редколесья	1551	5,68	1132	4,15	1612	5,90
Топольевые редколесья	143	0,53	74	0,27	1798	6,58
Кедровые стланики	2070	7,58	408	1,49	1070	3,92
Ольховые стланики	459	1,68	575	2,11	1017	3,72
Кустарничковые ивняки	94	0,34	97	0,36	139	0,51
Горные тундры	1144	4,19	0	0	673	2,46
Фрагменты горных тундр	727	2,66	548	2,01	172	0,63
Травяные сообщества	54	0,20	286	1,05	464	1,70
Моховые сообщества	0	0,00	0	0	169	0,62
Мохово-лишайниковые сообщества	105	0,39	103	0,38	369	1,35
Несомкнутый растительный покров	10623	38,90	3848	14,09	13620	49,87
Территории, лишённые растительности	309	1,13	15144	55,45	774	2,83
Всего:	27310	100,00	27310	100,00	27310	100,00

Проведенный картометрический анализ контуров разновременных геоботанических карт (см. таблицу) показал, что за 33 года площадь лиственничных сообществ существенно не увеличилась, тогда как доля участия каменноберезовых лесов и редколесий почти восстановилась до исходного состояния (до извержения 1975-1976 гг.). Интересно отметить, что на месте полностью погибших сообществ *Betula ermanii*, как правило, формируются каменноберезовые молодняки, что, по-видимому, указывает на наличие банка жизнеспособных семян в почвенно-пирокластическом чехле. Наиболее активно на свежем вулканическом субстрате развивается тополь: за 33 года доля его участия в растительном покрове увеличилась с 0,3 % до 6,6 % в основном за счет формирования больших площадей тополевых редколесий на молодых лавовых потоках, перекрытых тефрой последнего извержения. На шлаковых полях наблюдается активное возобновление ольховника: доля его участия за период с 1977 по 2010 гг. увеличилась в 2 раза. На молодых лавовых потоках активно рассе-

ляется кедровый стланик, его покрытие увеличилось почти в 3 раза. Горно-тундровые сообщества, которые были незначительно нарушены пеплопадом, частично восстановились. Несомкнутый растительный покров в настоящее время занимает около 50 % площади ключевого участка.

Таким образом, геоботанические карты являются важным инструментом при анализе закономерностей вулканогенной трансформации и динамики растительного покрова. Применение геоботанических карт, с одной стороны, обеспечивает наиболее наглядное отражение пространственно-временной динамики растительного покрова и позволяет анализировать закономерности динамики в сопоставлении с другим картографическим материалом, например со схемой разновозрастных лавовых потоков. С другой стороны, современные методы картографирования дают возможность быстро и с большой точностью производить картометрический анализ и на его основе количественно сравнивать разновременные карты растительности и анализировать изменения в структуре растительного

покрова.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 11-04-00027-а).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Большое трещинное Толбачинское извержение. Камчатка, 1975–1976. М.: Наука, 1984. 637 с.
2. *Кораблёв А.П.* Формирование лесной растительности на вулканогенных отложениях Камчатки (на примере плато Толбачинский дол): Автореф. дис. канд. биол. наук. СПб., 2011. 27 с.
3. *Кораблёв А.П., Нешатаева В.Ю.* Классификация растительных сообществ вулканогенных местообитаний

(Толбачинский дол, Камчатка) // Мат. Всеросс. конференции «Развитие геоботаники: история и современность». СПб, 2011. С. 53.

4. *Нешатаева В. Ю., Кораблёв А. П., Вяткина М. П.* Еловые леса из *Picea ajanensis* (Pinaceae) Центральной Камчатки и их классификация // Ботанический журнал. 2010. Т. 95. № 11. С. 1521-1549.

5. *Федотов С. А., Балеста С. Т., Двигало В. Н., Разина А. А., Флеров Г. Б., Чирков А. М.* Новые Толбачинские вулканы // Действующие вулканы Камчатки. М.: Наука, 1991. Т. 1. С. 214-274.

6. *Grishin, S., del Moral, R.* Dynamics of forest after catastrophic eruption of Kamchatka's volcanoes / I. Tuner // Biodiversity and the Dynamics of Ecosystems. Nation University of Singapore. Singapore, 1996. P. 133-146.

VEGETATION MAPPING OF THE VOLCANOGENIC-INDUCED VEGETATION DYNAMICS (ON EXAMPLE OF THE PLATEAU TOLBACHINSKY DOL, KAMCHATKA)

© 2012 A.P. Korablev, V.Yu. Neshataeva

Komarov Botanical Institute of RAS

The use of vegetation mapping for the study of the post-eruptive vegetation dynamics is discussed. The consequences of the catastrophic eruption of Tolbachik volcano (1975-1976 yrs.) and the successional trends in the vegetation cover structure of the plateau Tolbachinsky dol were studied.

Key words: *vegetation dynamics, vegetation mapping, volcanism, Kamchatka*

Korablev Anton Pavlovich, Candidate of Biology, Junior Researcher of Botanical Museum, e-mail: korablev-anton@yandex.ru; *Neshataeva Valentina Yurievna*, Doctor of Biology, Leading Researcher of Laboratory of Plant Communities Ecology, e-mail: vneshataeva@yandex.ru