

Минералогия почвенных техногенных новообразований

Васильева Т. И. ^{ORCID}, Легостаева Я. Б.

Институт геологии алмаза и благородных металлов СО РАН, Якутск, vasilevatig@yandex.ru

Аннотация. Приведены данные о минералогическом составе налетов и высолов на почвенно-растительной поверхности территорий, находящихся под техногенным воздействием добывающей промышленности различных регионов Якутии. Для всех исследованных площадок независимо от исследуемого района, плотные корки с полигональной трещиноватостью содержат монтмориллонит, либо смешаннослойный минерал слюда-монтмориллонитового типа, а в составе мягких налетов и высолов характерны гипс и гидроксиды железа. Другие минералы определяются составом вмещающих и рудных пород месторождений – это различные сульфаты и арсенаты. Минеральный состав и ассоциации гипергенных и техногенных минералов указывают на преимущественно начальную стадию изменений техногенных территорий, но в то же время на золоторудных месторождениях отмечается средняя и конечная стадии, при которой появляются ярозита и скородита.

Ключевые слова: налеты, техногенные территории, почвенно-растительный покров, сульфаты, арсенаты, оксалат.

Mineralogy of soil technogenic new formations

Vasileva T. I. ^{ORCID}, Legostaeva Y. B.

Diamond and Precious Metals Geology Institute, SB RAS, Yakutsk, vasilevatig@yandex.ru

Abstract. Data are presented on the mineralogical composition of sediments and efflorescence on the soil and plant surface of territories under the technogenic influence of the mining industry in various regions of Yakutia. In all studied areas, regardless of the study area, dense crusts with polygonal fracturing contain montmorillonite or a mixed-layer mineral of the mica-montmorillonite type, and soft sediments and efflorescence are characterized by gypsum and iron hydroxides. The remaining minerals are determined by the composition of the host and ore rocks of the deposits - these are various sulfates and arsenates. The mineral composition and associations of supergene and technogenic minerals indicate mainly the initial stage of changes in technogenic territories, but at the same time, middle and final stages are observed in gold deposits, at which jarosite and scorodite appear.

Keywords: coating, technogenic territories, vegetation cover of soil, sulfates, arsenates, oxalate.

Введение

Промышленная добыча полезных ископаемых приводит к трансформации естественных экосистем, изменению свойств и состава ландшафтов на огромных территориях. Очень часто одним из проявлений вышесказанного являются налеты и высолы на поверхности почвенного покрова, минералогический состав которых, как правило, является производным от состава вскрышных пород в отвалах. Корочки, пленки, налеты, выцветы, сформированные на поверхности – это наиболее молодые новообразования, связанные, преимущественно с антропогенным воздействием на почвенный покров. Для почв промышленно освоенных территорий наиболее контрастно проявляются новообразования на поверхности примитивных и постлитогенных почв. Почвы постлитогенного отдела представлены литоземами, карбо-литоземами, криоземами, глееземами, которые являются маломощными неполноразвитыми, имеют низкую биопродуктивность, характеризуются высоким содержанием грубогумусового вещества, иногда с четко выраженными криогенными процессами. По этой причине самовооствление почв протекает крайне медленно, что влияет на их общее экологическое состояние и плодородие. Дополнительным фактором развития процессов засоления является присутствие многолетней мерзлоты в почвенном профиле, которая выступает в качестве водоупора и запечатывает солевые токи внутри профиля.

Материалы и методы изучения

В ходе многолетних исследований геоэкологической ситуации в промышленных районах Якутии, где интенсивно идет добыча полезных ископаемых, было выявлено образование различных корок, налетов и высолов на поверхности почвенного покрова в импактных зонах техногенных объектов. Образцы отобраны на территории Далдынского, Алаakit-Мархинского и Хомпу-Майского кимберлитовых полей (Северо-Западная Якутия), золоторудных месторождений Селляхско-Хотунского рудного узла (Восточная Якутия), золоторудных бассейнов Алданского нагорья (Южная Якутия), месторождений общераспространённых полезных ископаемых долины Туймаада Центрально-Якутская равнина (Центральная Якутия) (рис. 1).

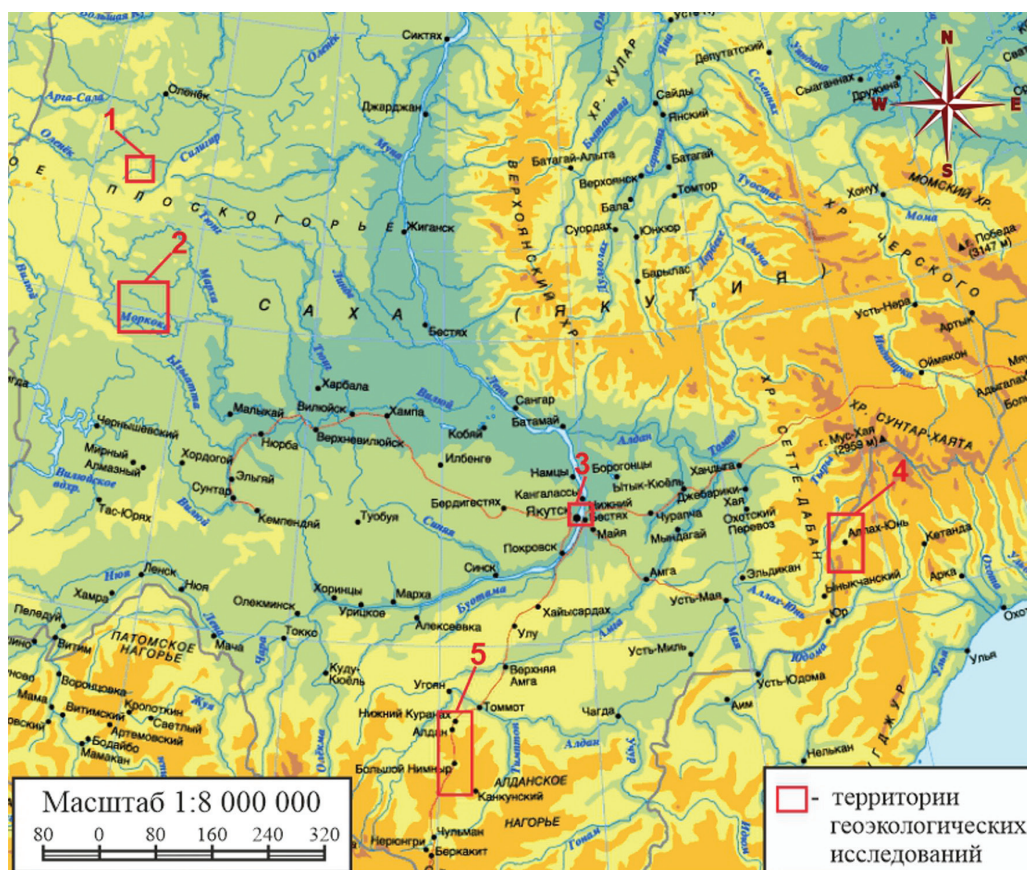


Рис. 1. Обзорная карта расположения районов исследований.

1 – Хомпу-Майское кимберлитовое поле; 2 – Далдынское кимберлитовое поле; 3 – долина Туймаада Центрально-Якутская равнина; 4 – золоторудные месторождения Селляхско-Хотунского рудного узла; 5 – золоторудные бассейны Алданского нагорья.

Fig. 1. Map of the studied territories.

1 – Khompu-Maiskoye kimberlite field; 2 – Daldyn kimberlite field; 3 – Tuymaada valley in the Central Yakutian lowland, sample 1663; 4 – gold deposits of the Sellakh-Khotun ore cluster; 5 – gold ore basins of the Aldan Highlands.

Изучение минералогического состава выполнено методом рентгенофазового анализа на дифрактометре D2 PHASER «Bruker» (Германия), съемка образцов проводилась на трубке с медным анодом (CuK α), при напряжении 30 кВ и силе тока 10 мА, с шагом 0.05°, интервал съемки 4.5–65°(2 θ), вращение 30 об./мин., экспозиция 1 секунда в точке, для диагностики минералов использовали базу данных PDF-2 (ЦКП ОФХМА ИГАБМ СО РАН).

Увеличенные фотографии образцов сделаны на поляризационном микроскопе MT9430L (Meiji Techno, Сайтама, Япония) М. В. Кудриным (ИГАБМ СО РАН).

Результаты исследований и их обсуждение

Для всех исследованных территорий плотные корки с полигональной трещиноватостью (рис. 2 а), образующиеся на поверхности почвенного покрова, помимо солей содержат монтмориллонит, либо смешаннослойный минерал слюда-монтмориллонитового типа, а в составе мягких налетов и высолов характерны гипс и гидроксиды железа. Для кимберлитовых провинций Западной Якутии типична аккумуляция ионов SO_4^{2-} , Ca^{2+} и $\text{Na}^+ + \text{K}^+$, а также не характерной для природных почв района исследования высокой концентрации Cl^- в верхней части профиля (Легостаева, Шадринова, 2020). Это проявляется в активном высыпании белых налетов гипса $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ на почвенно-растительной поверхности. Для золоторудных месторождений состав поверхностных новообразований обусловлен присутствием золотоносных рудных пород пирит-арсенопиритового состава, при разложении которых образуются сульфаты и арсенаты. Так, для Селляхско-Хотунского рудного узла характерны мягкие налеты на поверхности и плотные корки на оголенных органоминеральных сильно щебнистых горизонтах (рис. 2 б), с содержанием гипса, ярозита $\text{KFe}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$, гексагидрата $\text{MgSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ и гидроксидов железа (рис. 3 а, б). Для золоторудных бассейнов Алдана присущи скрытнокристаллические налеты (рис. 2 с), которые отличаются частым наличием скородита $\text{FeAsO}_4(\text{H}_2\text{O})_2$, помимо него присутствуют ярозит и гидроксиды железа (рис. 3 с).

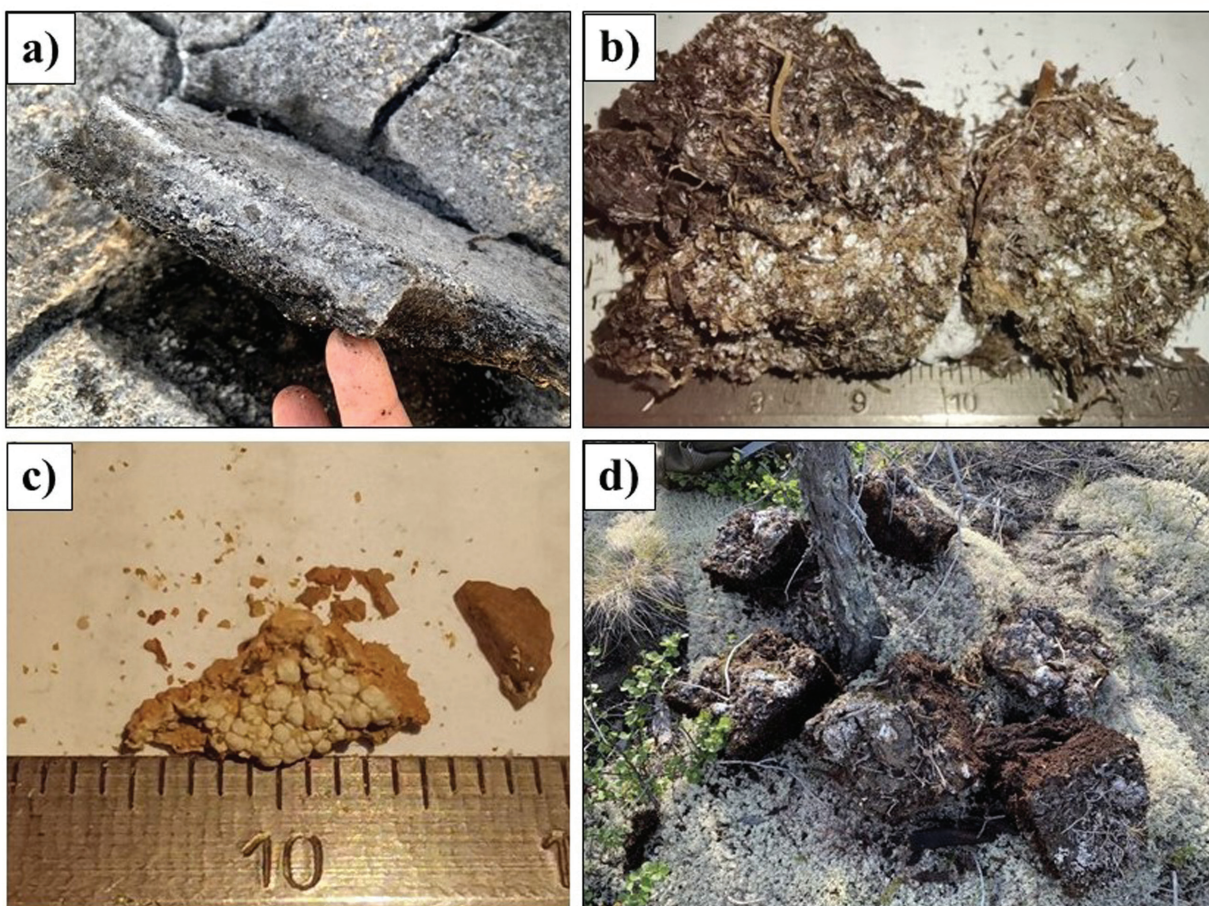


Рис. 2. Фотографии корок и налетов с исследованных территорий.

а – корка на почвенном покрове долины Туймаада Центрально-Якутская равнина; б – золоторудные месторождения Селляхско-Хотунского рудного узла; с – золоторудные бассейны Алданского нагорья алдынское кимберлитовое поле; d – Далдынское кимберлитовое поле.

Fig. 2. Photos of crusts and plaques from the explored territories.

а – crust on the soil cover of the Tuymaada valley; Central Yakut Plain; б – gold ore deposits of the Sellyakh-Khotun ore cluster; с – gold ore basins of the Aldan Highlands, Aldyn kimberlite field; d – Daldyn kimberlite field.

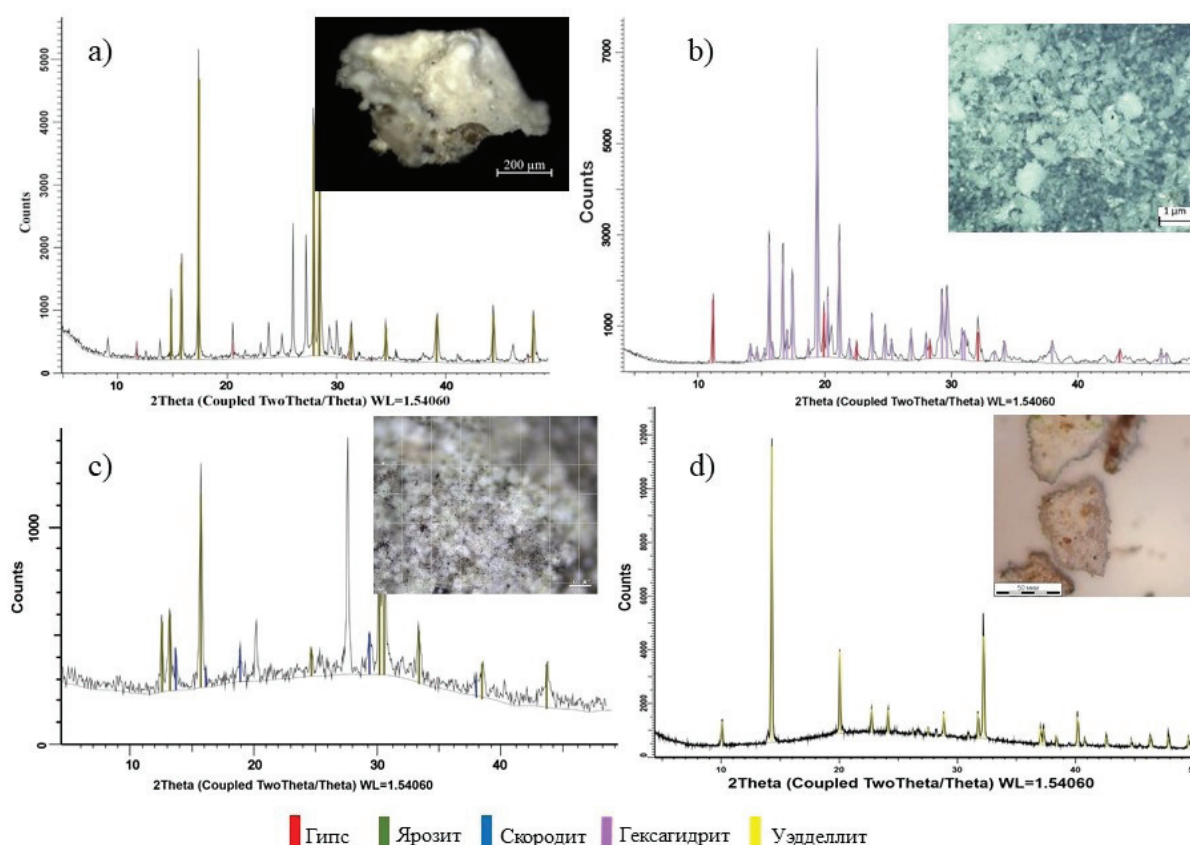


Рис. 3. Дифрактограммы и фотографии налетов.

a, b – налеты Селляхско-Хотунского рудного узла, c – налет золоторудного бассейна Алданского нагорья, d – налет Далдынского кимберлитового поля.

Fig. 3. Diffraction patterns and photographs of deposits.

a, b – deposits of the Sellyakh-Khotun ore cluster, c – deposits of the gold ore basin of the Aldan Highlands, d – deposits of the Daldyn kimberlite field.

Для территории карьеров общераспространенных полезных ископаемых долины Туймаада свойственны налеты различной формы и цвета, в которых выявлено большое количество различных сульфатов: гипса, гексагидрита, старкеита $\text{MgSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, тенардита Na_2SO_4 , мирабилита $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, бледита $\text{Na}_2\text{Mg}(\text{SO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, коньяита $\text{Na}_2\text{Mg}(\text{SO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, а также присутствует галит NaCl (рис. 4).

Отдельно выделим белые налеты органического происхождения (рис. 2 d) – оксалаты кальция $\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, которые, вероятно, синтезируют лишайники и микромицеты как ответ на техногенное угнетение (Vasileva, Legostaeva, 2023). Они преимущественно были выявлены в кимберлитовых провинциях в зоне воздействия отвалов пустых пород, карьеров и на местах разлива пульпы с обогатительной фабрики. Несколько находок приурочены к золоторудным месторождениям рядом с зонами интенсивного влияния гипергенеза на отвалы вмещающих пород.

Минеральный состав и ассоциации гипергенных минералов указывают на преимущественно начальную стадию техногенных изменений (Яхонтова, Зверева, 2000). Например, начальная стадия техногенной трансформации минерального состава почв отмечается на территории кимберлитовых провинций, в долине Туймаада Центрально-Якутской равнины и частично на территории Селляхско-Хотунского золоторудного месторождения, которая характеризуется кристаллизацией простых водных сульфатов – гипса, тенардита, гексагидрита и др. В то же время на большей части золоторудных месторождений отмечается средняя и конечная стадии горнопромышленных техногенных изменений, при которых появляются минералы других классов – ярозит и скородит.

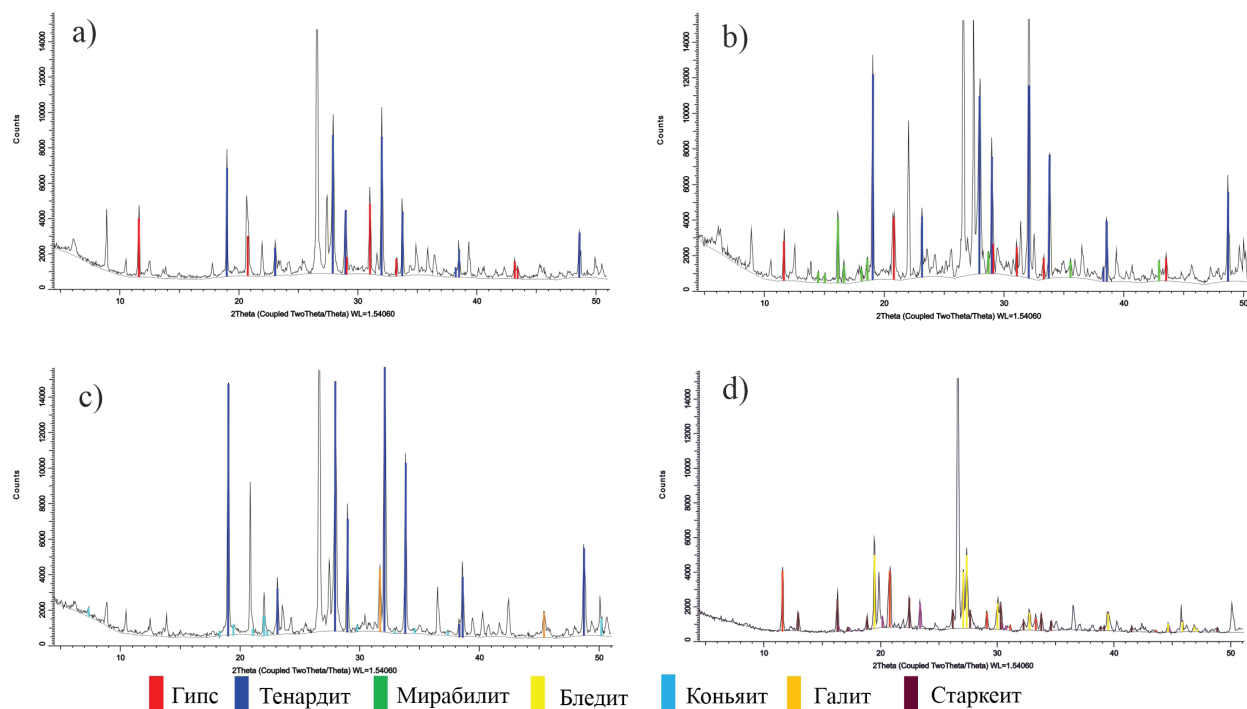


Рис. 4. Дифрактограммы налетов долины Туймаада Центрально-Якутская равнина.

Fig. 4. Diffraction patterns of deposits from the Tuymaada valley Central Yakut Plain.

Выводы

Все изученные техногенные новообразования представлены налетами, высолами и плотными корками. Во всех типах новообразований присутствуют гипс и гидроксиды железа. Налеты и высолы, как правило, отвечают минералогическому составу вмещающих и рудных пород исследованных территорий и характеризуются присутствием сульфатов, хлоридов и арсенатов. Плотные корки с полигональной трещиноватостью содержат монтмориллонит, либо смешаннослойный минерал слюда-монтмориллонитового типа. Отдельно отмечено проявление оксалатов кальция, обусловленное угнетением растительного сообщества техногенных территорий.

Гипергенные процессы и минералы определяют экологическое состояние техногенно трансформированной территории, при этом они наиболее интенсивно проявлены на золоторудных месторождениях, а наибольшее разнообразие сульфатов отмечается на территории карьеров общераспространённых полезных ископаемых.

Благодарности

Авторы благодарят сотрудников ИГАБМ СО РАН О. В. Шадрину и М. В. Кудрина за предоставленные для исследования образцы и помощь в обработке материала.

Работа выполнена в рамках Госзадания Минобрнауки РФ FUG-2024-007 «Мантйный магматизм, эволюция литосферы и рудоносность восточной части Сибирской платформы, геоэкология недропользования».

Литература

1. Легостаева Я. Б., Шадрин О. В. Миграция солей в профиле почв и техноземов в зоне воздействия объектов алмазодобычи в Якутии // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Северо-Востока России. Якутск: Издательский дом СВФУ. 2020. С. 478–481.
2. Яхонтова Л. К., Зверева В. П. Основы минералогии гипергенеза. Владивосток: Дальнаука. 2000. 331 с.
3. Vasileva T. I., Legostaeva Ya. B. Calcium oxalates in soils within disturbed landscapes and rock on the territory of Yakutia (Russia), formation conditions in a sharply continental cryoarid climate // Minerals. 2023. V. 13. No 5. P. 659. <https://doi.org/10.3390/min13050659>.