

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «АСТРАХАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМ. В.Н. ТАТИЩЕВА»**

ГЕОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

**КАФЕДРА ЮНЕСКО «ОБУЧАЮЩЕЕСЯ ОБЩЕСТВО И СОЦИАЛЬНО-УСТОЙЧИВОЕ
РАЗВИТИЕ»**

**МОЛОДЕЖНЫЙ КЛУБ РУССКОГО ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА
АСТРАХАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПРИРОДНЫЙ БИОСФЕРНЫЙ ЗАПОВЕДНИК
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПРИРОДНЫЙ ЗАПОВЕДНИК БОГДИНСКО-БАСКУНЧАКСКИЙ
КАРАДАГСКАЯ НАУЧНАЯ СТАНЦИЯ ИМ. Т.И. ВЯЗЕМСКОГО – ПРИРОДНЫЙ
ЗАПОВЕДНИК РАН**

«КУРАЖСКОВСКИЕ ЧТЕНИЯ»

Материалы II Международной научно-практической конференции

г. Астрахань, 18-21 мая 2023 года

Составитель А. Н. Бармин

Астрахань
Астраханский государственный университет имени В. Н. Татищева
2023

УДК 502
ББК 20.1

Рекомендовано к печати редакционно-издательским советом
Астраханского государственного университета им. В.Н. Татищева

Рецензенты:

Доктор географических наук,
профессор Московского государственного университета геодезии и
картографии

Луговской Александр Михайлович

Доктор географических наук,
профессор Калмыцкого государственного университета имени Б. Б.
Городовикова

Бананова Валентина Александровна

«Куражсковские чтения»: материалы II Международной научно-практической
конференции, г. Астрахань, 18-21 мая 2023 года / составитель А.Н. Бармин – Астрахань:
Астраханский государственный университет им. В.Н. Татищева, 2023. – 677 с. – Текст :
электронный.

Конференция посвящается 100-летию основоположника науки
«Природопользование» – Куражсковскому Юрию Николаевичу

© Астраханский государственный университет им. В.Н. Татищева, 2023

© Бармин А.Н., составление, 2023

© Беляев Д.Ю., оформление обложки, 2023

ТЕХНОГЕНЕЗ И ЭКСТРЕМАЛЬНОЕ ПОЧВООБРАЗОВАНИЕ НА ДЕЙСТВУЮЩИХ ПОЛЯХ ФИЛЬТРАЦИИ ЛЬГОВСКОГО САХАРНОГО ЗАВОДА (КУРСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Замотаев Игорь Викторович, д.г.н.¹, Конопляникова Юлия Викторовна,
к.б.н.¹, Грачева Раиса Габдрахмановна, к.г.н.¹, Долгих Андрей
Владимирович, к.г.н.¹, Михеев Павел Владимирович, к.б.н.², Добрянский
Александр Сергеевич¹

¹Институт географии РАН, Москва

² ФНЦГ им Ф.Ф. Эрисмана Роспотребнадзора, Мытищи

E-mail: zivigran@rambler.ru

Выявлены особенности процессов почвообразования в днищах действующих карт (чеков) полей фильтрации Льговского сахарного завода в лесостепной зоне Курской области. Под воздействием сточных вод в смеси с другими отходами в днищах карт формируются щелочные, обогащенные органическим веществом, карбонатами, фосфатами и питательными элементами перегнойно-гумусовые квазиглеевые почвы. Они не имеют прямых природных аналогов в Центральном Черноземье и являются ярким примером «экстремальных почв», развивающихся «при избытке ресурса» под воздействием отходов сахарной индустрии.

Ключевые слова: очистные сооружения, сточные воды, дефека́т, педогенные новообразования, процессы почвообразования, Gleysols.

TECHNOGENESIS AND EXTREME PEDOGENESIS IN THE ACTIVE INFILTRATION FIELDS OF THE LGOVSKY SUGAR FACTORY (KURSK REGION)

Igor V. Zamotaev, D.Sc. in geography¹, Yuliya V. Konopliyanikova, C.Sc. in
biology¹, Raisa G. Gracheva, C.Sc. in geography¹, Andrey V. Dolgikh, C.Sc. in
geography¹, Pavel V. Mikheev, C.Sc. in biology², Alexander S. Dobryansky¹

¹Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, Moscow

²Erisman Federal Scientific Center for Hygiene, Mytishchi

E-mail: zivigran@rambler.ru

The features of pedogenic processes in the bottoms of the existing (active) infiltration fields (waste checks, ponds) of the Lgovsky sugar factory in the forest-steppe zone of the Kursk region are revealed. Under the influence of wastewater mixed with other waste alkaline, humic quasi-gley soils (Calcaric Fluvic Gleysols) enriched with organic matter, carbonates, phosphates and nutrients are formed. They have no direct natural analogues in the Central Chernozem region and are a clear example of "extreme soils" developing "with an excess of resource" under the influence of sugar industry waste.

Keywords wastewater treatment plants, waste water, defecate, pedofeatures, pedogenic processes, Gleysols.

ВВЕДЕНИЕ

Для естественной биологической очистки сточных вод сахарных заводов используются гидротехнические сооружения, обычно называемые полями фильтрации (ПФ). Они наряду с сырьевой и заводской структурно-функциональными зонами рассматриваются как неотъемлемая составная часть “индустриальной геосистемы”, или “индустриально-ландшафтной зоны сахарного производства” [6].

ПФ представляют собой сеть выемок – карт, окруженных межсекционными земляными валами с различными техническими элементами. Исследуемые поля фильтрации (рис. 1а) Львовского сахарного завода (площадь 175 га) занимают водораздельную поверхность рек Бык и Опока на четвертичных отложениях, подстилаемых мергелями. Ширина карт варьирует от 30 до 80 м, длина – от 60 до 300 м. Высота межсекционных валов составляет 3-4 м. В результате анализа материалов съемок с БПЛА (рис. 1в) установлено, что днища карт размещаются выше окружающей местности (от 3 до 40 м). Это обеспечивает свободный дренаж и предотвращает длительный застой воды в картах.

Карты ПФ действуют в режиме периодического заполнения сточными водами в смеси с разбавленным фильтрационным (дефекат) и транспортерно-мочным осадками и осушения.

СОСТАВ СТОКОВ, ОТВОДИМЫХ НА ПОЛЯ ФИЛЬТРАЦИИ

Специфика воздействия на среду и почвы на ПФ заключается в привносе со сточными водами широкого спектра геохимически активных веществ, в первую очередь взвешенных веществ (72 мг/дм^3), сульфатов ($0,78 \text{ мг/дм}^3$), хлоридов ($44,6 \text{ мг/дм}^3$), фосфатов ($<0,1 \text{ мг/дм}^3$), аммиака и солей аммония ($4,9 \text{ мг/дм}^3$), железа ($7,8 \text{ мг/дм}^3$), марганца ($1,74 \text{ мг/дм}^3$), кальция (229 мг/дм^3), цинка ($0,024 \text{ мг/дм}^3$) и кадмия ($0,0012 \text{ мг/дм}^3$). Кроме того, на ПФ поступает определенное количество используемых в производстве сахара технологических вспомогательных средств (антинакипины, поверхностно-активное вещество, пеногасители и др.), а также сапонин, пестициды и патогенные микроорганизмы, часто токсичные и опасные для природной среды и почв [4, 5].

Биохимическое потребление кислорода 586 мг/дм^3 говорит о том, что в отработанных сточных водах ($\text{pH}=7,3$), имеющих характерный гнилостный запах, содержится большое количество растворенных органических соединений. Химическое потребление кислорода (619 мг/дм^3) почти в 2,5 раза выше принятых нормативов для сбросов сахарного производства. В стоках фиксируется значительное количество бактерий. Об этом свидетельствует общее микробное число (при 37°C равно $1600\text{--}4000 \text{ КОЕ/мл}$), в 16–40 раз превышающее нормативы для питьевой воды [2].

Наряду со сточными водами важными факторами формирования почв на ПФ являются дефекат с высоким содержанием органических соединений (10-30%), карбонатов (40-80%) и питательных элементов (т.н. «избыток ресурса» в сравнении с черноземными почвами по [1]), а также транспортерно-мочный осадок. Он состоит на 93,4% из гумусированного мелкозема, который

налипает на корнеплоды сахарной свеклы и выносятся из агросерых почв и агрочерноземов в период уборки культуры [4]. В мелкоземистой части осадка доминируют фракции 0,25–0,005 мм (крупная пыль – 36,9%, средняя пыль – 23,4%, мелкий песок – 22,6%).

ПОЧВЫ ДЕЙСТВУЮЩИХ КАРТ ПОЛЕЙ ФИЛЬТРАЦИИ

В действующих картах на осадках сточных вод (рис. 1б) формируются почвы гидроморфного (болотного) ряда: почвы перегнойные и перегнойно-гумусовые квазиглеевые арти-стратифицированные по [3], *Calcaric Fluvic Gleysols* (*Alcalic Clayic*, *Humic*, *Technic*) – по WRB [7]. Они представляют собой кратковременные, но ярко выраженные стадии почвообразования в течение каждого периода осушения (аэрации), длительность которых составляет от нескольких недель до нескольких месяцев.

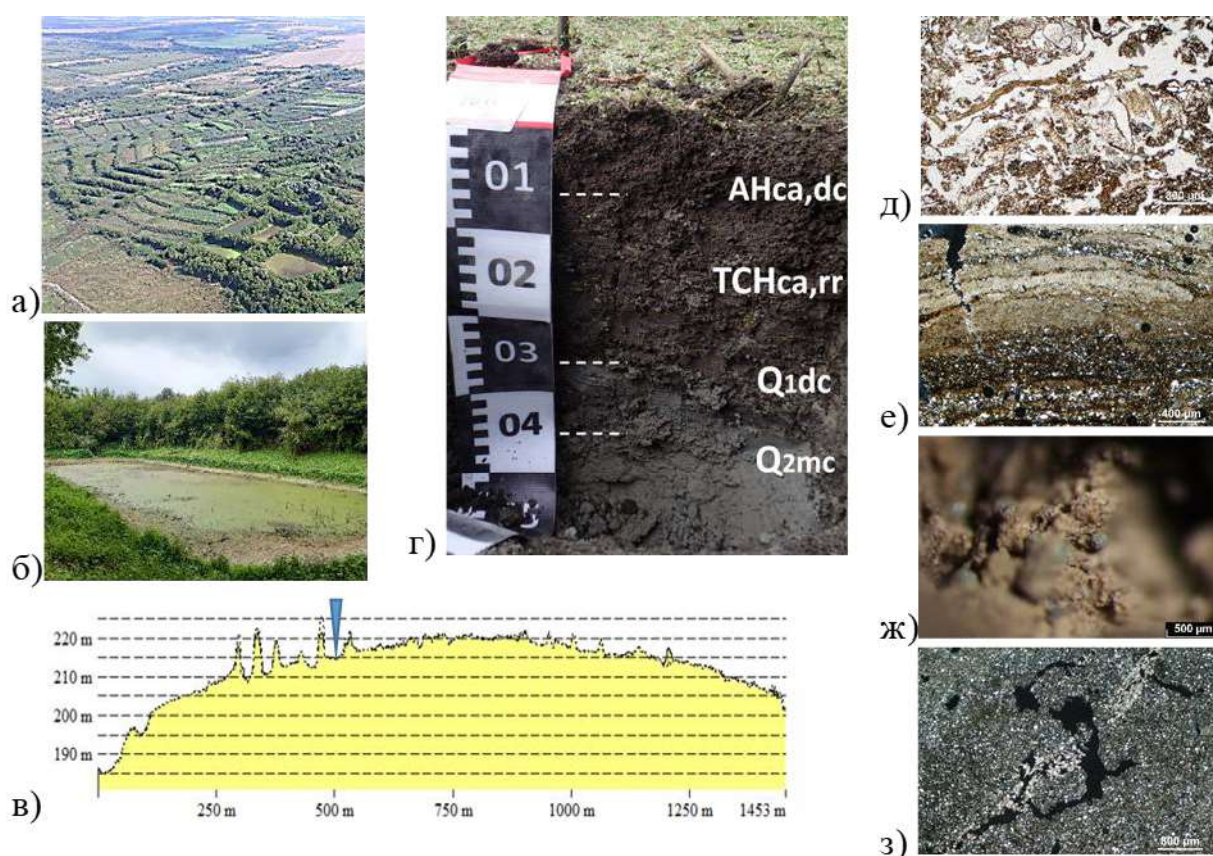


Рис. 1 а) перспективный аэрофотоснимок очистных сооружений Льговского сахарного завода (2021 г.), б) действующая карта, покрытая ряской (ассоциация *Lemnetum*), в) профиль рельефа очистных сооружений по ЦММ на основе БПЛА и ALOS World 3D - 30m (AW3D30), г) профиль перегнойно-гумусовой квазиглеевой арти-стратифицированной почвы в днище действующей карты (разрез LG-10-20), д) крупные среднеразложившиеся растительные остатки и органоминеральные агрегаты в горизонте *AHca,dc* (0-5 см), *PPL*, е) карбонатные спаритовые (светлые), органические (тёмные) и карбонатные микритовые (бурые) микропрослои в материале дефекта, горизонт *TCHca,rr* (5-25 см), *XPL*, ж) новообразования вивианита в горизонте *Q1dc* (25-30 см), з) карбонатные спаритовые прожилки по ходам корней в горизонте *Q2mc* (30-50), *XPL*

Почвы переувлажненных участков под гигрофильной растительностью характеризуются наличием перегнойного слегка оторфованного (*Hca*; 2,5Y3/2)

или перегнойно-темногумусового (рис. 1д) (АН; 7.5YR2/2) горизонта. Верхние горизонты постепенно переходят в техногенную микрослоистую толщу из карбонатного и органического материала (ТСН), слабо или вообще не переработанную почвенными процессами (рис. 1е), которые сменяются квазиглеевыми горизонтами (Q; рис. 1г). Перегнойно-гумусовые квазиглеевые почвы содержат в большом количестве карбонаты. Их максимальное содержание наблюдается в верхних горизонтах (18,0-20,0%), резко снижается в нижних до 6,4-7,6%.

Гидрогенный метаморфизм проявляется с глубины 25 см в виде серо-сизых тонов окраски (2.5YR6/4) с ржавыми железистыми пятнами и ожелезнением по корневым ходам и порам, а также в специфических формах фосфатных новообразований. На глубине 25 см отмечены выделения вивианита ($\text{Fe}_3[\text{PO}_4]_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$) серовато-голубоватого цвета шарообразной, плоской и неправильной формы, иногда с выраженным блеском (рис. 1ж). При мезо- и микроморфологическом изучении почв обнаружено (рис. 1з), что карбонатные новообразования представлены псевдомицелием (прожилки\трубочки\” кутаны” по корневым ходам, рассеянными кристаллами спарита и скоплениями (карбонатные пятна\микросегрегации).

Профиль перегнойно-гумусовых квазиглеевых почв дифференцирован по гранулометрическому составу имеет облегчённую верхнюю часть (средний суглинок иловато-крупнопылеватый), связанную с поступлением на поверхность карт нового твердофазного материала, и утяжеленную нижнюю (от тяжелого суглинка до легкой глины), что, обусловлено более длительным привносом транспортерно-моечного осадка со сточными водами. Максимум илистой фракции в горизонте Q2mc вызван именно этой причиной, что хорошо диагностируется мезоморфологически и аналитически. Фракции песка (1–0,25 и 0,25–0,05 мм) присутствуют в минимальном количестве. Они выносятся в связи с особенностями гидродинамического режима в отстойниках (при высоких скоростях воды).

Содержание органического углерода в почвах высокое, составляя 7,21% в перегнойно-гумусовом горизонте (АН, 0-5 см), в переходном - 4,8% (5-25 см) и 1,13% в самом нижнем гидрометаморфическом (Q). При этом наименьшее соотношение органического углерода к общему азоту (C:N=12, сильно обогащены азотом) характерно для приповерхностного горизонта, вниз по профилю соотношение значительно увеличивается (C:N=21-25). Реакция среды щелочная по всему профилю (pH=7,8-8,5). Достаточно высокая щелочность связана, с одной стороны, с обилием карбонатов и карбонатных новообразований в профилях почв, с другой - с регулярным поступлением с отработанными сточными водами сахарного завода легкорастворимых солей. При этом обращает внимание только заметная аккумуляция сульфат-иона SO_4^{2-} в профиле при прямом воздействии сточных вод: в органогенном горизонте (0-5 см) его содержание составляет 440 мг/л, и падает ниже по профилю до 50–60 мг/л, что характерно для природных почв.

По сумме признаков или их отдельным сочетаниям почвенные тела, формирующиеся в используемых картах ПФ не имеют прямых природных аналогов в Центральном Черноземье. Щелочные, обогащенные органическим веществом, карбонатами, фосфатами и питательными элементами почвы на отходах сахарной индустрии являются ярким примером «экстремальных почв», развивающихся «при избытке ресурса» под воздействием сахарной индустрии [1]. Помимо специфических морфо-химических свойств перегнойно-гумусовые квазиглеевые почвы характеризуются и особенным функционированием, связанным с повышенным уровнем среднегодовой эмиссии диоксида углерода в летний период ($1,445 \text{ г С (CO}_2\text{)}/(\text{м}^2 \text{ ч})$), превышающим в несколько раз фон [2]. Полученные результаты указывают, что в дальнейшем можно 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.

Список литературы

1. Горячкин С.В., Мергелов Н.С., Таргульян В.О. Генезис и география почв экстремальных условий: элементы теории и методические подходы // Почвоведение. 2019. № 1. - С. 5–19.
2. Замотаев И.В., Грачева Р.Г., Михеев П.В., Конопляникова Ю.В. Формирование и трансформация почв в районах размещения отходов сахарной индустрии (обзор) // Почвоведение, № 8. - С. 949-961.
3. Классификация и диагностика почв России. - Смоленск: Ойкумена, 2004. - 342 с.
4. Поливанова Т.В., Уваркин А.В., Фролов К.А., Поливанова С.А. Управление осадками транспортерно-моечных вод сахарного производства – важнейшая экологическая проблема // Известия Юго-Западного государственного университета, 2014. № 1. - С. 125-129.
5. Пузанова Л.Н. Агроэкологическая оценка и сельскохозяйственное использование субстрата очистных сооружений свеклосахарных заводов: на примере ОАО "Сахарный комбинат "Льговский". Автореф. дис. ... канд. с-х. наук. Курск, 2009. - 19 с.
6. Тютюнник Ю.Г. Виробничий ландшафт і його демуатація. - К.: ІЕЕ НАН України, 2021. - 142 с.
7. IUSS Working Group WRB. World Reference Base for Soil Resources. 2014. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports. № 106. Update 2015. FAO, Rome, 2015. - 192 p.