

Природно-антропогенные процессы и охрана ландшафтов

УДК 504.05

DOI: 10.18384/2712-7621-2020-1-31-52

ОЦЕНКА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВЕРХНИХ ОРГАНО-МИНЕРАЛЬНЫХ ГОРИЗОНТОВ ПЕСЧАНЫХ ОБНАЖЕНИЙ НА СЕВЕРЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ (НА ПРИМЕРЕ СРЕДНЕГО ТЕЧЕНИЯ Р. НАДЫМ)

Сизов О. С.^{1,2}, Лоботросова С. А.³, Соромотин А. В.⁴

¹ Институт проблем нефти и газа Российской академии наук
119333, г. Москва, ул. Губкина, д. 3, Российская Федерация

² Российский государственный университет нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина
119991, г. Москва, Ленинский пр-т., д. 65, Российская Федерация

³ ООО «Пургеоком»

625000, г. Тюмень, ул. Грибоедова, д. 3, Российская Федерация

⁴ Тюменский государственный университет

625003, г. Тюмень, ул. Володарского, д. 6, Российская Федерация

Аннотация.

Цель. Сравнительный анализ физико-химических свойств верхнего слоя грунта песчаных обнажений естественного и антропогенного генезиса, а также фоновых подзолистых почв, с позиции оценки восстановительного потенциала для растительности в северотаежных условиях Западной Сибири.

Процедура и методы исследования. На примере семи песчаных карьеров, расположенных вдоль рр. Надым и Левая Хетта, модельной котловины выдувания вблизи устья р. Хейгияха (Лонгъюган) и двух фоновых лесных участков проведены геоботанические описания, а также выполнен лабораторный анализ почвенных образцов по определению гранулометрического состава, физико-химических свойств и валового содержания оксидов химических элементов.

Результаты исследования. Установлено, что нарушенные почвы в обследованных карьерах при общем песчаном составе отличаются как от грунтов котловины выдувания, так и от фоновых подзолистых почв, нейтральной средой и повышенным содержанием обменного фосфора и калия. С позиции возобновления растительности в карьерах, неблагоприятными факторами являются эоловое воздействие на наклонных наветренных поверхностях и заболачивание в замкнутых понижениях, которое приводит к вымоканию корневищ соснового подростка. В пределах котловины выдувания ослаблению ветрового воздействия способствует рост шероховатости за счет дюнного микрорельефа.

Теоретическая и практическая значимость. Установленные значимые различия физико-химических свойств верхнего слоя грунта песчаных обнажений различного генезиса позволяют скорректировать и повысить эффективность применяемых технологий биологической рекультивации нарушенных территорий на севере Западной Сибири.

Ключевые слова: песчаное обнажение, антропогенная нарушенность, эоловый процесс, подзолистая почва, тайга, Западная Сибирь

© СС BY Сизов О. С., Лоботросова С. А., Соромотин А. В., 2020.

EVALUATION OF THE PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF UPPER ORGANIC AND MINERAL LAYERS OF SANDY OUTCROPS IN THE NORTH OF WESTERN SIBERIA (BY THE EXAMPLE OF THE MIDDLE FLOW OF THE NADYM RIVER)

O. Sizov^{1,2}, S. Lobotrosova³, A. Soromotin⁴

¹ Institute of Oil and Gas Problems of the Russian Academy of Sciences

3 Gubkina ul., 119333 Moscow, Russian Federation

² Gubkin Russian State University of Oil and Gas (NRU)

65 Leninsky prosp., 119991 Moscow, Russian Federation

³ Purgeokom LLC

3 Griboedova ul., 625000 Tyumen, Russian Federation

⁴ Tyumen State University

6 Volodarskogo ul., 625003 Tyumen, Russian Federation

Abstract.

Purpose. A comparative analysis is performed of the physicochemical properties of the upper soil layer of sand sites of natural and anthropogenic genesis, as well as background podzolic soils from the standpoint of assessing the restoration potential for vegetation under northern taiga conditions of Western Siberia.

Methodology and Approach. Based on the example of seven sand pits located along the Nadym and Levaya Hetta rivers, a model blowing basin near the mouth of the Heigiyakha River (Longyugan) and two background forest plots, we have performed geobotanical descriptions and laboratory analysis of soil samples to determine the granulometric composition, physico-chemical properties and total content of oxides of chemical elements.

Results. We have found that the disturbed soils in the surveyed quarries with common sand composition differ both from the soils of the blowing basin and from the background podzolic soils with a neutral environment and a high content of exchange phosphorus and potassium. From the point of view of vegetation renewal in quarries, unfavorable factors are aeolian impact on inclined windward surfaces and waterlogging in closed depressions, which leads to the soaking of the roots of pine undergrowth. Within the blowing basin, the weakening of the wind effect contributes to the increase in roughness due to the dune microrelief.

Theoretical and Practical implications. The established significant differences in the physicochemical properties of the upper soil layer of sandy outcrops of various genesis will allow one to correct and increase the effectiveness of the applied technologies for biological reclamation of disturbed areas in the north of Western Siberia. The results obtained make it possible to justify the need for targeted measures to reduce active aeolian activity on dry river terraces, which have a low potential for natural recovery under conditions of intense anthropogenic impact.

Keywords: sand outcrops, anthropogenic disturbance, aeolian processes, podzolic soils, physico-chemical properties, Western Siberia

Введение

Широкое распространение на севере Западной Сибири специфических ландшафтов сосново-лишайниковых редколесий на маломощных подзолистых почвах во многом обусловлено обилием водно-

ледниковых осадков [3; 17]. Обстановки формирования и ареалы распространения данных отложений детально изучаются с конца 40-х гг. XX в. Достоверно установлены следы как минимум трех крупных покровных оледенений – сама-

ровского (максимального), тазовского и зырянского (ограниченного), которые сменялись продолжительными морскими трансгрессиями (казанцевской, каргинской)¹ [11; 27; 28]. В бассейне р. Надым преобладают отложения тазовского возраста (МИС 6), которые на верхнем геоморфологическом уровне (80–140 м) формируют пологоволнистый рельеф, осложненный элементами конечных стадий оледенения (моренные гряды, камовые холмы), а на среднем уровне (40–80 м) – заболоченные озерно-аллювиальные (зандровые) равнины с остатками озв и древних долин стока ледниковых вод. На нижнем уровне (0–40 м) преобладают морские отложения казанцевской и каргинской трансгрессий, однако молодые террасы рек (МИС 1-2) нередко сформированы переотложенными песками, сохраняющими признаки водно-ледникового генезиса [25].

Переотложенные флювиогляциальные пески характеризуется чрезвычайно бедным химическим составом и промывным гидрологическим режимом, что существенно замедляет скорость формирования естественного почвенно-растительного покрова, а в некоторых условиях приводит к образованию специфических для северных широт песчаных пустошей (раздувов) – котловин выдувания, осложненных дюнами, барханами и аккумулятивными валами [3]. Ранее проведенными исследованиями [16] установлено, что общая площадь развеваемых песков в среднем течении р. Надым составляет порядка 235 км² (1,34% территории), при этом основным районом распространения являются дренированные террасы Надыма и практически всех его притоков – рр. Правая и Левая Хетта, Танлова, Бол. Хуху, Хейгияха. Отдельные эоловые массивы по площади могут достигать 37,21 км², представляя собой цепь сом-

кнутых в результате ветровой эрозии котловин выдувания [16].

В современных условиях важным рельефообразующим фактором становится антропогенное воздействие – в результате строительства объектов инфраструктуры и обустройства месторождений нефти и газа нередко образуются нарушенные участки, которые подвергаются ветровому воздействию [15]. Активизация эоловой деятельности приобрела статус одной из наиболее актуальных экологических проблем в наиболее осваиваемых районах рассматриваемой территории [19]. В качестве наиболее близкого аналога естественных раздувов в настоящее время рассматриваются песчаные карьеры, которые нередко закладываются на сухих песчаных террасах и после окончания добычи могут становиться первичными котловинами выдувания [8].

Длительные наблюдения за динамикой растительности на антропогенных и естественных песчаных обнажениях [2; 5-8; 10; 14; 16; 24] позволили выявить закономерности антропогенных сукцессий и видовое разнообразие на каждой стадии зарастания. В целом отмечается высокий естественный потенциал восстановления растительного покрова на оголенных песках, однако в ходе геоботанических исследований редко рассматриваются свойства верхнего плодородного слоя первичных почв, которые во многом определяют успешность и скорость зарастания. В то же время результаты единичных исследований [26] показывают значительные изменения отдельных свойств (гранулометрического состава, влажности и актуальной кислотности) подзолистых песчаных почв, происходящие в результате техногенного воздействия на севере Западной Сибири.

Целью данного исследования является сравнительный анализ физико-химических свойств верхнего слоя грунта песчаных обнажений естественного (котловина выдувания) и антропогенного (песчаные карьеры) генезиса и маломощ-

¹ Государственная геологическая карта РФ (1: 1000000). Серия новая. Лист Q – 42, 43 (Салехард). Объяснительная записка. СПб.: ВСЕГЕИ, 1995. 219 с.

ных иллювиально-железистых подзолов с позиции оценки восстановительного потенциала для растительности.

Объекты и методы исследования

Территория исследований находится в пределах Надымского района Ямало-Ненецкого автономного округа (ЯНАО). В физико-географическом отношении она относится к Надымской северо-таежной провинции лесной широтно-зональной области Западно-Сибирской равнины¹ [4; 22] и представляет собой слабонаклонную заболоченную равнину, сложенную водно-ледниковыми, морскими и озерно-аллювиальными осадками. Типичными почвами являются торфяно-болотные, глеево-подзолистые и подзолы легкого механического состава с маломощным гумусовым горизонтом [1; 23]. В гидроморфных условиях формируются кустарничково-мохово-лишайниковые и травяно-сфагновые плоскобугристые болота, в автоморфных – лиственничные, елово-лиственничные и сосново-лиственничные зеленомошно-кустарничковые или лишайниковые редкостойные леса [4]. Многолетняя мерзлота в лесах в верхней части разреза отсутствует.

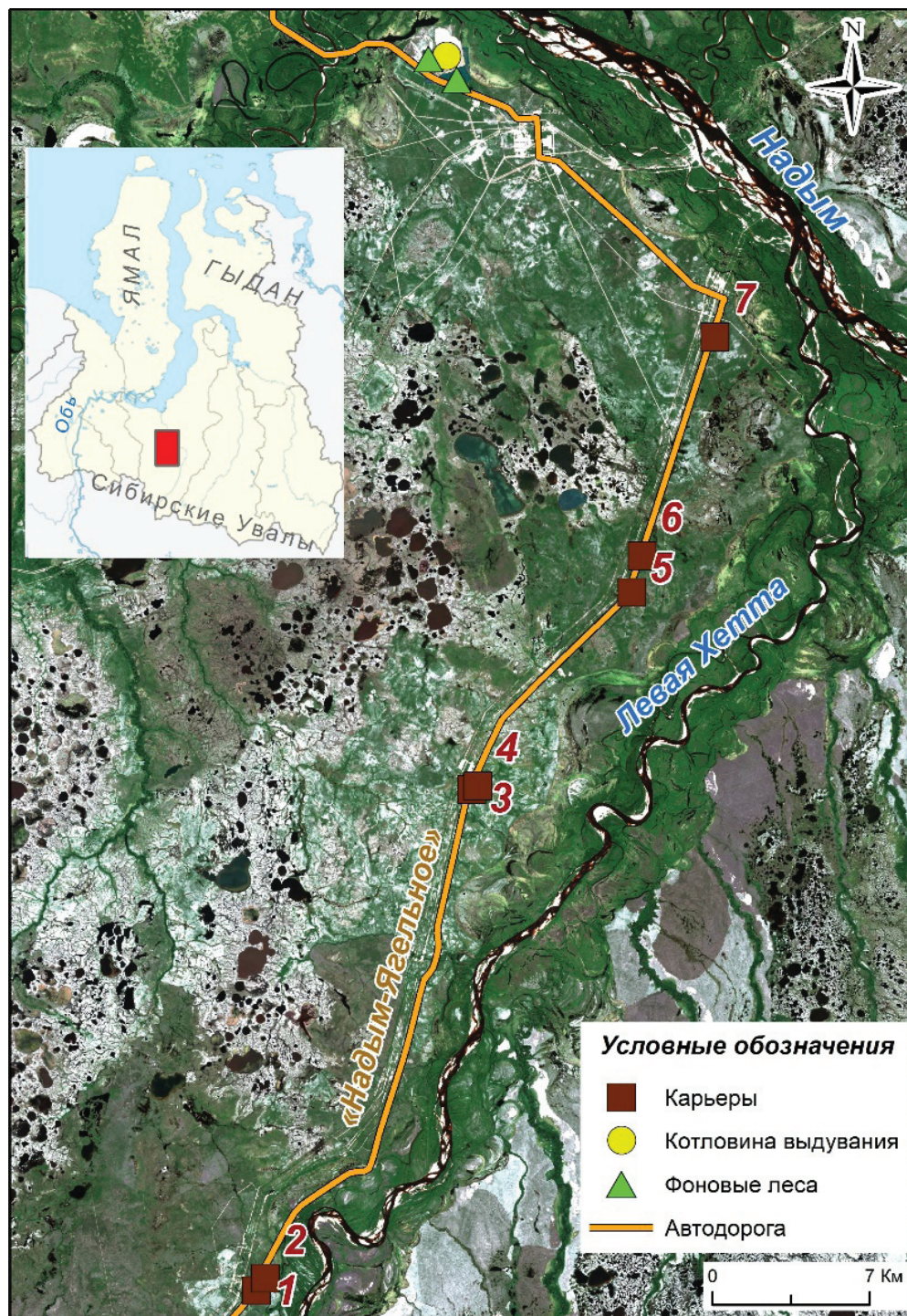
В ходе полевых работ, которые проводились в августе 2017 г., основными объектами изучения являлись котловина выдувания естественного происхождения, расположенная вблизи устья р. Хейгияха (Лонгъюган) и сухойонные песчаные карьеры на второй террасе рр. Надым и Левая Хетта (рис. 1).

Модельная котловина выдувания (координаты N65°21'26,94" E72°58'02,28") сформировалась в конце голоцена (не позднее 1200 л. н.) на песчаных отложениях второй надпойменной террасы р. Надым [20]. Общая площадь котловины составляет приблизительно 194 га, периметр – около 6400 м. Она имеет вытянутую форму с севера на юг на 2 км и с запада на восток – на 1 км. С северной,

западной и южной стороны котловину окаймляют аккумулятивные песчаные валы высотой до 10–12 м. С восточной стороны песчаные отложения перекрывают первую террасу и пойму р. Надым. Поверхность котловины осложнена дюнами высотой до 6–7 м, которые движутся со скоростью до 0,5 м/год по поверхности, сложенной плотным аллювием и осложненной полигональной сетью древних морозобойных трещин со следами мерзлотного пучения. В формировании дюн принимают участие ветры преимущественно северо-западного, северо-восточного и юго-западного направлений [20]. В западной части котловины в междюнных понижениях формируются своеобразные анклавы – участки с подросом лиственницы, сосны и березы на первично-песчаных почвах. Для анализа физико-химических свойств верхнего слоя почвы отбирались пробы в пределах котловины (вершина дюны, подветренный склон и междюнное понижение), а также в фоновых условиях к югу и западу от котловины (зеленомошные и лишайниковые леса соответственно) (рис. 2).

Рассматриваемые карьеры расположены южнее модельной котловины вдоль автомобильной дороги «Надым-Ягельное». Все карьеры находятся в пределах хорошо дренированной второй террасы рр. Надым и Левая Хетта в двух основных экотопах – сосново-лишайниковых редколесий на иллювиально-железистых подзолах и елово-лиственнично-березовых зеленомошных лесах на глеево-подзолистых почвах. Карьеры, площадью от 2 до 8 га, в настоящее время имеют котловино- или западинообразную форму, преобладающими элементами рельефа являются откосы и днища. В карьерах проведена уборка строительного мусора, порубочных остатков и металлолома, сланированы и выположены откосы и днища (угол наклона бортов не превышает 18°). На дне карьеров нередко наблюдается скопление грунтовых вод в виде луж и озер. В некоторых карьерах силами На-

¹ Атлас Ямало-Ненецкого автономного округа. М.: ГУГК, 2004.



Источник: космическая съемка Sentinel-2

Рис. 1. Обзорная схема расположения объектов исследования

Fig. 1. Overview layout of research objects



Источник: космическая съемка с сервиса Bing

Рис. 2. Пробы в пределах котловины выдувания и фоновых лесов

Fig. 2. Samples within the blowing basin and background forests

дымского лесничества в 2012 г. проведена биологическая рекультивация – посадка разновозрастных дичков сосны обыкновенной в количестве 5000 шт./га вручную мечом Колесова. Всего были обследованы 14 карьеров, в 7 из которых проведены подробные геоботанические описания площадок размером 5 на 5 м² и отобраны по одной пробе верхнего слоя с оголенных песков и с участков первичного восстановления растительности (табл. 1).

Анализ отобранных проб проводился в 2017–2018 гг. в лаборатории института физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН в г. Пущино и в лаборатории механики грунтов Института Криосферы Земли ТНЦ СО РАН. Для определения кислотности водной и солевой вытяжек использовался потенциометрический метод (рН-метр *Mettler TOLEDO, Seven Easy pH* (Швейцария), ги-

дролитической кислотности – потенциометрический метод (по методу Каппена)¹, К₂O – метод пламенной фотометрии (пламенный фотометр *BWB-XP Performance Plus, BWB-Technologies, Великобритания*), содержание гумуса – гравиметрический метод, С_{орг} – титриметрический вариант метода Тюрина с окислением в термостате при температуре 140°C [12; 21]. Обменная кислотность, обменные Н⁺ и Al³⁺ и обменные основания (Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, K⁺, Na⁺) определялись по методу Соколова², P₂O₅ – по методу Кирсанова³ с помощью спектрофотометра *UNICO-1200* (США).

¹ ГОСТ 26212-91. Почвы. Определение гидролитической кислотности по методу Каппена в модификации ЦИНАО.

² ГОСТ 26484-85. Почвы. Метод определения обменной кислотности.

³ ГОСТ 26207-91. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО.

Таблица 1

Характеристики исследуемых карьерных выработок

Table 1

Characteristics of the investigated mine workings

Карьер, №	Год образования	Координаты	Площадь, га	Проектное покрытие, %	Вид рекультивации (год)	Тип фоновой растительности
1	1987	72°42'43,1"В; 64°51'58,4"С	2,15	10-20	Самозарастание, лесокультурные работы (2012)	Березово-лиственнично-сосновые лишайниковые леса
2	1987	72°43'15,4"В; 64°52'15,5"С	2,5	10-50	Самозарастание	Березово-лиственнично-сосновые лишайниковые леса
3	1986	72°56'36,3"В; 65°3'40,5"С	2	30-100	Самозарастание	Елово-лиственничные с примесью сосны, березы и кедра зеленомошные леса
4	1986	72°56'58,5"В; 65°3'45,2"С	8	5-7	Самозарастание	Елово-лиственничные с примесью сосны, березы и кедра зеленомошные леса
5	1986	73°6'25,4"В; 65°8'9,1"С	4,5	40-55	Самозарастание, лесокультурные работы (2012)	Березово-лиственнично-сосновые лишайниковые леса
6	1986	73°7'8,6"В; 65°9'0,8"С	4	60-75	Самозарастание, лесокультурные работы (2012)	Елово-лиственничные с примесью сосны, березы и кедра зеленомошные леса
7	1986	73°11'4,5"В; 65°15'33,1"С	3	20-25	Самозарастание, лесокультурные работы (2012)	Березово-лиственнично-сосновые лишайниковые леса

Источник: составлено авторами на основе архивных космических снимков Landsat, результатов полевых наблюдений и материалов Надымского лесничества

Для определения окислительно-восстановительного потенциала (ОВП) использовался лабораторный иономер И-160МИ (Россия), гранулометрического состава – лазерный дифракционный анализатор размеров частиц Mastersizer 3000E (Malvern Panalytical, Великобритания), валового содержания оксидов рентгено-флуоресцентным методом – спектрометр Спектроскан МАКС-GV (Спектрон, Россия).

Анализ статистических параметров проводился с помощью Microsoft Excel 2016 с вычислением средней величины и

среднего квадратичного (стандартного) отклонения.

Результаты исследований

1. Геоботаническое описание

Растительность на поверхности котловины выдувания формируется неравномерно. Выделяются несколько зон с различными условиями формирования растительного покрова.

1. Наветренные склоны валов и дюн. Для них характерны пологий рельеф и отсутствие растительных сообществ.

2. Вершины дюн. Здесь представлен пижмово-овсяницевый фитоценоз (7 видов), который занимает в основном плоские вершины дюн. Помимо доминирующих видов овсяницы овечьей (*Festuca ovina* L.) и пижмы дваждыперистой (*Tanacetum bipinnatum* L. Sch. Bip.), в данном фитоценозе произрастают вейник Лангсдорфа (*Calamagrostis langsdorffii* L.), щавель злаколистный (*Rumex graminifolius* Lamb.) и редко встречается ястребинка (*Hieracium umbellatum* L. s.l.), береза извилистая (*Betula tortuosa* Ledeb.), ива прутовидная (*Salix viminalis* L.). Травостой невысокий с общим проективным покрытием не более 30%, видовая насыщенность варьирует от 2 до 7 на 25 м². Среднее значение массы надземной части растений составляет 8,57 ± 1,35 г/м².

3. Подветренные склоны. Здесь представлен овсянице-вейниковый фитоценоз (9 видов), который занимает подветренные склоны дюн с крутизной до 40°. Среди доминирующих вейника Лангсдорфа (*Calamagrostis langsdorffii* L.) и овсяницы овечьей (*Festuca ovina* L.), в данном фитоценозе очень активно произрастают ястребинка зонтичная (*Hieracium umbellatum* L.), щавель злаколистный (*Rumex graminifolius* Lamb.) и пижма дваждыперистая (*Tanacetum bipinnatum* L. Sch. Bip.), встречается золотая розга (*Solidago virgaurea* L.). В единичном экземпляре присутствует береза извилистая (*Betula tortuosa* Ledeb.), ива прутовидная (*Salix viminalis* L.), сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.) и сосна сибирская (*Pinus sibirica* Du Tour). Травостой выше, чем в пижмово-овсяницево-м фитоценозе вершин дюн с общим проективным покрытием не более 35%, видовая насыщенность варьирует от 5 до 9 на 25 м². Среднее значение массы надземной части растений составляет 7 г/м².

4. Котловины между дюнами. Здесь развивается овсянице-политриховый фитоценоз (8 видов). Доминирующие виды – мох (политрихум торчащий (*Polytrichum strictum* Brid.)) и овсяница овечья (*Festu-*

ca ovina L.), встречаются также вейник Лангсдорфа (*Calamagrostis langsdorffii* L.), пижма дваждыперистая (*Tanacetum bipinnatum* L. Sch. Bip.), щавель злаколистный (*Rumex graminifolius* Lamb.), ястребинка зонтичная (*Hieracium umbellatum* L.) и лишайник-кладония звёздчатая (*Cladonia stellaris* (Opiz) Pouzar et Vězda). В единичном экземпляре можно встретить березу извилистую (*Betula tortuosa* Ledeb.) и сосну обыкновенную (*Pinus sylvestris* L.), сосну сибирскую (*Pinus sibirica* Du Tour). Травостой низкий с общим проективным покрытием не более 15%, видовая насыщенность варьирует от 2 до 8 на 25 м². Среднее значение массы надземной части растений составляет 2 г/м².

Карьер № 1 имеет спланированную поверхность, в качестве рекультивации тут были выполнены высадки подроста сосен-дичков (*Pinus sylvestris* L.) (табл. 2). Древостой в основном состоит из сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), высаженной рядами, но сильно угнетенной (высота до 1 м). Повсеместно наблюдается пожелтевшая хвоя и наличие суховершинности. Напочвенный покров практически отсутствует, имеются участки активного раздувания песка. Травяно-моховый ярус состоит из политрихума можжевельниковидного (*Polytrichum juniperinum* Hedw.), накипного лишайника (*Parmelia sulcata* Taylor), кладонии звездчатой (*Cladonia stellaris* (Opiz) Pouzar et Vězda), алекторией охристой (*Alectoria ochroleuca* (Hoffm.) A. Massal.), овсяницы овечьей (*Festuca ovina* L.), вейника Лангсдорфа (*Calamagrostis langsdorffii* L.). По периферии карьера в более благоприятных условиях встречается также сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.), лиственница сибирская (*Larix sibirica* Ledeb.), высотой до 6–7 м (диаметр ствола около 10–12 см). В травяно-моховом ярусе преобладают вороника черная (*Empetrum nigrum* L.), голубика обыкновенная (*Vaccinium uliginosum* L.), золотарник обыкновенный (*Solidago virgaurea* L.), кладония оленья (*Cladonia rangiferina* (L.)

Таблица 2

Возраст деревьев в изученных карьерах

Table 2

Age of trees in studied quarries

№ карьера	Порода дерева	Возраст дерева						Обилие, по Друде	
		Участок с благоприятными условиями среды (Б), высота (м)			Участок с неблагоприятными условиями среды (НБ), высота (м)			З	О
		более 1,5	0,5-1,5	до 0,5	более 1,5	0,5-1,5	до 0,5		
1	Сосна обыкн.	19	15	12	14	10	6	sol	r
2	Сосна обыкн.	11	10	3	16	15	9	sp	r
3	Сосна обыкн.	–	7	6	5	5	4	sol	r
	Ива	13	–	–	–	–	–	r	–
4	Ива	–	–	3	–	–	–	r	–
5	Сосна обыкн.	16	16	21	17	17	10	sp	sol
6	Сосна обыкн.	19	14	10	20	17	10	sp	r
	Ольховник кустарниковый	12	8	3	–	–	–	r	–
7	Сосна обыкн.	18	20	2	23	23	15	sol	R

Прим.: З – зарастающие участки, О – оголенные участки; Обилие по Друде: Sp – растения встречаются редко, покрытие больше 10%; Sol – растения встречаются редко, покрытие меньше 10%; r – очень редкие растения, менее 10 экземпляров на площадке.

Источник: составлено авторами на основе результатов полевых наблюдений

Ф. Н. Wigg.), брусника обыкновенная (*Vaccinium vitis-idaea* L.), овсяница овечья (*Festuca ovina* L.).

Поверхность карьера № 2 не спланирована и имеет бугристый микрорельеф, следы рекультивации отсутствуют, имеются поверхности с активным раздуванием песка. На угнетенных повышенных участках произрастает сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.), осина обыкновенная (*Populus tremula* L.), сосна сибирская (*Pinus sibirica* Du Tour) (табл. 2). В травяно-моховом ярусе преобладают такие виды, как политрихум можжевельниковидный (*Polytrichum juniperinum* Hedw.), иван-чай узколистный (*Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop.), вейник наземный (*Calamagrostis epigeios* (L.) Roth), овсяница овечья (*Festuca ovina* L.), голубика. Более благоприятные условия формируются в средней части склонов по окраинам котловины карьера. В древесном ярусе здесь

преобладает сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.), сосна сибирская (*Pinus sibirica* Du Tour), лиственница сибирская (*Larix sibirica* Ledeb.), ива трёхтычинковая (*Salix triandra* L.). В травяно-моховом ярусе встречаются голубика обыкновенная (*Vaccinium uliginosum* L.), вороника чёрная (*Empetrum nigrum* L.), брусника обыкновенная (*Vaccinium vitis-idaea* L.), иван-чай узколистный (*Chamaenerion angustifolium* L. Scop.), овсяница овечья (*Festuca ovina* L.), вейник Лангсдорфа (*Calamagrostis langsdorffii* L.), политрихум можжевельниковидный (*Polytrichum juniperinum* Hedw.).

Карьер № 3 имеет крутые боковые склоны и пониженную, хорошо увлажненную центральную часть. В условиях угнетения произрастает сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.), сосна сибирская (*Pinus sibirica* Du Tour), ива трёхтычинковая (*Salix triandra* L.), бе-

реза извилистая (*Betula tortuosa* Ledeb.) (табл. 2). В травяно-моховом ярусе произрастает клевер луговой (*Trifolium pratense* L.), иван-чай узколистный (*Chamaenerion angustifolium* L. Scop.), овсяница овечья (*Festuca ovina* L.), политрихум торчащий (*Polytrichum strictum* L.) и кладония альпийская (*Cladonia alpina* (Asahina) Yoshim.). Почти заросшие участки располагаются по склонам карьера. Здесь произрастают влаголюбивые виды растений, такие, как пушица влагалищная (*Eriophorum vaginatum* L.), ива прутовидная (*Salix viminalis* L.), хвощ полевой (*Equisetum arvense* L.), политрихум торчащий (*Polytrichum strictum* Brid.). На более дренированных участках растет сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.), береза извилистая (*Betula tortuosa* Ledeb.), голубика обыкновенная (*Vaccinium uliginosum* L.), иван-чай узколистный (*Chamaenerion angustifolium* L. Scop.), трехреберник непахучий (ромашка) (*Matricaria perforata* Мйрат).

Поверхность карьера № 4 имеет неровную бугристую поверхность, на дне присутствуют остатки металлолома. На открытых участках в понижениях произрастают такие виды, как овсяница овечья (*Festuca ovina* L.), вейник наземный (*Calamagrostis epigeios* (L.) Roth), иван-чай узколистный (*Chamaenerion angustifolium* L. Scop.), подрост осины обыкновенной (*Populus tremula* L.).

Карьеры №№ 5, 6, 7 выположены, условия развития растительности практически одинаковые. Здесь проводились посадки сосен-дичков (*Pinus sylvestris* L.), которые в увлажненных частях угнетены, а по периферии развиваются хорошо (табл. 2). В карьерах №№ 5 и 7 в центральной пониженной части произрастают влаголюбивые хвощ полевой (*Equisetum arvense* L.), ива трёхтычинковая (*Salix triandra* L.), пушица влагалищная (*Eriophorum vaginatum* L.). В карьере № 6 центральная часть обводена. На более дренированных повышенных частях произрастает сосна обыкновенная (*Pinus*

syvestris L.), есть самосев лиственницы сибирской (*Larix sibirica* Ledeb.), в травяно-моховом ярусе преобладают такие травы, как иван-чай узколистный (*Chamaenerion angustifolium* L. Scop.), вейник Лангсдорфа (*Calamagrostis langsdorffii* L.), овсяница овечья (*Festuca ovina* L.), брусника обыкновенная (*Vaccinium vitis-idaea* L.), кладония альпийская (*Cladonia alpina* (Asahina) Yoshim.), политрихум торчащий (*Polytrichum strictum* Brid.), голубика обыкновенная (*Vaccinium uliginosum* L.), золотарник обыкновенный (*Solidago virgaurea* L.). В карьере № 6 преобладают заросли ольховника кустарникового (*Duschekia fruticosa* (Rupr.) Pouzar).

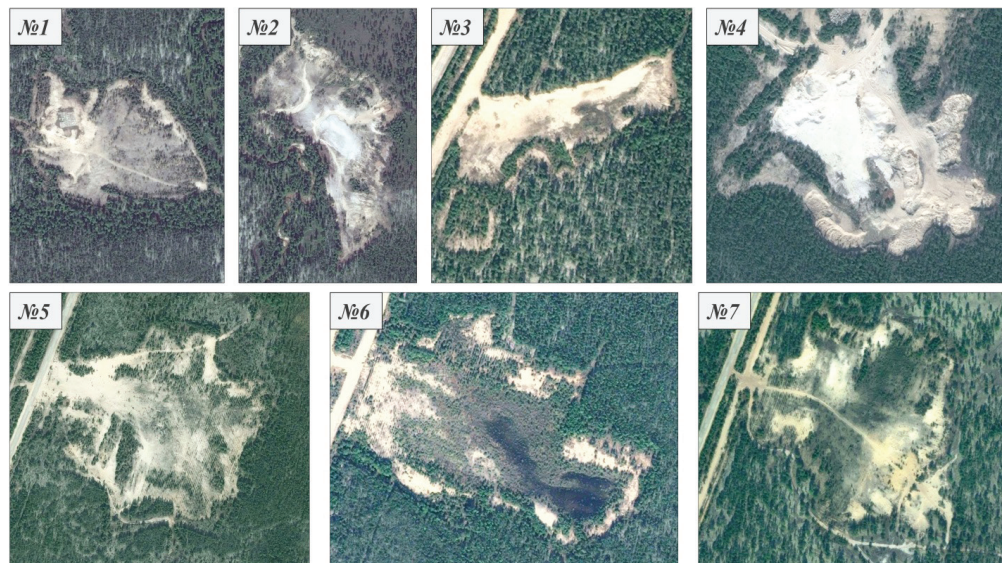
Вокруг карьеров №№ 1, 2, 5, 7 в фоновых условиях преобладают березово-лиственнично-сосновые лишайниковые леса, вокруг карьеров №№ 3, 4, 6 – елово-лиственничные с примесью сосны, березы и кедра зеленомошные леса (рис. 3).

2. Гранулометрический состав

Результаты проведенных анализов показывают, что практически во всех пробах рассматриваемых объектов преобладают фракции мелкозернистого и крупнозернистого песка (табл. 3). Это определяется общим расположением изучаемых объектов в пределах песчаных аллювиальных отложений второй надпойменной террасы рр. Надым и Левая Хетта.

В естественных условиях котловины выдувания для вершины дюны характерно преобладание мелких фракций мелкозернистого песка (62%) и, в меньшей степени, алевролита (21%). Существенно отличаются отложения в междюнном понижении, где алевролит составляет более 70% и глина – более 15%. Это связано как с эоловой аккумуляцией легкого песчаного материала, выносимого с вершины дюны, так и с процессами морозного выветривания – миграцией вверх по разрезу легких глинистых частиц в результате циклов промерзания и оттаивания (рис. 4).

Гранулометрический состав нарушенных почв в карьерах в целом соответствует составу отложений подветренного



Источник: космическая съемка с сервиса Bing¹

Рис. 3. Современное состояние рассматриваемых песчаных карьеров

Fig. 3. Current status of the considered sand pits

Таблица 3

Гранулометрический состав верхнего плодородного слоя нарушенных почв карьеров и модельной котловины выдувания

Table 3

Granulometric composition of the upper fertile layer of disturbed quarry soils and model blowing basin

Объект	Размер фракции (мкм), содержание (%)									
	0-2	2-10	10-25	25-50	50-75	75-100	100-250	250-500	500-1000	1000-2000
Карьер № 1 (З)	-	1,01	0,83	1,30	0,11	1,70	52,09	40,66	2,31	-
Карьер № 1 (О)	-	0,53	0,60	0,54	0,00	0,10	41,08	52,64	4,51	-
Карьер № 2 (З)	0,06	1,43	1,50	3,85	4,98	5,91	43,37	33,45	5,46	-
Карьер № 2 (О)	0,45	2,75	2,89	2,85	2,11	2,97	42,37	39	4,6	-
Карьер № 3 (З)	-	-	-	-	-	0,02	21,84	56,73	21,41	-
Карьер № 3 (О)	0,49	2,81	2,75	2,99	2,01	2,85	42,98	38,39	4,72	-
Карьер № 4 (О)	-	0,51	1,01	2,46	2,43	4,79	50,11	32,16	5,89	0,56
Карьер № 5 (З)	-	0,29	0,39	0,55	0,88	0,45	9,81	56,14	31,49	-
Карьер № 5 (О)	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,98	61,47	30,55	-
Карьер № 6 (З)	0,16	1,57	2,01	2,18	7,28	12,71	62,03	12,07	-	-
Карьер № 6 (О)	-	0,00	0,38	0,21	0,00	0,62	50,38	45,21	3,19	-
Карьер № 7 (З)	0,79	2,46	2,09	5,28	5,10	5,77	55,41	23,10	-	-
Карьер № 7 (О)	-	-	-	-	-	0,88	72,55	26,57	-	-

¹ <https://www.bing.com/maps>.

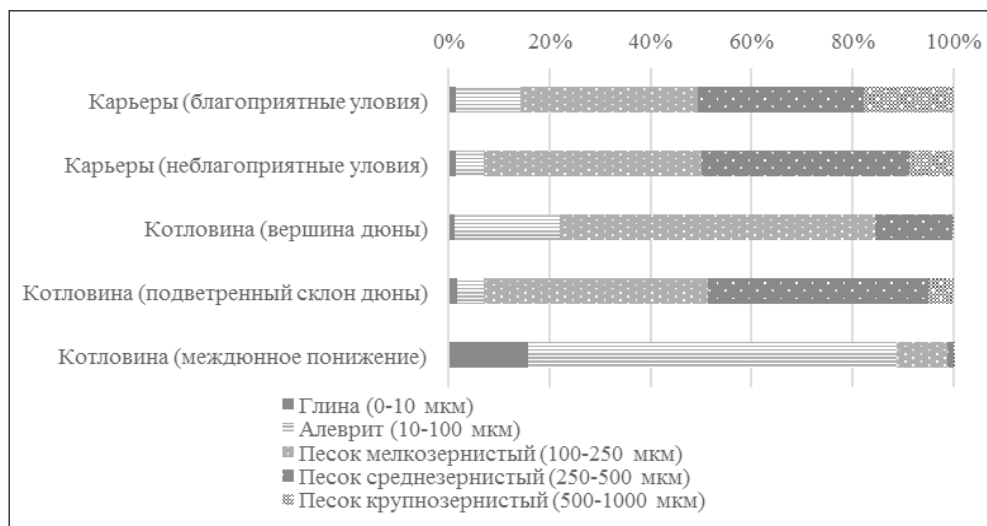
Объект	Размер фракции (мкм), содержание (%)									
	0-2	2-10	10-25	25-50	50-75	75-100	100-250	250-500	500-1000	1000-2000
Котловина (вершина дюны)	-	1,16	1,43	1,03	6,43	12,12	62,21	15,48	0,15	-
Котловина (подветренный склон дюны)	0,17	1,51	1,02	1,25	0,87	2,25	44,31	43,51	5,11	-
Котловина (междюнное пониж.)	3,55	12,20	18,16	24,36	18,87	11,45	10,27	1,09	0,05	-

Прим.: З – зарастающие участки, О – оголенные участки

Источник: составлено авторами на основе результатов гранулометрического анализа проб в лаборатории механики грунтов Института Криосферы Земли ТНЦ СО РАН.

склона дюны в пределах котловины выдувания, за исключением несколько повышенной доли крупнозернистого песка. Основную долю составляют мелкозернистые (38–44%) и среднезернистые (36–42%) пески, содержание глины и алеврита незначительно.

Для благоприятных условий произрастания в карьерах по сравнению с неблагоприятными отмечается незначительное превышение доли алеврита (на 8%) и крупнозернистого песка (на 10%). Однако различия незначительны и, по всей видимости, не оказывают су-



Источник: составлено авторами на основе результатов гранулометрического анализа проб в лаборатории механики грунтов Института Криосферы Земли ТНЦ СО РАН.

Рис. 4. Усредненные значения гранулометрического состава верхнего плодородного слоя нарушенных почв карьеров и модельной котловины выдувания

Fig. 4. Averaged granulometric composition of the upper fertile layer of disturbed quarry soils and model blowing basin

щественного влияния на формирование устойчивого растительного покрова.

3. Физико-химические свойства

Верхний плодородный слой всех рассматриваемых объектов характеризуются кислотной средой, при этом в фоновых условиях для глеево-подзолистой почвы

кислотность достигает максимальных значений (4,71), а на отдельных зарастающих карьерах за счет хорошей дренированности реакция среды приближается к нейтральной (6,78), что соответствует реакции почвообразующих для подзолов песчаных пород (табл. 4).

Таблица 4

Основные физико-химические показатели верхнего плодородного слоя нарушенных почв карьеров, модельной котловины выдувания и фоновых почв

Table 4

Main physicochemical parameters of the upper fertile layer of disturbed quarry soils, a model blowing basin and background soils

Объект	pH	pH	Гидролитическая кислотность ммоль (+)/100 г	H+	Al ³⁺	Обменная кислотность	Eh (ОВП)	C _{орг.}	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K+	P ₂ O ₅	K ₂ O
	(водн.)	(KCl)											
Зарастающие участки карьеров													
Карьер № 1	5,48	4,32	2,21	0,03	0,67	0,70	280,50	0,15	1,80	0,40	0,06	1,75	2,70
Карьер № 2	6,11	4,61	0,76	0,03	0,19	0,22	272,80	0,06	0,60	0,60	0,02	0,92	0,55
Карьер № 3	5,20	4,31	2,16	0,03	0,57	0,61	332,50	0,19	1,80	0,40	0,05	1,21	2,65
Карьер № 5	6,78	4,58	0,67	0,02	0,31	0,34	299,00	0,03	0,60	1,00	0,02	1,26	0,70
Карьер № 6	5,68	4,34	2,25	0,02	0,67	0,69	300,30	0,09	1,80	0,40	0,06	2,46	2,55
Карьер № 7	5,31	4,42	2,25	0,02	0,53	0,55	308,80	0,24	1,00	0,40	0,02	3,22	1,05
Среднее	5,76	4,43	1,72	0,03	0,49	0,52	298,98	0,12	1,27	0,53	0,04	1,80	1,70
Ст. отклонение	0,59	0,13	0,78	0,01	0,20	0,20	21,21	0,08	0,60	0,24	0,02	0,88	1,04
Оголенные участки карьеров													
Карьер № 1	6,04	4,72	0,75	0,02	0,02	0,04	256,40	0,04	2,80	0,40	0,06	3,10	2,85
Карьер № 2	5,82	4,49	0,95	0,02	0,13	0,15	292,20	0,09	2,40	0,40	0,03	0,89	1,50
Карьер № 3	5,78	4,17	2,46	0,03	0,47	0,50	297,60	0,27	8,20	0,40	0,16	2,68	6,80
Карьер № 4	3,95	4,62	0,76	0,03	0,14	0,17	304,50	0,06	1,40	0,40	0,02	0,86	0,70
Карьер № 5	6,20	5,08	0,51	0,02	0,02	0,04	298,20	0,02	2,00	0,40	0,03	1,47	1,20
Карьер № 6	5,91	4,36	1,34	0,06	0,26	0,32	294,20	0,05	4,00	0,40	0,07	4,86	3,00
Карьер № 7	5,72	4,70	0,81	0,02	0,17	0,19	295,20	0,02	1,00	0,40	0,03	1,37	0,70
Среднее	5,63	4,59	1,08	0,03	0,17	0,20	291,19	0,08	3,11	0,40	0,06	2,17	2,39
Ст. отклонение	0,76	0,29	0,66	0,01	0,15	0,16	15,83	0,09	2,45	0,00	0,05	1,46	2,16
Модельная котловина выдувания													
Вершина дюны	5,64	4,40	1,94	0,03	0,62	0,65	265,10	0,06	1,80	0,60	0,04	1,01	1,35
Подветренный склон дюны	5,64	4,23	0,78	0,04	1,55	1,60	318,00	0,10	2,20	0,60	0,09	0,47	3,35
Междюнное понижение	5,60	4,67	4,88	0,03	0,19	0,21	218,00	0,06	0,80	0,40	0,02	1,03	0,70
Фоновые условия (среднее по горизонтам А-В)													
Иллювиально-железистый подзол (7-40 см)	4,61	4,28	1,50	0,05	0,34	0,39	250,73	0,12	1,20	1,00	0,01	0,71	0,30
Глеево-подзолистая почва (6-52 см)	4,71	3,87	6,13	0,12	2,11	2,23	290,00	0,62	1,60	0,40	0,06	5,30	1,95

Источник: составлено авторами на основе результатов физико-химических анализов проб в Институте физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН (г.Пуцдино).

Общим является также низкое содержание органики (повсеместно менее 1%), а также значение окислительно-восстановительного потенциала в пределах 220–330 мВ.

Гидролитическая кислотность ожидаемо высока для глеево-подзолистой почвы (6,13 ммоль(+)/100г), наряду с повышенным значением обменной кислотности (2,23 мг-экв/100 г), с преобладанием катионов алюминия (2,11 мг-экв/100 г). В междюнном понижении при сопоставимом значении гидролитической кислотности (4,88 ммоль(+)/100 г) существенно снижается обменная (0,21 мг-экв/100 г). Для иллювиально-железистого подзола, вершины и подветренного склона дюны, а также для всех проб в карьерах вне зависимости от восстановления растительности показатели колеблются в пределах 0,5–2,5 ммоль(+)/100 г для гидролитической кислотности и 0,04–0,7 мг-экв/100 г для обменной кислотности (за исключением подветренного склона дюны, где обменная кислотность возрастает за счет кратковременных периодов повышенной влажности).

Содержание обменного кальция и магния также находится на минимальных уровнях – от 0,5 до 2,5 ммоль (+)/100 г. Выделяются локальные повышения значений (до 4,0–8,2 ммоль (+)/100 г) на оголенных участках карьеров в условиях локального заболачивания. Также здесь в условиях отсутствия растительности происходит накопление фосфора и калия (до 4,86 и 6,8 мг/100 г соответственно). Это в целом соответствует показателям глеево-подзолистой почвы и существенно выше фоновых значений иллювиально-железистого подзола. С другой стороны, в карьере № 2 на зарастающем участке наблюдаются низкие значения P_2O_5 и K_2O (менее 1 мг/100 г), что свидетельствует о неустойчивых условиях для формирования растительности.

В целом вполне очевидно, что, при общем песчаном субстрате материнских пород, основное влияние на дифферен-

циацию физико-химических показателей рассматриваемых объектов оказывают условия увлажнения. Повышенная дренарованность постепенно приводит к обеднению химического состава верхних горизонтов, в то время как при формировании на поверхности гидроморфных условий даже на оголенных участках относительно недавно образованных карьеров наблюдается относительное накопление фосфора и калия.

4. Валовое содержание оксидов

Результаты определения валового содержания оксидов химических элементов показали, что для всех объектов характерна высокая (70–84%) доля SiO_2 , что является следствием песчаного состава аллювиальных отложений (табл. 5). Максимальные значения (83–84%) отмечаются для котловины выдувания (вершина и подветренный склон дюны). В междюнном понижении в более гидроморфных условиях повышается доля Al_2O_3 и Fe_2O_3 .

По сравнению с котловиной выдувания в карьерах в среднем на 5–10% ниже содержание SiO_2 с пропорциональным ростом доли Al_2O_3 и Fe_2O_3 . Существенных отличий между зарастающими и оголенными участками в карьерах не наблюдается.

Можно отметить, что фоновые типы ландшафтов также не отличаются по структуре химического состава. Так в карьерах № 1 и № 6, расположенных в березово-лиственнично-сосновых лишайниковых и елово-лиственничных с примесью сосны, березы и кедра зеленомошных лесах соответственно, выделяются идентичные повышения содержания Al_2O_3 и Fe_2O_3 . Вероятно, это связано с локальными геохимическими особенностями, определяющимися особенностями микрорельефа, в частности формированием заболоченных понижений.

В фоновых условиях на длительно стабилизированном участке эоловых песков к западу от котловины в среднем по профилю сформировавшегося иллювиально-железистого подзола сохраняется монокремниевый химический состав (доля

Таблица 5

Валовое содержание оксидов химических элементов верхнего плодородного слоя нарушенных почв карьеров, модельной котловины выдувания и фоновых почв

Table 5

Gross content of oxides of chemical elements of the upper fertile layer of disturbed quarry soils, model blowing basin and background soils

Объект	Содержание, %						
	SiO ₂ , %	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	TiO ₂	Na ₂ O	CaO
<i>Зарастающие участки карьеров</i>							
Карьер № 1	72,1	10,7	2,5	2,0	0,8	0,8	0,7
Карьер № 2	78,8	4,5	0,6	1,7	0,2	0,6	0,4
Карьер № 3	78,2	4,7	0,8	1,3	0,3	0,6	0,4
Карьер № 5	74,8	2,4	0,3	0,9	0,2	0,4	0,2
Карьер № 6	73,8	11,3	2,6	2,1	0,8	0,8	0,6
Карьер № 7	75,4	6,6	0,8	2,0	0,3	0,6	0,6
Среднее	75,5	6,7	1,3	1,7	0,4	0,6	0,5
Ст. отклонение	2,58	3,59	1,03	0,48	0,29	0,16	0,20
<i>Оголенные участки карьеров</i>							
Карьер № 1	73,2	4,3	1,0	1,5	0,2	0,6	0,4
Карьер № 2	77,3	2,7	0,3	1,1	0,1	0,4	0,2
Карьер № 3	69,6	5,1	0,8	1,1	0,4	0,6	0,3
Карьер № 5	75,8	2,6	0,3	1,1	0,2	0,4	0,2
Карьер № 6	73,7	5,8	0,7	1,4	0,3	0,6	0,4
Карьер № 7	79,0	5,0	0,7	1,0	0,4	0,5	0,3
Среднее	74,8	4,2	0,6	1,2	0,3	0,5	0,3
Ст.отклонение	3,35	1,29	0,27	0,18	0,09	0,07	0,09
<i>Модельная котловина выдувания</i>							
Вершина дюны	83,4	3,0	0,6	0,8	0,4	0,4	0,3
Подветренный склон дюны	84,1	3,7	0,4	1,8	0,2	0,5	0,3
Междюнное понижение	69,7	10,6	2,0	1,9	0,8	0,7	0,6
<i>Фоновые условия (среднее по профилю)</i>							
Иллювиально-железистый подзол	81,12	2,31	0,34	0,57	0,20	0,45	0,21
Глеево-подзолистая почва	73,33	8,39	1,48	1,70	0,58	0,66	0,51

Источник: составлено авторами на основе результатов химических анализов проб в Институте физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН (г.Пушино).

SiO₂ более 80%), в то время как для глеево-подзолистых почв повышается доля Al₂O₃ (8%) и Fe₂O₃ (1,5%) при снижении доли SiO₂ до 73%.

Обсуждение результатов

Сильнокислая реакция северо-таежных почв подзолистого ряда является общей закономерностью для рассматрива-

емой территории, которая определяется высокими концентрациями водорастворимых фульвокислот в верхних горизонтах из-за хвойного опада в условиях переувлажнения [1; 23]. Вниз по профилю кислотность уменьшается из-за снижения концентрации. Результаты проведенного исследования также показали, что в фоновых условиях глеево-подзоли-

стой почвы достигаются максимальные значения гидролитической и обменной кислотности, в то время как на нарушенных почвах песчаных карьеров реакция среды близка к нормальной по причине обнажения песчаных материнских пород и установления на короткий период условий хорошей дренированности. Кислотность иллювиально-железистого подзола и песков котловины выдувания имеет промежуточное положение, при этом в междюнном понижении отмечается локальное закисление. Можно сделать вывод, что на нарушенных участках карьеров в отношении кислотности в первое время формируются более благоприятные условия для возобновления растительности, но по мере развития переувлажнения и заболачивания происходит восстановление фоновых значений.

Еще одной общей чертой подзолов, отмечаемой многими исследователями [1; 18; 23], является низкое разнообразие химических элементов всех почвенных горизонтов и материнских пород подзолистых почв, что происходит вследствие водно-ледникового генезиса отложений, которыми сложены террасы рр. Надым и Левая Хетта. В структуре химического состава преобладает кремний с отдельными повышениями содержания алюминия и железа в гидроморфных условиях. В структуре механического состава преобладают рыхлые мелко- и среднезернистые пески, накопление алевритов происходит только на небольших участках понижений, преимущественно под воздействием эоловых процессов. В этом плане исследование показало, что проявляется значимое различие карьеров и иных антропогенных нарушений почвенного покрова от естественных условий котловины выдувания. В пределах котловины за счет чередования дюн и междюнных понижений образуется мозаичная структура поверхности, что снижает интенсивность эолового переноса и позволяет формироваться почвенно-растительным анклавам вдоль подветренных склонов наиболее высоких дюн.

В песчаных карьерах со склонов, а при отсутствии водоупора – и со всей поверхности, вынос ветром легких частиц происходит беспрепятственно, что приводит к формированию песчаных сухих пустошей и значительно затрудняет закрепление пионерных видов растительности (рис. 5). Подобная особенность была отмечена также в исследованиях песчаных обнажений Пуровского района [26].

Помимо иссушения и ветрового воздействия, негативное влияние на приживаемость лесопосадок в карьерах оказывает переувлажнение (рис. 6), приводящее к вымоканию корневой системы.

В целом, при благоприятных условиях естественное зарастание карьеров происходит довольно быстро. Некоторые исследователи [13] даже высказывают мнение о том, что для северных территорий рекультивации не требуется, поскольку естественное восстановление леса произойдет быстрее и более качественно. Согласно И. М. Шиловой [24] выделяются следующие стадии:

- 1) стадия единичных травянистых растений-пионеров, а также проростки сосны и березы, и эктопических группировок – в первые 1–2 года;
- 2) образование открытых фитоценозов – на 3–4-й год;
- 3) образование сомкнутых фитоценозов – на 5–8-й год;
- 4) формирование замкнутых фитоценозов зонального типа – на 9–12-й год.

Исследованиями растительности песчаных пустошей [5; 6; 14] установлено, что на начальных стадиях зарастания песчаного субстрата техногенных и природно-техногенных песчаных обнажений появляется небольшое число видов высших растений и лишайников коренных или вторичных биоценозов – от 2 до 11 видов, являющихся в основном анемо- или зоохорными корневищными или плотно дерновинными широко распространенными травами или кустарничками, хорошо адаптированными к рыхлому субстрату: *Juncus trifidus* L., *Calamagrostis*



Источник: Фото А. В. Соромотина, 2016 г.

Рис. 5. Гибель саженцев сосны от подсыхания корневой системы в результате дефляции в карьере № 7

Fig. 5. Death of pine seedlings from the drying of the root system as a result of deflation in quarry No. 7



Источник: Фото А. В. Соромотина, 2016 г.

Рис. 6. Вымокание корневой системы саженцев сосны в карьере № 7

Fig. 6. Soaking of the root system of pine seedlings in quarry No. 7

stis epigeios (L.) Roth, *Festuca ovina* L. s. l., *Bromopsis inermis* (Leys.) Holub и др. При движении с севера на юг сокращается длительность стадий сукцессий и за один и тот же временной отрезок можно наблюдать большее количество стадий [10].

Условия для возобновления растительности на зарастающих и оголенных участках песчаных карьеров в целом можно охарактеризовать как экстремальные по целому ряду экологических факторов: низкая влажность, низкое содержание питательных элементов и органики, высокая подвижность субстрата. В этом отношении они близки к фоновым условиям котловины выдувания и сосново-лишайникового редколесья, отличающаяся только в части краткосрочной нормализации кислотности.

Заключение

Проведенный сравнительный анализ физико-химических свойств верхнего слоя грунта специфических для севера Западной Сибири песчаных пустошей и фоновых лесных автоморфных ландшафтов позволяет сделать следующие выводы.

1. При общей фоновой кислой реакции среды в пределах нарушенных участков карьеров уровень кислотности нормализуется и приближается к нейтральному. Эта временная ситуация сменяется трендом на закисление по мере увеличения влажности, что видно по результатам анализа проб заболоченного карьера № 3.

При этом сначала растет гидролитическая кислотность, а потом обменная.

2. К неблагоприятным факторам для возобновления растительности на песчаных пустошах относится ветровое воздействие и заболачивание. В первом случае на наклонных наветренных поверхностях происходит иссушение и вынос легких фракций, во втором случае – вымокание корневищ соснового подростка. В естественных условиях в пределах котловины выдувания ослаблению ветрового воздействия способствует рост шероховатости за счет дюнного микро-рельефа, что отражается в разнице физико-химических показателей дюны и междюнного понижения.

3. Несмотря на сходство гранулометрического и химического состава, по ряду показателей (уровень кислотности, содержание минеральных питательных элементов и подвижных оснований) песчаные карьеры значительно отличаются как от естественных песчаных раздувов, так и от условий фоновых автоморфных лесов. Относительно благоприятные условия, которые кратковременно формируются после прекращения активного антропогенного воздействия, могут способствовать повышению эффективности рекультивационных мероприятий. Для карьеров с низким уровнем грунтовых вод требуются дополнительные меры по закреплению поверхности.

Статья поступила в редакцию 26.11.2019

БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Ямало-Ненецкого автономного округа в рамках научного проекта №19-45-890008.

ACKNOWLEDGMENTS

The work was supported by the Russian Foundation for Basic Research and the Yamalo-Nenets Autonomous Okrug in the framework of the scientific project No. 19-45-890008.

ЛИТЕРАТУРА

1. Васильевская В. Д., Иванов В. В., Богатырев Л. Г. Почвы севера Западной Сибири. М.: МГУ, 1986. 307 с.
2. Дружинина О. А., Мяло Е. Г. Охрана растительного покрова Крайнего Севера: проблемы и перспективы. М.: Агропромиздат, 1990. 176 с.

3. Земцов А. А. Геоморфология Западно-Сибирской равнины (северная и центральная части). Томск: Томский ун-т, 1976. 343 с.
4. Ильина И. С., Лапшина Е. И., Лавренко Н. Н. Растительный покров Западно-Сибирской равнины. Новосибирск: Наука, 1985. 248 с.
5. Капитонова О. А., Селиванов А. Е., Капитонов В. И. Пространственная динамика растительности на антропогенных песчаных обнажениях в северотаежной подзоне Западной Сибири // Экология биосистем: проблемы изучения, индикации и прогнозирования (Сб. материалов III Международ. научно-практ. конф.). Астрахань: Издатель Сорокин Роман Васильевич, 2017. С. 80–84.
6. Капитонова О. А., Селиванов А. Е., Капитонов В. И. Структура растительных сообществ начальных стадий сукцессий на антропогенных песчаных обнажениях лесотундры и северной тайги Западной Сибири // Сибирский экологический журнал. 2017. Вып. 6. С. 731–745.
7. Коркина Е. А. Почвы и техногенные поверхностные образования нефтегазодобывающего комплекса правобережья Средней Оби: автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Астрахань, 2005, 24 с.
8. Коронатова Н. Г. Развитие почвенно-растительного покрова на песчаных карьерах в северной тайге Западной Сибири: дис. ... канд. биол. наук. Новосибирск, 2004. 164 с.
9. Лиханова И. А., Ковалева В. А. Управляемое восстановление лесных экосистем на песчаных техногенных субстратах крайнесеверной тайги Европейского северо-востока России // Вестник Томского университета. Биология. 2018. № 43. С. 174–195.
10. Москаленко Н. Г. Антропогенная динамика растительного покрова севера Западной Сибири: автореф. дис. ... докт. геогр. наук. М., 1991. 44 с.
11. Рельеф Западно-Сибирской равнины. Новосибирск: Наука, 1988. 192 с.
12. Руководство по химическому анализу почв. М.: МГУ, 1970. 487 с.
13. Седых В. Н. Леса и нефтегазовый комплекс. Новосибирск: Наука. 2011. 138 с.
14. Селиванов А. Е., Капитонов В. И., Еремеева Н. В., Капитонова О. А. Особенности зарастания песчаных обнажений на севере Западно-Сибирской равнины // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. № 10 (52). Часть 4. С. 41–45.
15. Сизов О. С. Геоэкологические аспекты современных эоловых процессов северотаежной подзоны Западной Сибири. Новосибирск: Гео, 2015. 124 с.
16. Сизов О. С., Лоботросова С. А. Особенности восстановления растительности в пределах участков развеваемых песков северотаежной подзоны Западной Сибири // Криосфера Земли. 2016. Т. XX. № 3. С. 3–14.
17. Сизов О. С., Лоботросова С. А., Соромотин А. В. Лишайниковые сосняки северной тайги Западной Сибири как индикатор ледниковых условий рельефообразования // Проблемы региональной экологии. 2017. № 2. С. 60–68.
18. Смоленцев Б. А. Структура почвенного покрова Сибирских Увалов (северотаежная подзона Западной Сибири). Новосибирск: СО РАН, 2002. 112 с.
19. Соромотин А. В. Воздействие добычи нефти на таежные экосистемы Западной Сибири: монография. Тюмень: ТюмГУ, 2010. 320 с.
20. Строение, криогенные образования и условия формирования верхнечетвертичных отложений Надымского Приобья / В. С. Зыкина, В. С. Зыкин, А. О. Вольвах, И. Ю. Овчинников, О. С. Сизов, А. В. Соромотин // Криосфера Земли. 2017. Т. XXI. № 6. С. 14–25.
21. Теория и практика химического анализа почв. М.: ГЕОС, 2006. 400 с.
22. Физико-географическое районирование Тюменской области. М: МГУ, 1973. 246 с.
23. Хренов В. Я. Почвы криолитозоны Западной Сибири: морфология, физико-химические свойства, геохимия. Новосибирск: Наука, 2011. 211 с.
24. Шилова И. М. Первичные сукцессии растительности на техногенных песчаных обнажениях в нефтегазодобывающих районах Среднего Приобья // Экология. 1977. № 6. С. 5–14.
25. Astakhov V., Shkatova V., Zastrozhnov A., Chuyko M. Glaciomorphological Map of the Russian Federation // Quaternary International. 2017. Vol. 420. P. 4–14.
26. Kapitonova O. A., Aksarina K. Yu. On some physical and chemical properties of soils of sandy outcrops of the West Siberian northern regions // Environmental dynamics and global climate change. 2018. Vol. 10. № 1. P. 29–39.
27. Svendsen J. I., Alexanderson H., Astakhov V. I., et al. Late Quaternary ice sheet history of northern Eurasia // Quaternary Science Reviews. 2004. Vol. 23. № 11–13. P. 1229–1271.

28. Velichko A. A., Kononov V. M., Faustova M. A. The last glaciation of Earth: size and volume of ice-sheets // *Quaternary International*. 1997. Vol. 41. № 42. P. 43–51.

REFERENCES

- Vasil'evskaya V., Ivanov V., Bogatyrev L. *Pochvy severa Zapadnoi Sibiri* [The soils of the North of Western Siberia]. Moscow, MGU Publ., 1986. 307 p.
- Druzhinina O., Myalo E. *Okhrana rastitel'nogo pokrova Krainego Severa: problemy i perspektivy* [Protecting the vegetation of the Far North: problems and prospects]. Moscow, Agropromizdat Publ., 1990. 176 p.
- Zemtsov A. *Geomorfologiya Zapadno-Sibirskoi ravniny (severnaya i tsentral'naya chasti)* [Geomorphology of the West Siberian plain (Northern and Central)]. Tomsk, Tomskiy Universitet Publ., 1976. 343 p.
- Il'ina I., Lapshina E., Lavrenko N. *Rastitel'nyi pokrov Zapadno-Sibirskoi ravniny* [The vegetation cover of the West Siberian plain]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1985. 248 p.
- Kapitonova O., Selivanov A., Kapitonov V. [Spatial dynamics of anthropogenic vegetation on sandy outcrops in the Northern taiga subzone of Western Siberia]. In: *Ekologiya biosistem: problemy izucheniya, indikatsii i prognozirovaniya: Sb. materialov III Mezhdunarod. nauchno-prakt. konf.* [Ecology of Biosystems: problems of study, indication and forecasting: Coll. of materials of the III^d International scientific-practical conference]. Astrakhan, Izdatel' Sorokin Roman Vasil'evich Publ., 2017, pp. 80–84.
- Kapitonova O., Selivanov A., Kapitonov V. [The structure of plant communities in initial stages of anthropogenic succession on sandy outcrops of the forest-tundra and Northern taiga of Western Siberia]. In: *Sibirskii ekologicheskii zhurnal* [Siberian Ecological Journal], 2017, no. 6, pp. 731–745.
- Korkina E. *Pochvy i tekhnogennyye poverkhnostnye obrazovaniya neftegazodobyvayushchego kompleksa pravoberezh'ya Srednei Obi: avtoref. dis. ... kand. geogr. nauk* [Soils and technogenic surface formation of the oil and gas production complex on the right Bank of the Middle Ob: abstract PhD Thesis in Geographical Sciences]. Astrakhan, 2005, 24 p.
- Koronatova N. *Razvitie pochvenno-rastitel'nogo pokrova na peschanykh kar'erakh v severnoi taige Zapadnoi Sibiri: dis. ... kand. biol. nauk* [Development of soil-vegetation cover on sand quarries in the Northern taiga of West Siberia: PhD Thesis in Biological sciences]. Novosibirsk, 2004. 164 p.
- Likhanova I., Kovaleva V. [Managed restoration of forest ecosystems on sandy man-made substrates of the Far North taiga of the European North-East Russia]. In: *Vestnik Tomskogo universiteta. Biologiya* [Bulletin of Tomsk University. Biology], 2018, no. 43, pp. 174–195.
- Moskalenko N. *Antropogennaya dinamika rastitel'nogo pokrova severa Zapadnoi Sibiri: avtoref. dis. ... dokt. geogr. nauk* [Anthropogenic dynamics of vegetation of the North of Western Siberia: abstract Doctor Thesis in Geographical Sciences]. Moscow, 1991. 44 p.
- Rel'ef Zapadno-Sibirskoi ravniny* [The topography of the West Siberian plain]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1988. 192 p.
- Rukovodstvo po khimicheskomu analizu pochv* [Manual on chemical analysis of soils]. Moscow, MGU Publ., 1970. 487 p.
- Sedykh V. *Lesa i neftegazovyy kompleks* [The forest and the oil and gas industry]. Novosibirsk, Nauka Publ., 2011. 138 p.
- Selivanov A., Kapitonov V., Eremeeva N., Kapitonova O. [Features of vegetation of sandy outcrops in the North of the West Siberian plain]. In: *Mezhdunarodnyi nauchno-issledovatel'skii zhurnal* [International Research Journal], 2016, no. 10 (52), part 4, pp. 41–45.
- Sizov O. *Geoekologicheskie aspekty sovremennykh eolovykh protsessov severotaezhnoi podzony Zapadnoi Sibiri* [Geoeological aspects of the modern Aeolian processes in the North taiga subzone of Western Siberia]. Novosibirsk, Geo Publ., 2015. 124 p.
- Sizov O., Lobotrosova S. [Recovery of vegetation within the blown sands of the North taiga subzone of Western Siberia]. In: *Kriosfera Zemli* [Earth cryosphere], 2016, vol. XX, no. 3, pp. 3–14.
- Sizov O., Lobotrosova S., Soromotin A. [The lichen pine forests of the Northern taiga of Western Siberia as an indicator of glacial conditions]. In: *Problemy regional'noi ekologii* [Problems of regional ecology], 2017, no. 2, pp. 60–68.
- Smolentsev B. *Struktura pochvennogo pokrova Sibirskikh Uvalov (severotaezhnaya podzona Zapadnoi Sibiri)* [The structure of the soil cover of the Siberian Uvaly (Northern taiga subzone of Western Siberia)]. Novosibirsk, SO RAN Publ., 2002. 112 p.

19. Soromotin A. *Vozdeistvie dobychi nefi na taezhnye ekosistemy Zapadnoi Sibiri* [The impact of oil production on the taiga ecosystem of Western Siberia]. Tyumen, TGU Publ., 2010. 320 p.
20. Zykina V., Zykin V., Vol'vakh A., Ovchinnikov I., Sizov O., Soromotin A. [Structure, cryogenic education and formation conditions of upper quaternary deposits of the Nadym Ob]. In: *Kriosfera Zemli* [Earth cryosphere], 2017, vol. XXI, no. 6, pp. 14–25.
21. *Teoriya i praktika khimicheskogo analiza pochv* [Theory and practice of chemical analysis of soil]. Moscow, GEOS Publ., 2006. 400 p.
22. *Fiziko-geograficheskoe raionirovanie Tyumenskoj oblasti* [Physico-geographical regionalization of the Tyumen region]. Moscow, MGU Publ., 1973. 246 p.
23. Khrenov V. *Pochvy kriolitozony Zapadnoi Sibiri: morfologiya, fiziko-khimicheskie svoystva, geokhimiya* [The soils of the permafrost zone of Western Siberia: morphology, physico-chemical properties, geochemistry]. Novosibirsk, Nauka Publ., 2011. 211 p.
24. Shilova I. [Primary succession of vegetation on man-made sandy outcrops in oil-rich areas of the Middle Ob region]. In: *Ekologiya* [Ecology J.], 1977, no. 6, pp. 5–14.
25. Astakhov V., Shkatova V., Zastrozhnov A., Chuyko M. Glaciomorphological Map of the Russian Federation. In: *Quaternary International*, 2017, vol. 420, pp. 4–14.
26. Kapitonova O., Aksarina K. On some physical and chemical properties of soils of sandy outcrops of the West Siberian northern regions. In: *Environmental dynamics and global climate change*, 2018, vol. 10, no. 1, pp. 29–39.
27. Svendsen J., Alexanderson H., Astakhov V., et al. Late Quaternary ice sheet history of northern Eurasia. In: *Quaternary Science Reviews*, 2004, vol. 23, no. 11–13, pp. 1229–1271.
28. Velichko A., Kononov V., Faustova M. The last glaciation of Earth: size and volume of ice-sheets. In: *Quaternary International*, 1997, vol. 41, no. 42, pp. 43–51.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Сизов Олег Сергеевич – кандидат географических наук, старший научный сотрудник Института проблем нефти и газа РАН (Москва), доцент кафедры геоэкологии факультета геологии и геофизики нефти и газа РГУ нефти и газа (НИУ) имени И. М. Губкина (Москва);
e-mail: kabanin@yandex.ru

Лоботросова Светлана Айратовна – главный специалист ООО «Пургеоком» (Тюмень);
e-mail: ravilova85@mail.ru

Соромотин Андрей Владимирович – доктор биологических наук, директор НИИ экологии и РИПР Тюменского государственного университета;
e-mail: asoromotin@mail.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Oleg S. Sizov – PhD in Geographical Sciences, senior researcher, Institute of Oil and Gas Problems of the Russian Academy of Sciences (Moscow), associate professor of the Department of Geoecology, Faculty of Petroleum Geology and Geophysics, Gubkin Russian State University of Oil and Gas (Moscow);
e-mail: kabanin@yandex.ru

Svetlana A. Lobotrosova – chief specialist, Purgeokom LLC (Tyumen);
e-mail: ravilova85@mail.ru

Andrey V. Soromotin – Doctor of Biological Sciences, director of the Research Institute of Ecology and RIPR Tyumen State University (Tyumen);
e-mail: asoromotin@mail.ru

ПРАВИЛЬНАЯ ССЫЛКА НА СТАТЬЮ

Сизов О. С., Лоботросова С. А., Соромотин А. В. Оценка физико-химических свойств верхних органо-минеральных горизонтов песчаных обнажений на севере Западной Сибири (на примере среднего течения р. Надым) // Географическая среда и живые системы. 2020. № 1. С. 31–52.
DOI: 10.18384/2712-7621-2020-1-31-52

FOR CITATION

Sizov O., Lobotrosova S., Soromotin A. Evaluation of the physical and chemical properties of upper organic and mineral layers of sandy outcrops in the north of Western Siberia (by the example of the middle flow of the Nadym river). In: *Geographical environment and living systems*, 2020, no. 1, pp. 31–52.
DOI: 10.18384/2712-7621-2020-1-31-52