

УДК 631.48

**ПОЧВЫ ПОЛЕЙ ФИЛЬТРАЦИИ САХАРНОЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ В ЦЕНТРАЛЬНОМ ЧЕРНОЗЕМЬЕ
И ИХ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА
В ПОСТТЕХНОГЕННЫЙ ПЕРИОД**

**И. В. Замотаев¹⁾, Р. Г. Грачева¹⁾, Ю. В. Конопляникова¹⁾,
А. В. Долгих¹⁾, Д. В. Карелин¹⁾, Е. А. Белоновская¹⁾,
А. С. Добрянский¹⁾, П. В. Михеев²⁾**

¹⁾*Институт географии Российской академии наук, Старомонетный пер., 29,
119017, г. Москва, Россия, zamotaev@igras.ru*

²⁾*Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана, ул. Семашко, 2,
141014, Мытищи, Московская область, Россия*

Исследовались почвы, формирующиеся в условиях обширных очистных сооружений (полей фильтрации) сахарных заводов в лесостепной зоне Курской области. Рассмотрены техногенные факторы почвообразования, связанные с производственной свеклосахарной деятельностью, и посттехногенные процессы, действующие при забрасывании очистных сооружений. По сочетанию свойств и признаков почвы очистных сооружений не имеют прямых природных аналогов в Центральном Черноземье. Щелочные и сильнощелочные, обогащенные органическим веществом, карбонатами, фосфатами и питательными элементами, поступающими из сточных вод, почвы очистных сооружений сахарной индустрии являются ярким примером почв, развивающихся в экстремальных условиях «избытка ресурса».

Ключевые слова: техногенез; сточные воды; дефекал; поля фильтрации; агроэкологическая оценка почв.

**SOILS ON SUGAR INDUSTRY TREATMENT FACILITIES IN THE
CENTRAL CHERNOZEM ZONE AND THEIR AGROECOLOGICAL
ASSESSMENT IN THE POST-TECHNOGENIC PERIOD**

**I. V. Zamotaev¹⁾, R. G. Gracheva¹⁾, Yu. V. Konopliyanikova¹⁾,
A. V. Dolgikh¹⁾, D. V. Karelin¹⁾, E. A. Belonovskaya¹⁾, A. S. Dobryansky¹⁾,
P. V. Mikheev²⁾**

¹⁾*Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, Staromonetny per., 29, 119017,
Moscow, Russia, zamotaev@igras.ru*

²⁾*Erisman Federal Scientific Center of Hygiene, 141014, Semashko str., 2, Mytishchi,
Moscow Oblast, Russia*

Soils that have been formed within extensive treatment facilities (decommissioned infiltration fields) of sugar beet factories in the forest-steppe zone of the Kursk region were

studied. The technogenic factors of soil formation associated with the industrial sugar beet activity, and post-technogenic processes, acting during the abandonment of treatment facilities, are considered. According to the combination of properties, the soils of wastewater treatment plants have no direct natural analogues in the central Chernozem zone. Alkaline and highly alkaline, enriched in organic matter, carbonates, phosphates and nutrients coming from wastewater, soils of the infiltration fields of sugar industry are a prime example of soils developing under extreme conditions of "excess resource".

Keywords: technogenesis; wastewater; press mud; infiltration fields; soil agroecological assessment.

В районах размещения отходов сахарной промышленности формируются особые ландшафты очистных сооружений — полей фильтрации (ПФ). Они наряду с сырьевой и заводской структурно-функциональными зонами рассматриваются как неотъемлемая составная часть «индустриальной геосистемы», или «индустриально-ландшафтной зоны сахарного производства» [1, с. 22].

В аккумулятивных позициях искусственно созданных мезопонижений (карт или чеков), сформированных в окружении насыпных валов, по нашим данным [2; 3] создается особый комплекс условий по сравнению с окружающим фоном: 1) более мощный и продолжительный снежный покров и, следовательно, более высокая температура почвы зимой; 2) периодическое обводнение используемых карт с дополнительным поступлением биогенных и других веществ, применяемых при переработке свеклы и рафинировании сахара; 3) широкое распространение гидрофильных и гигрофильных растительных сообществ, не характерных для фоновых лесостепных ландшафтов Центрального Черноземья, в которых доминируют мезофиты и ксеромезофиты; 4) почвообразующими субстратами на ПФ служат многокомпонентные отходы сахарной индустрии и трансформированные сточными водами карбонатные лессовидные суглинки и/или нижние горизонты черноземных почв. По своим свойствам, составу и генезису они отличаются от всех известных почвообразующих пород и во многом являются новыми объектами для изучения процессов почвообразования с известным нуль-моментом.

Объектами исследования послужили почвы ПФ сахарных заводов, действующего Льговского и закрытого в начале 2000-х гг. Пенского завода в Курской области (Курчатовский район). В качестве фоновой почвы использовался целинный чернозем типичный (миграционно-мицелярный в формате Классификации почв России [4], Курской биосферной станции (Медвенский район), согласно WRB (2015) [5] – *NaрlicChernozemPachic*.

В ландшафтах ПФ формируется широкий спектр почв техногенного и посттехногенного рядов, не характерных для природных фоновых почв. В пространстве эти почвы формируют отличный от исходного почвенный покров, сложность и контрастность которого связана с разнообразием геоморфологических условий, почвообразующих субстратов, циклами обводнения-высыхания карт полей фильтрации, особенностями растительных покровов, а также использованием карт после забрасывания, в частности, под пашню и огороды.

Исследованные почвы постлитогенного ствола почвообразования относятся к 4 отделам: 1) *слаборазвитых почв* на валах, перекрытых дефекатом, где выделяются (пелоземы техногенные на артииндустрате; WRB: Spolic Technosol (Alcalic, Calcaric, Transportic); 2) *органогумусовых почв* на межсекционных валах на природном материале (темногумусовые типичные почвы на органолистрате; Eutric Cambisol (Organotransportic); 3) *гидрометаморфических (квазиглеевых) почв* днищах используемых карт (перегнойные, перегнойно-гумусовые квазиглеевые почвы; Calcaric Gleysol (Alcalic, Clayic)) и заброшенных неочищенных от осадков карт (темногумусовые техногенные артистратифицированные; Spolic Technosols (Alkalic, Calcaric)), в которых сочетаются свойства постлитогенных почв и некоторые синлитогенных; к этому отделу отнесены и (перегнойно)-темногумусовые гидрометаморфические почвы с яркими признаками биотурбаций в заброшенных очищенных от осадков днищах карт, формирующиеся в условиях повышенной влажности; по WRB: Gleyic Cambisol (Alcalic, Loamic, Protocalcic); 4) *аккумулятивно-гумусовых почв* в заброшенных очищенных от осадков картах (гидрометаморфизованные черноземы; Naplic Cambisol (Alcalic, Protocalcic)) под покровом древесных видов с доминированием клена ясенелистного в условиях переменного-влажного режима увлажнения.

Процессы привноса твердофазного и/или хемогенного материала, гидрометаморфизация, ожелезнение и миграция разнообразных веществ, в том числе легкорастворимых солей (сульфатов) более активно протекают в почвах действующих карт, а процессы метаморфизма органического и минерального вещества, оструктурирование и турбации, связанные с деятельностью биоты и корней, доминируют в почвах заброшенных карт.

По сумме признаков или их отдельным сочетаниям формирующиеся почвенные тела в картах ПФ не имеют прямых природных аналогов в Центральном Черноземье. Щелочные и сильнощелочные, обогащенные органическим веществом, карбонатами, фосфатами, питательными элементами почвы на отходах сахарной индустрии являются ярким

примером «экстремальных почв», развивающихся «при избытке ресурса» под воздействием сахарной промышленности [6]. Помимо специфических морфо-химических свойств почвы днищ ПФ характеризуются и особенным функционированием, связанным с повышенным уровнем среднегодовой эмиссии парниковых газов (диоксида углерода и метана) и активностью микробиоты. По данным [3] максимальные зафиксированные величины эмиссии CH_4 составляют на обводненных, т.е. используемых, картах Львовского сахарного комбината в летний период $+44.9 \text{ г } \text{CH}_4 \text{ м}^{-2}$ в сут., что по абсолютной величине на пять порядков превышает фоновые ландшафтные величины потоков на черноземах [7]. Кроме того, выявлена высокая скорость формирования поверхностных горизонтов с мощностью от 10 до 25 см. Обогащение карбонатами и дополнительным органическим материалом из сточных вод в смеси с дефекатом ведет к обилию почвенных структурообразователей и, при обсыхании поверхности, к формированию гумусовых горизонтов в течение одного летнего сезона.

Полученные результаты позволяют выделить отдельную «разновидность экстремальности» для почв, формирующихся под воздействием высококонцентрированных сточных вод предприятий разных отраслей пищевой промышленности (*техно-гидро-экстремальные*), и имеющих определенную специфику поведения во времени [2].

Интенсификация земледелия является современным трендом развития сельского хозяйства в России и в первую очередь на лучших по плодородию почвах. В этой связи особую актуальность приобретают исследования, направленные на разработку методов снижения последствий деградиционных процессов (дегумификации, эрозии, выноса питательных элементов, подкисления и др.) и восстановления свойств, обеспечивающих продуктивность почв. С целью оценки пригодности выведенных из эксплуатации и заброшенных карт ПФ для выращивания сельскохозяйственных культур была проведена агроэкологическая и санитарно-гигиеническая оценка изученных почв, а также сравнение их по свойствам с фоновыми черноземами и серыми почвами.

Как показали наши исследования, в картах ПФ создаются почвы с близкими водно-физическими и агрохимическими свойствами (хорошая оструктуренность, рыхлое сложение, высокая обеспеченность почв питательными элементами и др.), которые в большинстве случаев являются благоприятными для роста и воспроизводства сельскохозяйственных культур. По изученным факторам химической и биологической природы почвы выведенных из эксплуатации карт ПФ могут быть значимым ресурсом для выращивания сельскохозяйственных культур либо

отдельными хозяйствами, либо сельскохозяйственными организациями, при условии строгой экспертизы содержания тяжелых металлов и соблюдения санитарных правил, устанавливающих требования к качеству сельскохозяйственных земель. Изучение адаптации сельскохозяйственных культур к особенностям почв ПФ на фоне variability климатических параметров должно сопровождаться почвенно-генетическими и агрохимическими исследованиями в каждом конкретном случае. Это относится к ПФ, расположенным в Центральном Черноземье и других степных областях страны.

Библиографические ссылки

1. *Тютюнник Ю. Г.* Виробничий ландшафт і його демуґація. К.: ІЕЕ НАН України, 2021. 142 с.
2. Почвообразование на отходах сахарной промышленности в Центральном Черноземье / И. В. Замотаев [и др.] // Почвоведение. 2023. № 11. С. 1450-1471.
3. Годовой бюджет углеродсодержащих биогенных парниковых газов при смешанном землепользовании: Львовский район как модельный объект Центрального Черноземья / Д. В. Карелин [и др.] // Почвоведение. 2023. № 8. С. 911–924.
4. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
5. IUSS Working Group WRB. World Reference Base for Soil Resources. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports. 2014. № 106. Update 2015. FAO, Rome, 2015. 192 p.
6. *Горячкин С. В.* География экстремальных почв и почвоподобных систем // Вестник Российской академии наук. 2022. Т. 92. № 6. С. 564–571.
7. *Гарькуша Д. Н., Федоров Ю. А., Тамбиева Н. С.* Эмиссия метана из почв Ростовской области // Аридные экосистемы. 2011. Т. 17. № 4 (49). С. 44–52.