

О НЕКОТОРЫХ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВАХ ПОЧВ ПЕСЧАНЫХ ОБНАЖЕНИЙ СЕВЕРНЫХ РАЙОНОВ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

О.А. Капитонова, К.Ю. Аксарина

Тобольская комплексная научная станция Уральского отделения Российской академии наук, Тобольск

Автор для переписки: К.Ю. Аксарина, kapoa.tkns@gmail.com

Для цитирования: Kapitonova OA, Aksarina KYu, 2019. On some physical and chemical properties of soils of sandy outcrops of the West Siberian northern regions. Environmental dynamics and global climate change. 10:28-38. <https://doi.org/10.17816/edgcc10533>

Техногенная трансформация экосистем северотаежных лесов и лесотундры на севере Западной Сибири, связанная с развитием нефтегазодобывающей отрасли промышленности, приводит к формированию песчаных обнажений на почвах легкого механического состава. Не закрепленные растительностью песчаные почвы техногенных пустынь перевеваются ветром, представляя реальную опасность для ненарушенных экосистем. Цель исследований заключалась в изучении ряда физико-химических свойств почв песчаных обнажений в северных районах Западной Сибири. Исследования проводили в Пуровском районе Ямало-Ненецкого автономного округа (Тюменская область). Почвенные пробы отбирали в соответствии с ГОСТ 17.4.3.01-83. В отобранных почвенных образцах определяли гранулометрический состав, влажность, фактическую кислотность. Результаты исследований показывают значительные изменения изученных физико-химических свойств подзолистых песчаных почв, происходящие в результате техногенного воздействия. Выявлено статистически значимое снижение кислотности поверхностного слоя почвы до 5–6 единиц pH вследствие уничтожения верхних почвенных горизонтов и обнажения иллювиального горизонта, уменьшение содержания мелкодисперсных фракций — глины и пылеватых частиц, сокращение содержания почвенной влаги.

Ключевые слова: песчаные обнажения; антропогенное опустынивание; эродированные почвы; гранулометрический состав; кислотность; влажность; лесотундра; северная тайга; Ямало-Ненецкий автономный округ; Тюменская область.

The technogenic transformation of the ecosystems of the northern taiga forests and forest tundra in the north of Western Siberia, associated with the development of the oil and gas industry, leads to the formation of sandy outcrops on soils of light mechanical composition. Sandy soils of man-made deserts not fixed by vegetation are transferred by wind, representing a real danger to undisturbed ecosystems. The purpose of the research was to study a number of the physicochemical properties of sandy outcrop soils in the northern regions of Western Siberia. Studies were carried out in the Purovsky District of the Yamalo-Nenets Autonomous District (Tyumen Region). Soil samples were taken in accordance with GOST 17.4.3.01-83. In the selected soil samples, the granulometric composition, humidity, and actual acidity were determined. The research results show significant changes in the studied physicochemical properties of podzolic sandy soils occurring as a result of anthropogenic impact. A statistically significant decrease in the acidity of the surface soil layer to 5–6 pH units was revealed due to the destruction of the upper soil horizons and exposure of the illuvial horizon, a decrease in the content of fine fractions of clay and silt particles, a decrease in the soil moisture content.

Keywords: anthropogenic desertification; sandy outcrop; eroded soil; granulometric composition; acidity; humidity; north-taiga subzone; forest-tundra; Tyumen Region; Yamalo-Nenets Autonomous Okrug.

ВВЕДЕНИЕ

Широко распространенные на территории Западной Сибири районы древнего эолового рельефа, сложенные легким по гранулометрическому составу субстратом [Западная Сибирь..., 1963, с. 63; Земцов, 1976, с. 245], представляют собой природные объекты, легко подвергающиеся разрушению вследствие воздействия антропогенных факторов [Земцов, 1976, с. 256-257]. Особенно остро негативные процессы прояв-

ляются в северных районах региона в условиях слабого развития почвенно-растительного покрова, где интенсивное хозяйственное освоение территорий, в основном развитие нефтегазодобывающей отрасли промышленности, приводит к трансформации или полному уничтожению растительности и, как следствие, обнажению песчаного субстрата [Сизов, 2015, с. 65]. В результате такого воздействия происходит активизация современных эоловых процессов, приводящая к развитию антропогенных песчаных

обнажений — опустыненных участков с не закрепленной растительностью песком. Действие ветра усиливает негативный эффект песчаных обнажений, замедляя их зарастание, перенося песок на ненарушенные сообщества, погребая их под песчаными массами. Этот процесс в настоящее время приобрел статус одной из наиболее острых экологических проблем в условиях северной тайги [Соромотин, 2010, с. 186].

Длительный период изучения почвенного покрова севера Западной Сибири [Гаврилова и др., 1971; Ливеровская, 1971; Васильевская и др., 1986] позволяет говорить о том, что к настоящему времени свойства почв данного региона, включая районы развития эоловых процессов, имеют достаточно высокий уровень изученности, в том числе в условиях действия разнообразных природных и антропогенных факторов. Комплексное представление о почвах криолитозоны Западной Сибири, в том числе физико-химических свойствах почв подзолистого ряда, дано в работе В.Я. Хренова [Хренов, 2011, с. 116-148]. Установлены основные закономерности формирования почв северотаежных ландшафтов Западной Сибири в условиях криогенеза с характеристикой наиболее важных особенностей почвенного покрова этой территории [Матышак, 2009]. Детально изучены свойства почв криолитозоны Западной Сибири в связи с интенсивным развитием нефтегазодобывающей отрасли промышленности в регионе. Выявлены масштабные явления техногенного химического загрязнения и деградации почв в пределах нефтегазовых месторождений в таежной зоне Тюменской области, включая северотаежные районы с высокой активностью дефляционных процессов, где зарегистрирована положительная динамика роста песчаных обнажений на освоенных территориях [Соромотин, 2007, с. 28; Соромотин, 2010, с. 185-186]. Многолетними исследованиями, проводимыми с конца 60-х годов прошлого столетия по настоящее время в районе Надымского стационара (Надымский район ЯНАО, подзона северной тайги), установлено увеличение мощности сезонно-талого слоя вследствие уничтожения почвы и растительного покрова при прокладке линейных сооружений, что отражается на процессах восстановления растительности [Казанцева, 2007; Москаленко, 2009]. Показано действие пожаров, строительства линейных сооружений и других видов антропогенного воздействия на свойства лесотундровых и северотаежных почв Западной Сибири: помимо изменения гидротермического режима, морфологических и физико-химических показателей, меняются и биологические свойства почв, выражающиеся в смене доминантов растительности [Васильевская и др.,

1986, с. 168-187; Москаленко, 2012, с. 38-42]. Выявлено, что к числу наименее устойчивых к техногенным воздействиям относятся песчаные подзолы, активно используемые для закладки карьеров, что приводит их к чрезвычайно интенсивной эрозии [Васильевская и др., 1986, с. 191]. Наиболее устойчивыми к дефляции считаются гумусированные, оторфованные и хорошо увлажненные почвы [Сизов, 2015, с. 49].

Специально проведенными в пределах северной тайги Западной Сибири исследованиями показано действие природных и антропогенных факторов на процессы современного эолового рельефообразования, подробно изучены почвы в местах развития современных эоловых процессов, преимущественно охватывающих бассейн р. Надым [Сизов, 2015]. Наблюдения за восстановлением растительности на антропогенных песчаных обнажениях позволили установить особенности их зарастания [Шилова, 1977; Дружинина, Мяло, 1990; Москаленко, 1991; Коронатова, Миляева, 2011; Сизов, Лоботросова, 2016].

Отмеченная способность трансформированных почв к зарастанию свидетельствует о сохранении ими ряда свойств, имеющих принципиальное значение для восстановления растительности. Однако флористические и геоботанические материалы не всегда сопровождаются сведениями о свойствах экотопов, которые меняются не только в результате их техногенной трансформации, но и в процессе сукцессионного развития. В этой связи, указанные нами ранее особенности начального этапа зарастания песчаных обнажений в северных районах Западной Сибири [Селиванов и др., 2016; Капитонова и др., 2017а, б] в настоящем сообщении дополняются данными по ряду физико-химических характеристик почв обследованных участков, что являлось одной из задач комплексного изучения восстановительного потенциала биоты на участках техногенного нарушения экосистем естественных эоловых образований в лесотундре и северной тайге Западной Сибири. Основная цель настоящего исследования — изучение некоторых свойств экотопов песчаных обнажений различного генезиса в северных районах Западной Сибири, испытавших разную степень техногенной нагрузки.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования проводились в Пуровском районе Ямало-Ненецкого автономного округа (Тюменская область). Территория расположена в пределах северной части Западно-Сибирской равнины, в междуречье рек Пур и Надым,

в плейстоцене неоднократно подвергавшемся воздействию покровных оледенений и морских трансгрессий, результатом чего явилось накопление значительных толщ осадочных пород легкого механического состава. Считается, что именно эти отложения в последующем явились исходным материалом для формирования древнего (плейстоценового) эолового рельефа, на котором развиваются современные процессы ветровой эрозии [Сизов, 2015, с. 26, 29]. По характеру рельефа местность относится к плоским сильно заболоченным многоозерным низменностям, сложенным флювиогляциальными и морскими отложениями, которые на многих участках переотложены древними эоловыми процессами. В геоморфологическом плане низменность относится к классу погруженных аккумулятивных равнин, переходящих на севере в типичные (нормальные) аккумулятивные равнины [Западная Сибирь, 1963, с. 24, 63, 68]. На рассматриваемой территории в основном развиты глеево-подзолистые по-

чвы и подзолы легкого механического состава, имеющие сравнительно мощный профиль (до 100–150 см) и характеризующиеся небольшой толщиной гумусового горизонта (до 10 см), часто увлажненного и поверхностно оглеенного [Западная Сибирь, 1963, с. 167; Добровольский и др., 1998, с. 63–65, 148–153]. Бедные питательными веществами, такие почвы заняты в основном сосновыми борами, реже — смешанными хвойно-мелколиственными лесами [Западная Сибирь, 1963, с. 170].

Экспедиционными исследованиями, проведенными в июле 2017 г. на территории, рекогносцировочно обследованной в 2016 г., были охвачены 3 участка песчаных обнажений естественного генезиса, испытывающих в настоящее время разную степень антропогенной нагрузки (рис. 1):

1. Песчаное обнажение в границах естественного раздува в 27 км к югу от г. Муравленко. Располагается в пределах северотаежной подзоны таежной природной зоны. Обнажение со-

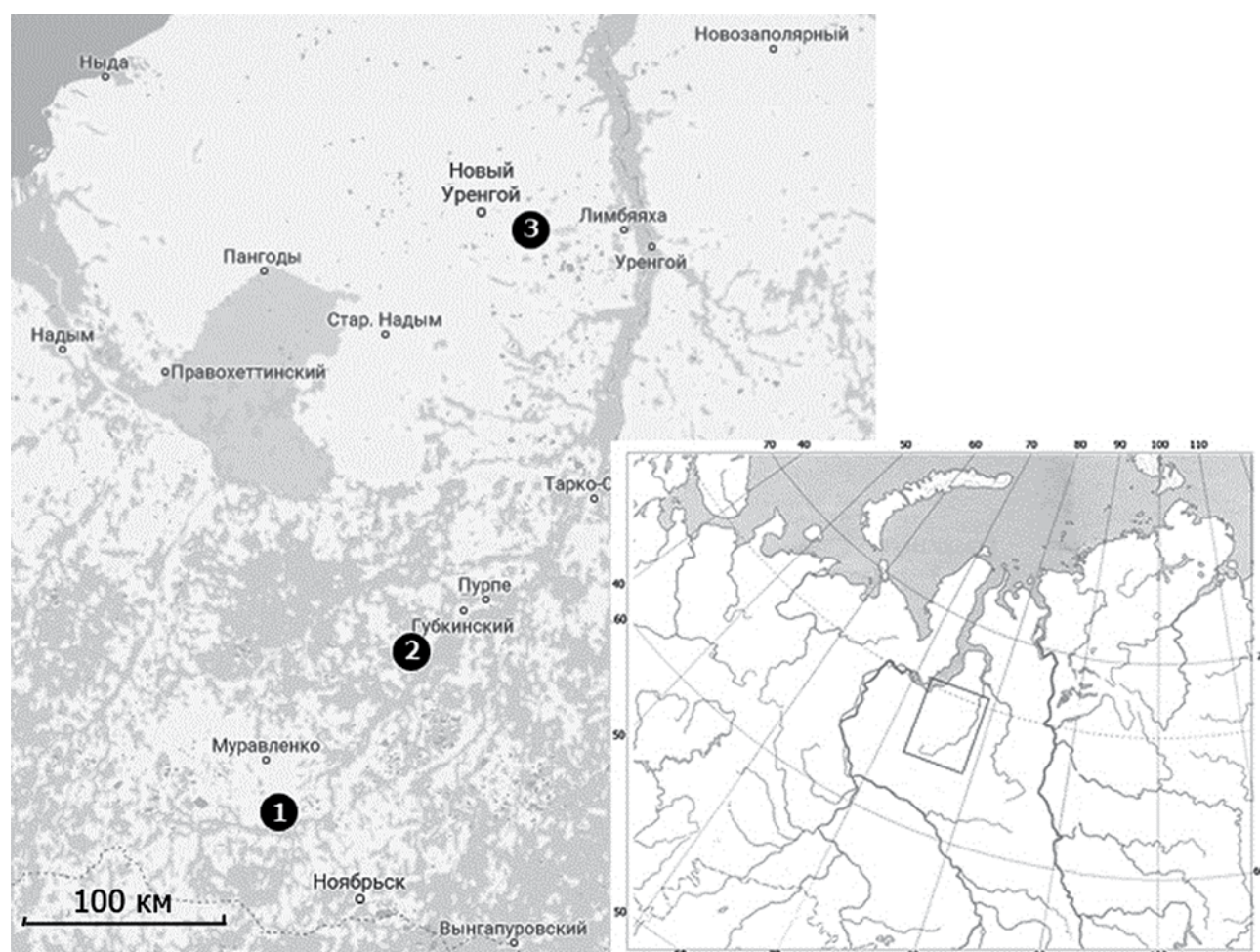


Рис. 1. Местоположение обследованных участков песчаных обнажений. Во врезке контуром показан район проведения исследований. Нумерация соответствует обозначению участков в тексте

Fig. 1. The location of the surveyed areas of sandy outcrops. In the sidebar, the outline shows the research area. The numbering corresponds to the designation of sections in the text

стоит из двух частей (западная и восточная), разделенных безымянным ручьем, являющимся левым притоком р. Пякупур (рис. 2). Площадь западной части — 0,9 км², восточной — 3,3 км², суммарная площадь обнажений составляет 4,2 км². По юго-западной и южной периферии обнажений сформирован вал засыпания высотой до 4,5–5,5 м. Участок испытывает значительную антропогенную нагрузку. По обследованной территории к имеющимся нефтедобывающим скважинам проходит несколько технологических грунтовых дорог, а на ее западной окраине проходит оживленная автомагистраль Сургут — Новый Уренгой и поверхностный трубопровод. На территории имеются несанкционированные свалки промышленных отходов (трубы, металлическая оплетка кабеля, брошенный вагон-бытовка и пр.), а также бытовой мусор (банки, пластиковые бутылки, полиэтилен и пр.). Исследования проводились в пределах обеих частей запесоченной территории (условное обозначение — Участок 1.1), а также за пределами песчаных обнажений — на участке естественного сосняка лишайниково-кустарничкового, примыкающего к песчаному обнажению (Участок 1.2).

2. Песчаное обнажение в пределах естественного раздува в 32 км к юго-западу от

г. Губкинский. Располагается в подзоне северной тайги таежной природной зоны. Обнажение почти лишено растительности вследствие пожара, в результате которого участок соснового леса полностью сгорел (в пределах обнажения обнаружен остов сгоревшего автомобиля, имеются следы пожара в нижней части стволов сохранившихся деревьев). Территория характеризуется выровненностью рельефа и отсутствием понижений, что создает исключительно суровые условия для жизни, как растений, так и животных внутри запесоченной территории на удалении от границ с ненарушенными биотопами, представленными преимущественно сосняками-беломошниками. Ближайшим источником воды является р. Хэкудыха, протекающая в 800 м к северу от границы песчаного обнажения. Исследованная территория испытывает слабое антропогенное воздействие, заключающееся в периодическом проезде автотранспорта по грунтовой технологической дороге к расположенной поблизости высоковольтной ЛЭП. Площадь территории составляет чуть более 1,1 км² (рис. 3). Исследования проводились на песчаных обнажениях (Участок № 2.1) и на участке естественного ненарушенного сосняка лишайникового (Участок № 2.2).

3. Песчаное обнажение на месте вырабо-

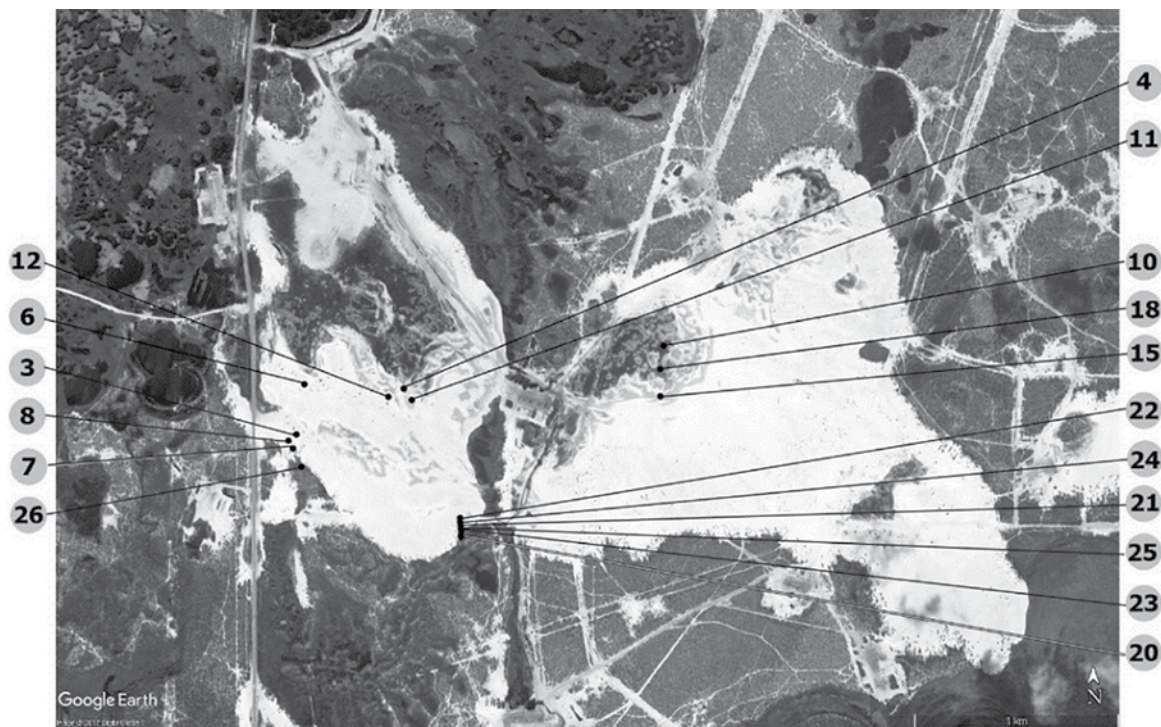


Рис. 2. Космоснимок песчаного обнажения № 1 (окрестности г. Муравленко, Пуровский р-н ЯНАО). В кружочках указаны номера лабораторных проб (см. Приложение, табл. 1). Изображение DigitalGlobe, Landsat / Copernicus, CNES / Airbus. Картографические данные © Google, 2017

Fig. 2. Satellite image of sandy outcrop No. 1 (environs of Muravlenko, Purovsky district of the YNAO). The circles indicate the numbers of laboratory samples (see Appendix, Table 1). Image of DigitalGlobe, Landsat / Copernicus, CNES / Airbus. Map Data © 2017 Google

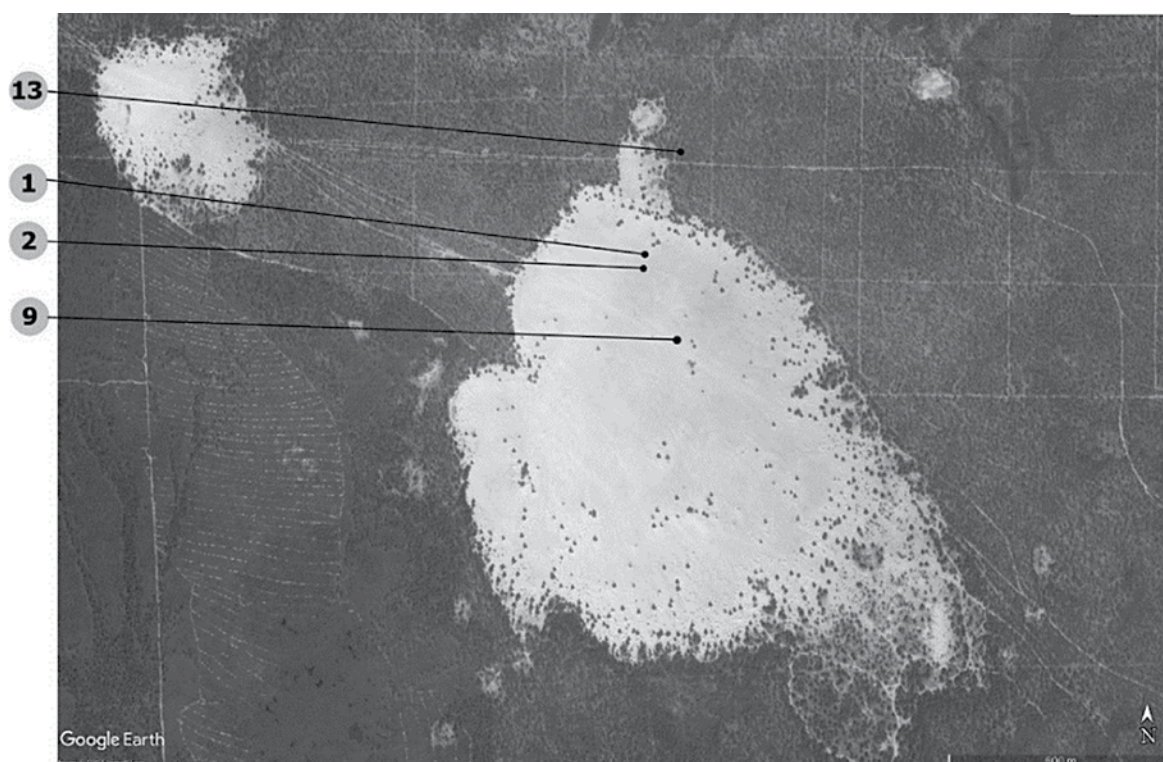


Рис. 3. Космоснимок песчаного обнажения № 2 (окрестности г. Губкинский, Пуровский р-н ЯНАО). Обозначения как на рис. 2. Изображение DigitalGlobe, Landsat / Copernicus, CNES / Airbus. Картографические данные © Google, 2017
Fig. 3. Satellite image of sandy outcrop No. 2 (environs of the town of Gubkinsky, Purovsky District of the YNAO). Designations as in fig. 2. Image of DigitalGlobe, Landsat / Copernicus, CNES / Airbus. Map Data © 2017 Google

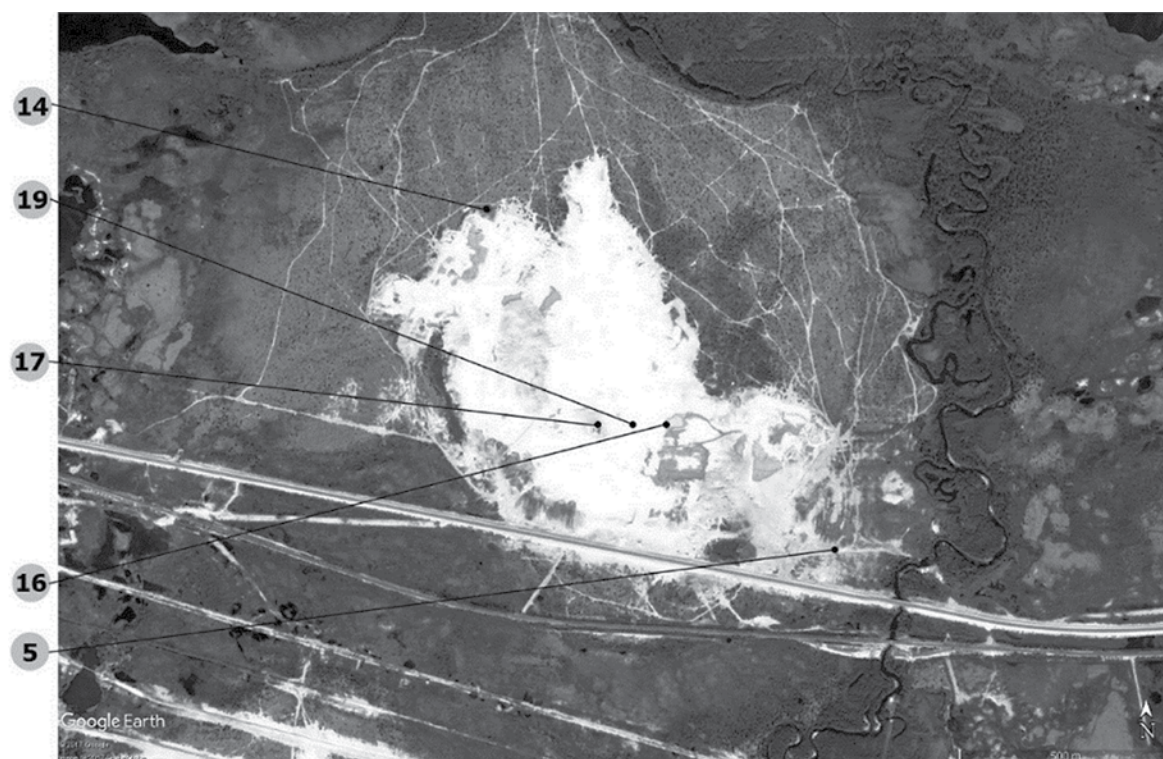


Рис. 4. Космоснимок песчаного обнажения № 3 (окрестности г. Новый Уренгой, Пуровский р-н ЯНАО). Обозначения как на рис. 2. Изображение DigitalGlobe, Landsat / Copernicus, CNES / Airbus. Картографические данные © Google, 2017
Fig. 4. Satellite image of sandy outcrops number 3 (environs of Novy Urengoy, Purovsky district of the YNAO). Designations as in fig. 2. Image of DigitalGlobe, Landsat / Copernicus, CNES / Airbus. Map Data © 2017 Google

танного карьера в 23 км к востоку-юго-востоку от г. Новый Уренгой (рис. 4). Территория расположена у южного предела лесотундровой зоны. В 1 км к северу от ее границ протекает крупный левый приток р. Пур — р. Евояха, а в 350 м к востоку — ее мелкий правый приток р. Халзутаяха. В окрестностях карьера имеются многочисленные озера и болота, а на самой территории размещаются около 20 водоемов (от небольших луж до озерков длиной 40 м и глубиной до 1,5 метров). Рельеф местности сильно изрезан и в значительной степени изменен в результате добычи песка и ПГС.

Посреди площадки над окружающей территорией возвышается холм с триангуляционным геодезическим знаком. Относительная высота холма — 11 м, высота стенок карьера — 4–5 м. Оставшиеся после прекращения добычи песка возвышенные участки в центральной и восточной частях площадки подвержены водной эрозии, приводящей к образованию узких и глубоких щелей и трещин. На территории имеются многочисленные несанкционированные свалки бытового, технического и строительного мусора. В непосредственной близости проходят железнодорожная магистраль и шоссе с

Таблица 1 / Table 1

Физико-химические показатели исследованных почвенных образцов

Physico-chemical characteristics of the soil samples studied

Полевой номер образца	№ лабораторной пробы	Условное обозначение	Географические координаты мест пробоотбора	Дата сбора	W, %	pH, ед.	П (0,05–2 мм), %	Г (<0,001 мм), %	Пл (0,001–0,05 мм), %
1	3.	Участок 1.1	N63.541306° E74.602028°	18.07.17	2.141	4.93	100.0	0.0	0.0
2	8.	Участок 1.1	N63.541143° E74.602121°	18.07.17	9.690	4.91	95.0	1.134	3.8665
3	7.	Участок 1.1	N63.540913° E74.602674°	18.07.17	1.904	6.26	100.0	0.0	0.0
20	15.	Участок 1.1	N63.542616° E74.638430°	18.07.17	20.924	4.85	100.0	0.0	0.0
21	18.	Участок 1.1	N63.543402° E74.637936°	19.07.17	28.611	4.88	100.0	0.0	0.0
22	10.	Участок 1.1	N63.544460° E74.638923°	19.07.17	34.388	4.70	95.0	1.134	3.8665
24	11.	Участок 1.1	N63.542124° E74.612298°	20.07.17	2.115	4.92	100.0	0.0	0.0
25	4.	Участок 1.1	N63.542381° E74.612432°	20.07.17	10.069	4.68	100.0	0.0	0.0
28	12.	Участок 1.1	N63.542933° E74.612184°	20.07.17	2.850	4.53	95.0	2.267	2.733
30	6.	Участок 1.1	N63.543181° E74.602910°	20.07.17	22.446	5.66	100.0	0.0	0.0
1.1	22.	Участок 1.1	N63.536578° E74.619895°	19.07.17	1.120	5.06	100.0	0.0	0.0
1.2	24.	Участок 1.1	N63.536573° E74.619884°	19.07.17	0.700	6.42	100.0	0.0	0.0
1.3	21.	Участок 1.1	N63.536570° E74.619884°	19.07.17	1.425	4.88	95.0	1.134	3.8665
1.4	25.	Участок 1.1	N63.536568° E74.619884°	19.07.17	0.320	5.08	100.0	0.0	0.0
1.5	23.	Участок 1.1	N63.536565° E74.619878°	19.07.17	3.140	4.74	100.0	0.0	0.0
1.6	20.	Участок 1.2	N63.536565° E74.619860°	19.07.17	52.301	3.72	45.0	4.534	50.466
6	26.	Участок 1.2	N63.539140° E74.602321°	19.07.17	27.970	3.56	55.0	3.401	41.60
1a	9.	Участок 2.1	N64.277500° E75.889040°	20.07.17	3.090	4.78	100.0	0.0	0.0
37	1.	Участок 2.1	N64.280209° E75.886975°	21.07.17	2.666	4.85	100.0	0.0	0.0
37a	2.	Участок 2.1	N64.279837° E75.887265°	21.07.17	2.107	4.90	85.0	0.0	15.0
49	13.	Участок 2.2	N64.281938° E75.888631°	21.07.17	8.207	2.84	55.0	0.0	45.0
51	17.	Участок 3.1	N66.000089° E77.292324°	22.07.17	0.181	4.70	100.0	0.0	0.0
52	19.	Участок 3.1	N66.000011° E77.294246°	22.07.17	1.985	5.10	100.0	0.0	0.0
53	16.	Участок 3.1	N65.999985° E77.295579°	22.07.17	24.019	6.00	100.0	0.0	0.0
110	5.	Участок 3.1	N65.997645° E77.306655°	23.07.17	4.229	4.92	100.0	0.0	0.0
56	14.	Участок 3.2	N66.005200° E77.286498°	23.07.17	0.865	3.16	35.0	2.267	62.733

Примечание: W — влажность, pH — кислотность, П — доля песчаных фракций, Г — содержание глинистых частиц, Пл — содержание пылеватых частиц. Заливкой выделены ненарушенные залесенные экотопы.

Таблица 2 / Table 2

Статистические характеристики физико-химических свойств исследованных почвенных образцов
Statistical characteristics of the physico-chemical properties of the soil samples studied

Свойства почв	Характер экотопа	N	M ± m	Lim (min — max)	σ	CV, %
Все участки						
рН, ед.	- ненарушенные биотопы	4	3.32 ± 0.199 *	2.84 — 3.72	0.3973	11.97
	- песчаные обнажения	22	5.08 ± 0.111 *	4.53 — 6.42	0.5187	10.21
W, %	- ненарушенные биотопы	4	22.336 ± 11.512 *	0.865 — 52.301	23.0237	103.08
	- песчаные обнажения	22	8.187 ± 2.240 *	0.181 — 34.388	10.5057	128.32
П, %	- ненарушенные биотопы	4	47.500 ± 4.787 *	35.0 — 55.0	9.5743	20.16
	- песчаные обнажения	22	98.409 ± 0.763 *	85.0 — 100.0	3.5812	3.64
Г, %	- ненарушенные биотопы	4	2.551 ± 0.968 *	0.0 — 4.534	1.9359	75.89
	- песчаные обнажения	22	0.258 ± 0.128 *	0.0 — 2.267	0.5991	232.21
Пл, %	- ненарушенные биотопы	4	49.950 ± 4.636 *	41.60 — 62.733	9.2718	18.56
	- песчаные обнажения	22	1.333 ± 0.718 *	0.0 — 15.0	3.3680	252.66
Участки 1 и 2						
рН, ед.	- ненарушенные биотопы	3	3.37 ± 0.271 *	2.84 — 3.72	0.4688	13.91
	- песчаные обнажения	18	5.06 ± 0.123 *	4.53 — 6.42	0.5215	10.31
W, %	- ненарушенные биотопы	3	29.493 ± 12.751 *	8.207 — 52.301	22.0864	74.89
	- песчаные обнажения	18	8.317 ± 2.523 *	0.320 — 34.388	10.7062	128.73
П, %	- ненарушенные биотопы	3	51.667 ± 3.333	45.0 — 55.0	5.7735	11.17
	- песчаные обнажения	18	98.056 ± 0.916	85.0 — 100.0	3.8877	3.96
Г, %	- ненарушенные биотопы	3	2.645 ± 1.362 *	0.0 — 4.534	2.3596	89.21
	- песчаные обнажения	18	0.315 ± 0.153 *	0.0 — 2.267	0.6513	206.76
Пл, %	- ненарушенные биотопы	3	45.689 ± 2.582	41.60 — 50.466	4.4729	9.79
	- песчаные обнажения	18	1.629 ± 0.866	0.0 — 15.0	3.6743	225.56
Участок 3						
рН, ед.	- ненарушенные биотопы	1	3.16	-	-	-
	- песчаные обнажения	4	5.18 ± 0.285	4.7 — 6.0	0.5706	11.02
W, %	- ненарушенные биотопы	1	0.865	-	-	-
	- песчаные обнажения	4	7.604 ± 5.534	0.181 — 24.019	11.0682	145.55
П, %	- ненарушенные биотопы	1	35.00	-	-	-
	- песчаные обнажения	4	100.0 ± 0.0	100.0 — 100.0	0.0	0.0
Г, %	- ненарушенные биотопы	1	2.267	-	-	-
	- песчаные обнажения	4	0.0	0.0 — 0.0	0.0	0.0
Пл, %	- ненарушенные биотопы	1	62.733	-	-	-
	- песчаные обнажения	4	0.0	0.0 — 0.0	0.0	0.0

Примечание: условные обозначения как в табл. 1; звездочкой (*) обозначены статистически значимые различия (при $p < 0.05$).

интенсивным движением транспорта. Площадь участка небольшая, составляет около 0,5 км². Обследованы песчаные обнажения в пределах выработанного карьера (Участок № 3.1) и участок естественного березово-хвойного лишайниково-кустарникового лесотундрового редколесья вблизи карьера (Участок № 3.2).

В соответствии с геоморфологическим районированием территории Тюменской области [Лазуков, 1971], исследованные участки сосредоточены на приподнятой морской пологовол-

нистой заболоченной и заозеренной, сильно переработанной денудацией равнине времен ямальской трансгрессии с абсолютными отметками 80–120 м. Все исследованные участки относятся к бассейну р. Пур, при этом первые два песчаных обнажения расположены в пределах подзоны северной тайги таежной зоны [Западная Сибирь, 1963, с. 316] и представляют собой участки, расположенные на древне-эоловых песчаных массивах, на которых в настоящее время развиваются локальные антропо-

погенно обусловленные процессы ветровой эрозии как следствие уничтожения естественной растительности. Третий исследованный участок отличается от первых двух не только своим расположением у южной границы лесотундры, в районе ее постепенного перехода в северную тайгу, но и несколько иным генезисом (представляет собой реликт ледникового рельефа), а также отсутствием перевеваемых песков.

На каждом из обследованных участков закладывали пробные площадки, размеры которых варьировали от 0,1 га до 0,5 га в зависимости от контура фитоценоза. Географические координаты мест пробоотбора представлены в табл. 1 и показаны на рис. 2–4. С пробных площадок отбирали по 10 точечных проб поверхностного слоя почвы согласно ГОСТ 17.4.3.01–83 [ГОСТ..., 2004], объемом по 125 см³ каждая, на глубину до 5 см [Гиляров, 1965]. Точечные пробы смешивались; полученная таким образом объединенная проба упаковывалась в плотный полиэтиленовый пакет и этикетировалась. Всего отобрано 26 объединенных почвенных образцов, в том числе с песчаного обнажения № 1 — 17 образцов, с обнажения № 2 — 4 образца, с обнажения № 3 — 5 образцов (табл. 1). Физико-химический анализ отобранных проб проводили в химико-экологической лаборатории Тобольской комплексной научной станции УрО РАН. Определяли гранулометрический состав почвенных образцов, их влажность и кислотность. Гранулометрический состав почв определяли по ГОСТ 12536–2014 [ГОСТ..., 2015], актуальную кислотность (рН_{H₂O}) — по ГОСТ 26423–85 [ГОСТ..., 1985], влажность почвы — по ГОСТ 28268–89 [ГОСТ..., 1989]. Размерность почвенных фракций дана по классификации В.В. Охотина [Охотин, 1933, с. 9]. Для классификации почв по гранулометрическому составу использовали метод треугольных координат (треугольник Ферре) с учетом соотношения песчаной, глинистой и пылеватой фракций [Определение..., 2007]. Высоту песчаных бугров и валов, а также деревьев измеряли высотомером Suunto PM-5/1520 РС.

Полученные данные подвергнуты стандартному статистическому анализу [Ивантер, Коросов, 1992]. Статистическая обработка данных проводилась в программной среде Microsoft Excel 2013, при этом вычисляли основные статистические характеристики: среднюю величину и ошибку средней ($M \pm m$), размах наблюдаемых признаков ($Lim (min-max)$), среднее квадратичное (стандартное) отклонение (σ). Вариабельность признаков определяли с помощью коэффициента вариации (CV). Достоверность различия между двумя выборочными средними оцени-

вали с помощью критерия Фишера (F) при $p < 0,05$. Статистические характеристики приводятся как для всех почвенных образцов, так и в отдельности для образцов, отобранных в северной тайге (участки 1 и 2) и лесотундровой зоне (участок 3).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты проведенных анализов показывают существенные различия в изученных физико-химических свойствах исследованных почвенных образцов. Согласно полученным данным, показатели измеряемых параметров варьируют в широких пределах (табл. 1, 2). В особенности это касается влажности почвы и содержания глинистых и пылеватых частиц.

Выявлено, что почвы в местах проведения исследований в северных районах Западной Сибири преимущественно кислые, значение рН изменяется в пределах от 2,84 до 6,42, причем наиболее низкие значения этого показателя характерны для почв естественных ненарушенных участков северотаежных и лесотундровых экосистем, где кислотность колеблется от 2,84 до 3,72 единиц (участки 1.2, 2.2 и 3.2), что в целом согласуется с литературными данными [Западная Сибирь, 1963, с. 168; Добровольский и др., 1998, с. 149]. На эродированных почвах песчаных обнажений кислотность изменяется в пределах от 4,52 до 6,42 единиц рН (участки 1.1, 2.1 и 3.1). Полученные значения имеют статистически значимые различия (табл. 2). Следовательно, можно говорить о снижении кислотности почв на экотопах, испытывающих разную степень антропогенного воздействия в пределах изученных песчаных обнажений, по сравнению с почвами ненарушенных лесных и лесотундровых экосистем до 5–6 единиц рН и выше (слабокислая и нейтральная среда). Это можно объяснить эрозией верхних почвенных горизонтов, имеющих в северотаежных почвах подзолистого ряда сильнокислую реакцию из-за наличия высоких концентраций водорастворимых фульвокислот, и обнажением иллювиального и элювиального горизонтов как следствие уничтожения растительного покрова, так как известно, что вниз по профилю рассматриваемых почв концентрация почвенных кислот, а, следовательно, и кислотность уменьшаются [Васильевская и др., 1986, 116–118; Добровольский и др., 1998, с. 148–153; Ковриго и др., 2008, с. 234–239].

Показатель влажности исследованных почвенных образцов изменялся в пределах от 0,181% до 52,301%. В почвах ненарушенных лесных экосистем этот показатель колебался от 0,865% до 52,301%. В пределах песчаных

обнажений влажность оказалась значительно ниже — от 0,181% до 34,388%, что показывает более экстремальные условия для обитания животных и растений на данных экотопах. Хотя влажность субстрата в большей степени зависит не от степени нарушенности местообитания, а от положения его в рельефе местности, и, как правило, пониженные участки имеют более высокие значения этого показателя по сравнению с повышенными участками, тем не менее, полученные статистически значимые различия говорят о существенной роли антропогенного нарушения экотопа в уменьшении содержания почвенной влаги, что происходит, вероятнее всего, вследствие увеличения пористости и снижения содержания мелкодисперсных фракций минерального вещества почвы на не закрепленных растительностью песках.

По процентному соотношению механических элементов твердой фазы почвы все исследованные образцы с песчаных обнажений относятся к рыхлым пескам (с процентным содержанием песка 95–100%), за исключением одного образца (лабораторная проба № 2), содержащего 85% песчаной фракции и характеризующегося как песок суглинистый. Почвы с ненарушенных залесенных местообитаний характеризуются как опесчаненные суглинки (лабораторные пробы № 13 — сосняк лишайниковый и № 26 — сосняк лишайниково-кустарничковый), либо пылеватые (илистые) суглинки (лабораторные пробы № 14 — березово-хвойное лишайниково-кустарниковое редколесье и № 20 — заболоченный сосняк лишайниково-кустарничковый).

Изменение гранулометрического состава исследованных образцов почв проявляется в увеличении доли частиц песка до 100% на участках песчаных обнажений по сравнению с ненарушенными залесенными биотопами, где доля песка составляла от 35 до 55%. Полученные значения оказались статистически значимыми при учете всех почвенных образцов, как и различия в содержании фракции глины и пылеватых частиц (табл. 2). Однако достоверность различий сравниваемых выборок по содержанию песка и пылеватых частиц не достигнута при рассмотрении участков 1 и 2 без участка 3, тогда как процентное содержание глинистых частиц имеет статистически значимые различия, что, вероятно, связано с небольшим объемом выборки образцов с ненарушенных участков. Полученные данные свидетельствуют о существенном изменении гранулометрического состава почв северотаежных и лесотундровых песчаных массивов, испытывающих техногенное воздействие. Теряя наиболее мелкодисперсные фракции — глину и пылеватые частицы — почвы становятся более рыхлыми, пористыми, подверженными ветрово-

му воздействию, легко отдавая при этом влагу атмосферному воздуху.

Таким образом, проведенными исследованиями выявлено, что изученные песчаные обнажения испытывают разную форму (прокладка линейных сооружений в виде грунтовых дорог и трубопроводов, пожар, добыча песка и ПГС) и степень антропогенных воздействий (пожары случаются как по вине человека, так и природного генезиса; строительство дорог, трубопроводов и других инженерных сооружений часто затрагивает лишь верхние почвенные горизонты, хотя действие ветра впоследствии может усугубить процесс разрушения почвы, тогда как сухоройные карьеры считаются одними из наиболее мощных факторов воздействия на природные ландшафты), а также расположены в пределах разных природных зон (северная тайга — лесотундра). Тем не менее, они показывают большое сходство по ряду физико-химических свойств почв, имея существенные отличия по этим показателям от близ расположенных ненарушенных залесенных экосистем. К настоящему времени в результате комплексного воздействия причин, как природного, так и антропогенного характера, в пределах исследованных песчаных массивов северных районов Западной Сибири сложились весьма специфические условия, которые можно охарактеризовать как экстремальные по целому ряду экологических факторов (очень низкая влажность, отсутствие или низкое содержание мелкодисперсных почвенных фракций, высокий уровень пористости и подвижности субстрата, низкое содержание элементов минерального питания). Формирующиеся под воздействием этих факторов экотопы могут быть освоены лишь небольшим числом видов растений-эрозиофилов, переходящих на нарушенные запесоченные местообитания с аналогичных естественных экотопов с рыхлыми песчаными и супесчаными, часто подвижными грунтами, характерными для морских и озерных отмелей, речного аллювия, осыпей, склонов оврагов [Дорогостайская, 1972, с. 17–18]. К примеру, нами ранее было показано, что наиболее распространенными и обычными растениями на исследованных песчаных обнажениях в пределах ЯНАО оказались корневишные и плотнодерновинные многолетние травы, хорошо адаптированные к рыхлому субстрату: *Juncus trifidus* L., *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth, *Festuca ovina* L. s. l., *Bromopsis inermis* (Leyss.) Holub и др. [Капитонова и др., 2017a].

ВЫВОДЫ

Интенсивное антропогенное воздействие, оказываемое на подзолистые почвы легкого

гранулометрического состава северотаежных и лесотундровых районов Западной Сибири в пределах бассейна р. Пур, приводит к формированию нарушенных участков в границах естественных песчаных массивов. Вне зависимости от степени и формы таких воздействий почвы песчаных обнажений приобретают характерные свойства, отличающие их от ненарушенных залесенных экосистем по ряду физико-химических показателей. Выявлено, что трансформированные почвы становятся менее кислыми, более сухими, почти полностью теряют наиболее мелкодисперсные фракции — глину и пылеватые частицы. Складывающиеся в пределах антропогенных экотопов экстремальные условия могут оказаться приемлемыми для освоения лишь небольшой группой специализированных видов-эрозиофилов.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена в рамках конкурсного проекта № 15-15-4-60 программы Президиума УрО РАН «АРКТИКА» и частично при финансовой поддержке ФАНО России в рамках темы ФНИ № 0408-2014-0019 «Миграционные процессы радионуклидов и химических поллютантов в экосистеме водоемов Обь-Иртышского бассейна».

ЛИТЕРАТУРА

1. Васильевская ВД, Иванов ВВ, Богатырев ЛГ, 1986. Почвы севера Западной Сибири. Изд-во Моск. Ун-та, Москва: 227 с.
2. Гаврилова ИП, Долгова ЛС, Караваева НА, Павленко ИА, Уфимцева КА, 1971. Почвы тайги. В: Атлас Тюменской области. Вып. 1. Москва-Тюмень: Главное управление геодезии и картографии при Совете министров СССР, 1971.
3. Гиляров МС, 1965. Почвенные животные как компоненты биоценоза. Журнал общей биологии. 26:276–288.
4. Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава, 2014. ГОСТ 12536-2014.
5. Добровольский ГВ, Шеремет БВ, Афанасьева ТВ, Палечек ЛА, 1998. Почвы. Энциклопедия природы России. АБФ, Москва: 365 с.
6. Дорогостайская ЕВ, 1972. Сорные растения Крайнего Севера СССР. Изд-во «Наука», Ленингр. отд., Ленинград: 172 с.
7. Дружинина ОА, Мяло ЕГ, 1990. Охрана растительного покрова Крайнего Севера: проблемы и перспективы. Агропромиздат, Москва: 176 с.
8. Земцов АА, 1976. Геоморфология Западно-Сибирской равнины: Северная и центральная части. Изд-во Томского ун-та, Томск: 344 с.
9. Ивантер ЭВ, Коросов АВ, 1992. Основы биометрии: Введение в статистический анализ биологических явлений и процессов: Учебное пособие. Изд-во Петрозаводск. гос. ун-та, Петрозаводск: 168 с.
10. Казанцева ЛА, 2007. Пространственная изменчивость ландшафтных и геоэкологических условий естественных и нарушенных экосистем северной тайги Западной Сибири. Криосфера Земли. 11:14–18.
11. Капитонова ОА, Селиванов АЕ, Капитонов ВИ, 2017. Пространственная динамика растительности на антропогенных песчаных обнажениях в северотаежной подзоне Западной Сибири. В: Экология биосистем: проблемы изучения, индикации и прогнозирования, Астрахань.
12. Капитонова ОА, Селиванов АЕ, Капитонов ВИ, 2017. Структура растительных сообществ начальных стадий сукцессий на антропогенных песчаных обнажениях лесотундры и северной тайги Западной Сибири. Сибирский экологический журнал. 24:731–745. doi: 10.15372/SEJ20170606
13. Ковриго ВП, Кауричев ИС, Бурлакова ЛМ, 2008. Почвоведение с основами геологии. КолосС, Москва: 439.
14. Коронатова Н.Г., Миляева Е.В. Сукцессия фитоценозов при зарастании выработанных карьеров в подзоне северной тайги Западной Сибири // Сибирский экологический журнал. – 2011. – № 5. – С. 697–705.
15. Лазуков ГИ, 1971. Геоморфологические особенности. В: Атлас Тюменской области. Вып. 1. Москва-Тюмень: Главное управление геодезии и картографии при Совете министров СССР, 1971.
16. Ливеровская ИТ, 1971. Почвы тундры и лесотундры. В: Атлас Тюменской области. Вып. 1. Москва-Тюмень: Главное управление геодезии и картографии при Совете министров СССР, 1971.
17. Матышак ГВ, 2009. Особенности формирования почв севера Западной Сибири в условиях криогенеза [автореф. дис.] Москва: 25 с.
18. Москаленко НГ, 1991. Антропогенная динамика растительного покрова севера Западной Сибири [автореф. дис.] Москва: 44 с.
19. Москаленко НГ, 2009. Изменение температуры пород и растительности под влиянием меняющегося климата и техногенеза в Надымском районе Западной Сибири. Криосфера Земли. 13:18–23.
20. Москаленко НГ, 2012. Изменения криогенных ландшафтов северной тайги Западной Сибири в условиях меняющегося климата и техногенеза. Криосфера Земли. 16:38–42.
21. Охотин ВВ, 1933. Классификация грунтов на основе их физических и механических свойств. ОГИЗ Ленгострансиздат, Ленинград: 72 с.
22. Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб, 1983. ГОСТ 17.4.3.01–83.
23. Почвы. Методы определения влажности, максимальной гигроскопической влажности и влажности устойчивого завядания растений, 1989. ГОСТ 28268–89.
24. Рихтер ГД, 1963. Западная Сибирь. Изд-во АН СССР, Москва: 488 с. [Rikhter GD, 1963. Zapadnaya Sibir'. Izd -vo AN SSSR, Moscow: 488 pp. (In Russian)].
25. Селиванов АЕ, Капитонов ВИ, Еремеева НВ, Капитонова ОА, 2016. Особенности зарастания песчаных обнажений на севере Западно-Сибирской равнины. Междуна-

- родный научно-исследовательский журнал. 10:41–45. doi: 10.18454/IRJ.2016.52.143
26. Сизов ОС, 2015. Геоэкологические аспекты современных эоловых процессов северотаежной подзоны Западной Сибири. <http://www.ikz.ru/cryosophy/library>. Дата обращения 23 февраля 2018.
27. Сизов ОС, Лоботросова СА, 2016. Особенности восстановления растительности в пределах участков развеваемых песков северотаежной подзоны Западной Сибири. Криосфера Земли. 20:3–13. doi: 10.21782/KZ1560-7496-2016-3(3-13)
28. Соромотин АВ, 2007. Воздействие добычи нефти на таежные экосистемы Западной Сибири. Изд-во Тюменского государственного университета, Тюмень: 320 с.
29. Соромотин АВ, 2007. Техногенная трансформация природных экосистем таежной зоны в процессе нефтегазодобычи (на примере Тюменской области) [автореф. дис.] Тюмень: 48 с.
30. Фурсов ВВ, Балюра МВ, 2007. Определение гранулометрического состава грунтов: методические указания. Изд-во Томского государственного архитектурно-строительного университета, Томск: 21 с.
31. Хренов ВЯ, 2011. Почвы криолитозоны Западной Сибири: морфология, физико-химические свойства, геохимия. Наука, Новосибирск: 2011 с.
32. Шилова ИМ, 1977. Первичные сукцессии растительности на техногенных песчаных обнажениях в нефтегазодобывающих районах Среднего Приобья. Экология. 6:5–14.

Поступила: 26.11.2018

Одобрена: 15.05.2019

Принята: 20.06.2019

