

**РАЗДЕЛ 2.**  
**ФИЗИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ И КЛИМАТОЛОГИЯ, ГЕОГРАФИЯ ПОЧВ**  
**И ГЕОХИМИЯ ЛАНДШАФТОВ**

*УДК 631.48*

**ПЕРВИЧНОЕ ПОЧВООБРАЗОВАНИЕ В ПОСТТЕХНОГЕННЫХ**  
**ГЕОСИСТЕМАХ КЕРЧЕНСКОГО ПОЛУОСТРОВА**

*Голеусов П. В.*

*Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Белгород,  
Российская Федерация  
E-mail: goleusov@bsu.edu.ru*

В статье на основе анализа морфологического строения и свойств 25 новообразованных почв посттехногенных геосистем Керченского полуострова проведено обоснование режимов первичного почвообразования, различающихся по его условиям и результатам. Исследованы почвы, образовавшиеся за 20–30 лет на техногенно перемещённых субстратах, бетонных покрытиях и конструкциях, экспонированных плотных горных породах, техногенно загрязнённых мелкозёмистых субстратах. Соответственно, выделены следующие режимы первичного посттехногенного почвообразования: квазиприродный эллювиально-автоморфный, золово-аккумулятивный на плотных техногенных субстратах, ренатурационно-детоксикационный на техногенно загрязнённых субстратах. Несмотря на различия в свойствах, ведущим почвообразовательным процессом является формирование гумусового горизонта, которое происходит со средней за 20–30 лет скоростью 2–3 мм/год и накоплением углерода в этом горизонте на уровне 40–50 г С/м<sup>2</sup> в год.

**Ключевые слова:** первичное почвообразование, новообразованные почвы, посттехногенные геосистемы, гумусовый горизонт, химические свойства почв, ренатурация геосистем.

**ВВЕДЕНИЕ**

Исследования первичного почвообразования в заброшенных геотехнических системах (посттехногенных геосистемах), как важного процесса их природной самоорганизации (ренатурации), следует считать актуальной фундаментальной задачей геоэкологии. Её решение имеет также очевидную прикладную составляющую, связанную с оценкой темпов самоконсервации и реабилитации заброшенных техногенных объектов, самоочищения их от поллютантов, формирования природных сообществ как перспективных элементов экологических сетей. В ряде случаев сценарий возвращения этих геосистем в природный каркас территории (ренатурирование) более целесообразен, чем рекультивация и повторное хозяйственное использование. Территория Керченского полуострова (Республика Крым) изобилует такими объектами и может служить удобным полигоном для исследования ренатурационных процессов, в том числе и первичного почвообразования. К настоящему времени сформированы фундаментальные представления о развитии во времени (онтогенезе) почв данной территории [1, 2, 3], причём перечень объектов с датированным началом почвообразовательного процесса довольно широк: от посттехногенных и

## ПЕРВИЧНОЕ ПОЧВООБРАЗОВАНИЕ В ПОСТТЕХНОГЕННЫХ ГЕОСИСТЕМАХ КЕРЧЕНСКОГО ПОЛУОСТРОВА

беллигеративных геосистем до археологических памятников разных эпох. Вместе с тем, именно начальный этап педогенеза отличается наибольшим разнообразием антропогенных условий почвообразования, что предполагает их систематизацию для геоэкологической оценки результатов воспроизводства почвенного блока посттехногенных геосистем и их экологической реабилитации. Именно такую задачу мы решали в ходе исследований, проведённых на наиболее известных заброшенных техногенных объектах Керченского полуострова.

### ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Керченский полуостров характеризуется степными климатическими условиями почвообразования, геоморфологически и литологически модифицируемыми в широкое многообразие почвенных типов, среди которых наиболее распространены (зональные) чернозёмы южные и тёмно-каштановые почвы, а также чернозёмы остаточного-карбонатные и дерновые карбонатные почвы, образовавшиеся на продуктах выветривания известняков [4, 5]. Современные климатические изменения связаны с аридизацией: по отношению к периоду климатической нормы (1961–1990 гг.) среднегодовая температура выросла с +11 °С до +13 °С, а годовая сумма осадков, наоборот, сократилась с 480 до 400 мм, при том, что в целом в Крыму преобладает тренд на повышение увлажнения [6]. Керченский полуостров характеризуется наименьшими энергетическими затратами на почвообразование в Крыму, на исследуемой территории — 800–900 МДж/м<sup>2</sup>·год [2].

Нами были исследованы новообразованные почвы известных посттехногенных геосистем Керченского полуострова: Крымской АЭС (строительство остановлено в 1987 году), Крымской СЭС (прекратила работу в 1993 году), заброшенного аэродрома в пос. Багерово (эксплуатация прекратилась в 1998 году), известняковых карьеров и отвалов Краснопартизанского месторождения близ г. Керчь, п. Аршинцево (заброшены в 1990-х гг.) и территории Камыш-Бурунского железорудного комбината (прекратил работу в 1993 г.) (рис. 1). Всего исследовано 25 профилей новообразованных почв в отношении их морфологического строения, выборочно произведён анализ химических свойств по стандартным методикам и валовый химический анализ рентгенофлуоресцентным методом. Возраст исследованных почв на момент исследования сходный, составлял 20–30 лет. Такой продолжительности почвообразования достаточно [7], чтобы в строении и свойствах в полной мере проявились специфические признаки этих почв, и можно было диагностировать их дальнейшее развитие.

Поверхности, на которых формируются исследованные молодые почвы, представлены разнообразными насыпными техногенными грунтами, а в некоторых случаях — искусственными материалами (бетонными конструкциями). Растительность представлена преимущественно зональными травянистыми растительными сообществами, которые уже перешли в стадию сложной группировки, в некоторых случаях — древесными насаждениями.

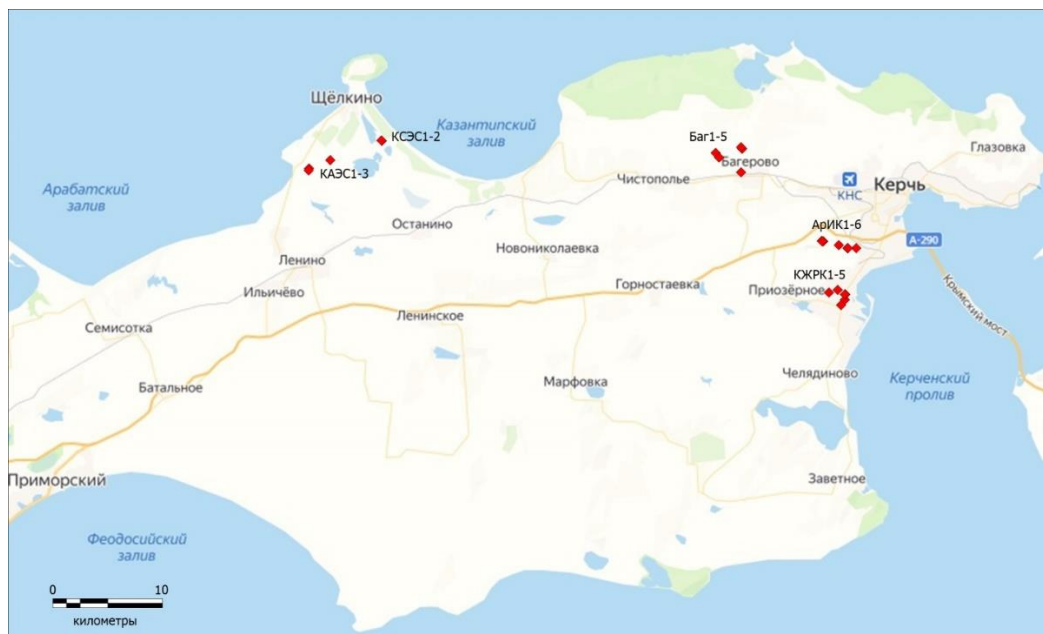


Рис. 1. Расположение объектов исследования.

Составлено автором.

В классификационном отношении согласно [8] исследованные почвы на рыхлых отложениях относятся к стволу постлитогенных почв, отделу слаборазвитых почв, типам пелозёмов, псаммозёмов и петрозёмов гумусовых; почвы на бетонных конструкциях и покрытиях можно отнести к стволу синлитогенных почв, отделу слаборазвитых. Почвы на бывшей производственной площадке Камыш-Бурунского железорудного комбината можно отнести к отделу химически-преобразованных. В соответствии с представлениями, разрабатываемыми сотрудниками Института почвоведения и агрохимии СО РАН [9, 10], исследованные почвы можно отнести к эмбриозёмам гумусово-аккумулятивным.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

### 1. Новообразованные почвы заброшенных Крымской атомной электростанции (КАЭС) и Крымской солнечной электростанции (КСЭС).

Крымская АЭС, строительство которой было остановлено в 1987 году, занимает площадь почти 200 га. На её территории происходит ренатурация разнообразных поверхностей, сформированных как грунтовыми насыпями (дамбы технологических водоёмов), так и бетонными сооружениями. В связи с продолжающимся демонтажем сооружений эти поверхности постоянно обновляются. Поэтому нами были исследованы объекты, не имеющие признаков новых нарушений с момента забрасывания. В качестве примера ниже представлена почва, образовавшаяся на дамбе водоёма-охладителя.



Рис. 2 Дамба обвалования технологического водоёма Крымской АЭС и образовавшаяся на ней почва.

Составлено автором.

Объект КАЭС3. Платообразная вершина дамбы обвалования имеет ширину 10 м. Растительность злаково-полынная. Общее проективное покрытие 55%. Средняя высота травостоя 30 см. Подстилка отсутствует.

А (0–4 см) серовато-бурый, структура крупнокомковато-порошистая, уплотнённый, густо пронизан корнями, граница волнистая, переход постепенный. Содержание органического вещества 3,10%, содержание  $\text{CO}_2$  карбонатов 3,08%, рНвод. 8,17. Плотность сложения 1,19 г/см<sup>3</sup>.

АС (4–7 см) неоднородный, более уплотнённый по сравнению с вышележащим, структура более крупная, граница волнистая, под куртиной злаков мощность гумусового горизонта несколько выше, переход заметный по окраске. Содержание органического вещества 1,53%, содержание  $\text{CO}_2$  карбонатов 4,29%, рНвод. 8,40.

С (ниже 7 см) бурая глина с включениями щебня. Содержание органического вещества 0,44%, содержание  $\text{CO}_2$  карбонатов 3,85%, рНвод. 8,34.

В геохимическом отношении данная новообразованная почва функционирует по нормальному автоморфному элювиальному типу: её гор. А характеризуется выщелачиванием элементов. Например, по элементам Са и Na коэффициент радиальной дифференциации (КРД, отношение содержания элемента в гор. А к его содержанию в гор. С) равен 0,8, по Fe и Mg 0,9. По калию и фосфору наблюдается накопление в гор. А: КРД равен 1,1 и 1,3, соответственно. Почва не загрязнена тяжёлыми металлами, по ним также наблюдается вынос из гор. А в нижележащие горизонты. В целом, эта почва соответствует зональному тренду воспроизводства и

практически не имеет никакой техногенной специфики, кроме первоначального уплотнения поверхности тяжёлой техникой и редких включений щебня. Аналогичные «нормальные» почвы формируются и на других поверхностях КАЭС и КСЭС, сформированных нетоксичными техногенно перемещёнными грунтами (объекты КАЭС2 и КСЭС1).

На бетонных поверхностях КАЭС и КСЭС, в ловушках эолового мелкозёма, сформированных сначала моховым покровом, а затем травянистыми растениями, образовались почвы с резко дифференцированным профилем. Их гумусовые горизонты обогащены техногенными элементами, которые, вероятно, в большей степени поступают аэральным путём, а в меньшей степени – путём выщелачивания из бетона. Примером может служить почва, образовавшаяся в бетонном коробе для прокладки кабелей на территории заброшенной Крымской солнечной электростанции (КСЭС2, рис. 3). Ренатурация на этом объекте происходит с 1986 года, наиболее интенсивно — с момента прекращения функционирования (с 1993 года).



Рис. 3. Почвообразование в бетонных конструкциях на территории заброшенной Крымской солнечной электростанции.

Составлено автором.

Почва данного объекта представляет собой совокупность довольно развитого органогенного горизонта — разложившегося в разной степени древесного опада (лох серебристый), мощностью 1,5 см и органо-минерального горизонта такой же мощности. В нижнем, гумусово-аккумулятивном горизонте отмечены следы активной деятельности дождевых червей, структура копрогенная, к нижней части горизонт несколько осветлён. «Вскипание» от 10%-ного раствора HCl отсутствует. В варианте под травянистой растительностью структура горизонта А пылеватая, но мощность меньше. Поверхность бетона в обоих вариантах имеет тёмную окраску, она шероховатая, выступают песчаные зёрна и ракушки, что свидетельствует о возможном почвенном разрушении связующей массы бетона. Содержание

## ПЕРВИЧНОЕ ПОЧВООБРАЗОВАНИЕ В ПОСТТЕХНОГЕННЫХ ГЕОСИСТЕМАХ КЕРЧЕНСКОГО ПОЛУОСТРОВА

органического вещества в гумусово-аккумулятивном горизонте 4,63% под древесной растительностью и 13,85% — под травянистой, рНвод. 6,72 и 7,02, карбонаты отсутствуют. Отмечено значительное содержание Zn 126–182 мг/кг в гор. А объектов КАЭС1 и КСЭС2, а в объекте КАЭС1 (почвообразование на дорожной плите) также и Pb 158 мг/кг. Эти значения превышают фоновые в 2–8 раз. Такое накопление связано с аккумулятивным типом почвообразования, связанным с накоплением техногенных аэрозолей.

### 2. Новообразованные почвы заброшенного аэродрома в пос. Багерovo.

В ходе исследования посттехногенных геосистем заброшенного военного аэродрома в пос. Багерovo, эксплуатация которого прекратилась в 1998 году, были описаны варианты воспроизводства почв на бетонных конструкциях дорог и разобранных сооружений (объекты Баг1, Баг4, Баг5). Ренатурация на этих объектах связана с формированием растительного сообщества в трещинах или стыках бетонных покрытий. Поселившиеся растения (первоначально — мох) способствуют накоплению мелкозёма и органических остатков, которые заполняют трещины или стыки, формируя детритный горизонт АО. Гумусовые продукты почвообразования проникают в подстилающий бетонное покрытие слой песчаной породы и приводят к формированию горизонта АС, мощность которого пропорциональна времени почвообразования. Так, в объекте Баг1 этот горизонт имеет мощность 2 см, а в объекте Баг4 — 9 см. Интересен тот факт, что эта мощность в 9 см соответствует времени почвообразования не менее 40 лет, а это свидетельствует о длительном функционировании почвенных систем (в том числе, когда этот аэродром ещё функционировал) в стыках между плитами. Таким образом, наличие узких каналов (в частности, трещин, стыков плит) не препятствует формированию гумусового горизонта в мелкозёмной почвенной матрице, экранированной бетоном. Пространственные размеры таких квазипогребённых почвенных тел соответствуют области распространения корневых систем высших растений.

Приведём пример почвы, образовавшейся в стыке плит рулёжной дороги, соединяющей ангары аэродрома с взлётно-посадочной полосой (объект Баг4). Растительность преимущественно злаковая (свиной пальчатый), корневища и стебли которой, усиленные механическими тканями, проходят в трещине. Детрит заполняет пространство щели, а под бетонным покрытием формируется горизонт АС. Субстрат — песок с ракушечником, засыпанный под основание плит. Отобраны пробы почвенного материала из щели, АС и С. Под плитой происходит накопление влаги, что стимулирует рост растений.

АО (0–16 см) детритное заполнение трещины, пронизанное стеблями и корневищами свиной. «Вскипание» от 10%-ного р-ра HCl умеренное. Содержание органического вещества 3,24%, содержание CO<sub>2</sub> карбонатов 15,07%, рНвод. 7,85.

АС (16–25 см) гумусированный горизонт новообразованной, частично экранированной плитой почвы, серый, с палево-жёлтыми пятнами, структура пылеватая, уплотнённый, граница линзовидная, переход заметный. «Вскипание» бурное. Содержание органического вещества 0,71%, содержание CO<sub>2</sub> карбонатов 46,20%, рНвод. 8,43.

С (ниже 25 см) песок с ракушечной крошкой палево-жёлтый. «Вскипание» бурное. Содержание органического вещества 0,62 %, содержание  $\text{CO}_2$  карбонатов 45,21%, рНвод. 8,64.

Особенностью этой почвы, как и в случае почвообразования на бетонных конструкциях и покрытиях КАЭС и КСЭС, является накопление Zn — до 133 мг/кг.



Рис. 4. Почва в стыке бетонных плит аэродрома Багерovo.

Составлено автором.

Также были исследованы объекты на обваловке бывших позиций ПВО аэродрома, отсыпанных фоновым грунтом и обложенных дёрном. Этот вариант не является первичным почвообразованием, скорее, по предложенной нами классификации [11], это квазипервичное или рецентное почвообразование. Мощность новообразованного гумусового горизонта (A+AC) в данном случае составляет 11-12 см, содержание органического вещества 2–5 %, содержание макро- и микроэлементов соответствует фоновому, дифференциация их по профилю не выражена.

### 3. Почвы известняковых карьеров и отвалов п. Краснопартизанского месторождения близ г. Керчь, п. Аршинцево.

На Керченском полуострове площадь земель, нарушенных при добыче полезных ископаемых (преимущественно известняка), составляет более 928 га [12]. Месторождения известняка характерны для всего Керченского полуострова, здесь это самый распространённый и доступный природный строительный материал. Рекультивационные работы в последние 20 лет практически не производились и карьеры находятся в заброшенном состоянии, часто используются для депонирования бытовых отходов [13].

В районе г. Керчи нами исследованы 2 карьерно-отвальных комплекса, частично рекультивированных и в настоящее время не эксплуатируемых. Они относятся к Краснопартизанскому месторождению известняка. На момент исследования карьеры представляют собой довольно живописные арены ренатурации (рис. 5).

Профили новообразованных почв этих карьерно-отвальных комплексов характеризуются простым строением: A0-A-AC-C-D. Имеется тенденция к

## ПЕРВИЧНОЕ ПОЧВООБРАЗОВАНИЕ В ПОСТТЕХНОГЕННЫХ ГЕОСИСТЕМАХ КЕРЧЕНСКОГО ПОЛУОСТРОВА

образованию горизонта Ch — прокрашенной гумусом части породы без явных признаков биогенного оструктуривания.

Почвообразующей породой в исследованных карьерно-отвальных комплексах являются плотные известняки, их элювий (чаще — техногенный), суглинистые и глинистые породы. Содержание  $\text{CO}_2$  карбонатов в этих породах варьирует от 3 до 53,46 %. Реакция среды преимущественно — сильнощелочная ( $\text{pH}_{\text{вод.}} 8,60 \pm 0,20$ ). В процессе почвообразования избыточная щёлочность нейтрализуется, реакция среды гумусовых горизонтов новообразованных почв становится среднещелочной ( $\text{pH}_{\text{вод.}} 8,28 \pm 0,08$ ).



А



Б

Рис. 5. Панорамы заброшенных известняковых карьеров Краснопартизанского месторождения (г. Керчь).

Составлено автором.

Содержание гумуса в почвах карьерно-отвальных комплексах г. Керчь в среднем  $2,40 \pm 0,44\%$ . При этом под травянистой растительностью наблюдается более высокое содержание гумуса в горизонтах А, чем под кронами деревьев. Однако под деревьями распределение органического вещества по профилю почв более равномерно убывающее, чем почвах под травянистой растительностью, где уже в горизонте АС содержание гумуса часто уменьшается почти вдвое, по сравнению с горизонтом А. Средний запас гумуса составляет  $2246,4 \text{ г/м}^2$ . При среднем возрасте около 30 лет интенсивность аккумуляции углерода составляет  $43,4 \text{ г/м}^2$  в год.

В качестве примера приведём описание объекта АрИК5 — специфичной почвы известнякового карьера по добыче пильного камня вблизи р-на Аршинцево г. Керчь, южный борт с нарезкой известняковых террас и блоков (рис. 5, А). Северная



экспозиция. Ширина террас 60 см, высота 30 см. Блоки выпилены размером 40x20x20 см, ширина пропила около 17 мм. Ренатурация рабочего борта карьера происходит сверху вниз — от верхних террас к нижним. (Нижние террасы более молодые, кроме того, на верхние террасы сильнее влияет ренатурационный потенциал фоновых сообществ.) На террасах селится мох, что способствует накоплению мелкозёма. На каждой террасе возникает поле ренатурации: на плотной породе – мох, затем селится мятлик живородящий, под деревьями лоха формируется разнотравная ассоциация. Накоплению мелкозёма способствуют также щели-пропилы террас.

Разрез выполнен под кроной лоха возрастом 15–20 лет, у ствола. ОПП 15 %, высота травостоя 20 см. Мятликовая группировка (мятлик живородящий).

A0 (0–1 см) опад листьев лоха, его веточек с примесью злакового опада.

A (0–2 см) серый, сухой, супесь тяжёлая, пылеватый, рыхлый, корни трав и лоха, граница ровная, переход заметный по окраске.

AC (2–6 см) неоднородный, преимущественно светло-серый, пылеватый, рыхлый, граница волнистая, понижается под куртинами мятлика, переход заметный по окраске.

Содержание органического вещества в смешанном образце (A+AC) 2,13 %, содержание CO<sub>2</sub> карбонатов 47,52%, рНвод. 8,32.

C (6–12 см) известняковая крошка и пыль. Преимущественно крупной фракции, пылеватый, рыхлый. Содержание органического вещества 0,93 %, содержание CO<sub>2</sub> карбонатов 49,72 %, рНвод. 8,34.

D (ниже 120 мм) известняковая плита.

«Вскипание» от 10%-ного р-ра HCl бурное по всему профилю.

В варианте под травянистой растительностью суммарная мощность гор. A+AC больше на 1 см, содержание органического вещества незначительно выше. Химический состав этих почв определяется литогенным фактором и закономерно меняется в процессе выветривания и накопления мелкозёма: происходит накопление Si, Al, Fe, K, P, Ti в аккумулятивном горизонте, по сравнению с материнской породой. Но этот процесс довольно медленный.

В целом, в почвах известняковых карьерно-отвалных комплексов Керчи нами отмечены варианты первичного почвообразования, имеющие аналоги в природе. Поэтому они вполне могут быть использованы как пространственно-временные модели для исследования природного воспроизводства почв, с учётом специфики субстратов.

#### 4. Новообразованные почвы территории Камыш-Бурунского железорудного комбината.

Предприятие «Камыш-Бурунский железорудный комбинат» к настоящему времени прекратил существование. Остановка производства началась с 1991 года и к 1993 году почти полностью завершилась. Нами были исследованы промплощадка предприятия, высохший гидроотвал отходов обогащения железной руды, отвалы карьера по добыче руды. В качестве примера приведём разрез почвы, образовавшейся на территории предприятия (рис. б).



Рис. 6. Общий вид промплощадки бывшего Камыш-Бурунского железорудного комбината и образовавшаяся на его территории почва.

Составлено автором.

Объект КЖРК1. Участок самозарастания на техногенном наносе. Элемент ландшафта — заболоченное понижение с глубиной залегания солёных грунтовых вод 1,5 м. Техногенный нанос вскрыт канавой глубиной 1,7 м. Растительность — тростниковая ассоциация, серийные сообщества различного возраста. В месте разреза — злаковая ассоциация. Общее проективное покрытие — 75%. На участках с большим включением каменного угля — менее 15%. Высота травостоя 30 см. Почвообразовательный субстрат — техногенная смесь каменного угля и его золы, пыли железорудного производства, крупнозернистого с галькой морского песка. Подстилающая порода — морской аллювий с характерной для заболоченных низменностей слоистостью, песчано-ракушечниковый, с торфянисто-иловатыми прослоями.

A0 Подстилка отсутствует или слабо выражена — груборазложившийся опад злаков.

A (0–8 см) Новообразованный гумусовый горизонт. Тёмно-серый с буроватым оттенком, неоднородный, структура пылеватая, много техногенных включений щебня, гальки, каменного угля и его золы, отходов обогащения руды. Густо пронизан корнями, граница неровная карманная, выцветы солей. Переход заметный. Плотность сложения 1,29 г/см<sup>2</sup>.

АС (8–20 см) Техногенный нанос с признаками нового первичного почвообразования. Очень неоднородный, с включениями техногенных материалов и щебня. Граница ровная, переход резкий.

Содержание органического вещества в смешанном образце (А+АС) 4,06%. Содержание CO<sub>2</sub> карбонатов 8,25%. рНвод. 8,20.

D1[A] (20–26 см) торфяно-илистый слой – погребённая почва заболоченного понижения. Содержание органического вещества 6,25%. Содержание CO<sub>2</sub> карбонатов 23,32%. рНвод. 7,96.

D2 (ниже 26 см) аллювиальный песчано-ракушечниковый нанос. Содержание органического вещества 0,07%. Содержание CO<sub>2</sub> карбонатов 44,22%. рНвод. 8,65.

«Вскипание» от 10%-ного р-ра HCl бурное по всему профилю.

Данная почва характеризуется значительным содержанием техногенных элементов в гор. А: Ва 1332 мг/кг, Рb 318 мг/кг, V 235 мг/кг, Zn 181 мг/кг, Cr 173 мг/кг, Со 106 мг/кг, As 89 мг/кг, Ni 70 мг/кг. Содержание компонентов руды также высокое: железа в пересчёте на Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 37,63%, марганца в пересчёте на MnO 5125 мг/кг. Однако визуальных признаков угнетения травостоя не отмечено.

Довольно специфическими химическими свойствами обладает маломощная почва, образовавшаяся на гидроотвале отходов обогащения руды (объект КЖРК2) после его высыхания. В гумусовом горизонте мощностью 2 см и плотностью сложения 1,43 г/см<sup>3</sup> содержание органического вещества 1,81%, содержание CO<sub>2</sub> карбонатов 5,72 %, рНвод. 8,20. Содержание железа в пересчёте на Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 36,15%, марганца в пересчёте на MnO 8161 мг/кг. Тяжёлых металлов также довольно много: Ва 1547 мг/кг, V 400 мг/кг, Cr 185 мг/кг, Zn 174 мг/кг, As 133 мг/кг Со 115 мг/кг, Рb 95 мг/кг, Ni 88 мг/кг. Растительность этого гидроотвала угнетена, проективное покрытие не превышает 30%. На поверхности почвы много раковин моллюсков, которые обитали в водоёме до его высыхания.

Таким образом, характерной особенностью почв, сформировавшихся в посттехногенных геосистемах Камыш-Бурунского железорудного комбината, является высокое содержание тяжёлых металлов в гумусово-аккумулятивном горизонте. Так, содержание Рb превышает фоновый уровень в 7–23 раза, Mn — в 6–9 раз, As и Со — в 4–6 раз, Ва — в 3 раза, Ni и Zn — в 2 раза. При этом в почвах, образовавшихся на техногенных поверхностях, сформированных техногенными субстратами (техногенный нанос промплощадки (КЖРК1), отходы обогащения (КЖРК2), элювий разрушающихся бетонных поверхностей (КЖРК3) в верхних горизонтах содержание микроэлементов часто превышает их содержание в субстрате. Это означает, что накопление микроэлементов происходит параллельно с почвообразованием. В то же время в почвах, образовавшихся на вскрышных породах железорудного карьера (КЖРК4–5) свойства более благоприятные, происходит вынос микроэлементов в нижние горизонты.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В посттехногенных геосистемах Керченского полуострова за 20–30 лет формируются устойчивые почвенные системы, выполняющие все биосферные и экосистемные функции почв. Скорость формирования гумусовых горизонтов составляет 2-3 мм/год, интенсивность фиксации углерода находится в диапазоне 40–50 г С/м<sup>2</sup> в год.

## ПЕРВИЧНОЕ ПОЧВООБРАЗОВАНИЕ В ПОСТТЕХНОГЕННЫХ ГЕОСИСТЕМАХ КЕРЧЕНСКОГО ПОЛУОСТРОВА

---

На техногенно перемещённых природных субстратах (отвалы вскрышных пород, насыпи, дамбы, обваловки) реализуются зональные режимы первичного почвообразования, связанные с ведущим почвообразовательным процессом — гумусонакоплением. Морфологически обособляются гумусово-аккумулятивные горизонты мощностью 4–7 см. Средняя скорость формирования гумусовых горизонтов составляет 2–3 мм/год, линейно усреднённая скорость фиксации углерода находится в диапазоне 40–50 г С/м<sup>2</sup> в год. Профили незначительно дифференцируются по содержанию макроэлементов, содержание микроэлементов соответствует фоновому уровню. Эти объекты являются классическим вариантом ренатурации посттехногенных геосистем и, учитывая их значительные площади, могут быть использованы как ренатурационные элементы экологического каркаса. Так происходит с геосистемой бывшего аэродрома Багерова и прилегающего к нему полигона в составе ООПТ регионального уровня «Природный парк «Караларский». Аналогичными элементами природного каркаса фактически являются живописные ренатурационные геосистемы карьерно-отвалных комплексов неэксплуатируемых месторождений известняков и железных руд Керченского полуострова. Их новообразованные почвы являются важными компонентами геосистем, способствующими повышению их биоразнообразия и устойчивости.

Иная ситуация связана с первичным почвообразованием на техногенных субстратах постпромышленных объектов. На плотных субстратах (бетонные конструкции и покрытия, фундаменты разобранных сооружений) происходит накопление мелкозёма в виде золы и наночастиц, задерживаемых растительностью, с незначительным (за период 20–30 лет) выветриванием самих оснований. Этому процессу способствуют механические повреждения (трещины) и технологические щели (стыки плит, щели при выпиливании камней). Такие почвы содержат повышенные концентрации тяжёлых металлов, существенно превышающие фоновые уровни. Почвы производственной площадки бывшего Камыш-Бурунского железорудного комбината представляют эколого-геохимическую опасность и должны быть рекультивированы отсыпкой нетоксичных грунтов. Бетонные покрытия и сооружения целесообразно демонтировать и переработать, как это делается на бывшем аэродроме Багерова и КАЭС. Но принципиальных ограничений для процесса ренатурации эти объекты не формируют: на них также происходит первичное почвообразование, селится растительность и почвенная фауна.

Таким образом, на примере исследованных объектов можно выделить следующие режимы первичного посттехногенного почвообразования: квазиприродный эллювиально-автоморфный, золово-аккумулятивный на плотных техногенных субстратах, ренатурационно-детоксикационный режим на техногенно загрязнённых субстратах.

### **БЛАГОДАРНОСТИ**

Исследования выполнены при финансовой поддержке гранта Президента РФ МД-6807.2015.5.

Список литературы

1. Ергина Е.И. Особенности рецентного почвообразования в Крыму // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия: География. Том 22 (61). 2009. № 2. С. 27–32.
2. Лисецкий Ф.Н., Ергина Е.И. Развитие почв Крымского полуострова в позднем голоцене // Почвоведение. 2010. № 6. С. 643–657.
3. Ергина Е.И. Пространственно-временные закономерности процессов современного почвообразования на Крымском полуострове. Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2017. 224 с.
4. Драган Н.А. Почвенные ресурсы Крыма. Симферополь: ДОЛЯ, 2004. 208 с.
5. Драган Н.А. Почвы окрестностей Казантипского природного заповедника // Труды Никитского ботанического сада – Национального научного центра. 2006. Том 126. С. 149–163.
6. Жук В.О. Методика оценки потенциальной гидрометеорологической опасности территории Крымского полуострова: Дисс. ... канд. геогр. наук. Специальность 25.00.30 – метеорология, климатология, агрометеорология. Воронеж, 2021. 188 с.
7. Голеусов П.В., Лисецкий Ф.Н. Воспроизводство почв в антропогенно нарушенных ландшафтах лесостепи. М.: ГЕОС, 2009. 210 с.
8. Классификация и диагностика почв России / Авторы и составители: Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева, М.И. Герасимова. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
9. Андроханов В.А., Куляпина Е.Д., Курачев В.М. Почвы техногенных ландшафтов: генезис и эволюция. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2004. 205 с.
10. Соколов Д.А., Андроханов В.А. Эволюция представлений о почвах техногенных ландшафтов в работах сотрудников лаборатории рекультивации почв ИПА СО РАН // Почвы и окружающая среда: Сборник научных трудов Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной 55-летию Института почвоведения и агрохимии СО РАН (2–6 октября 2023 г., г. Новосибирск). Новосибирск: ИПА СО РАН, 2023. С. 18–26.
11. Голеусов П.В. Первичное, рецентное и вторичное почвообразование как варианты самоорганизации почв в антропогенно нарушенных геосистемах // Почвоведение – продовольственной и экологической безопасности страны: тезисы докладов VII съезда Общества почвоведов им. В.В. Докучаева и Всероссийской с международным участием научной конференции (Белгород, 15–22 августа 2016 г.). Часть I / Отв. ред.: С.А. Шоба, И.Ю. Савин. Москва-Белгород: Издательский дом «Белгород», 2016. С. 166–167.
12. Кудрик, И.Д. Современные проблемы охраны и использования недр в АР Крым / И.Д. Кудрик, А.В. Ошкадер, Г.Н. Пыцкий // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. 2010. №4. С. 85–89.
13. Ковалевская Ю.О. Современное экологическое состояние ландшафтов Орджоникидзевского района г. Керчь // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия: География. Том 23 (62). 2010. № 1. С.44–47.

**PRIMARY SOIL FORMATION IN POST-TECHNOGENIC  
GEOSYSTEMS OF THE KERCH PENINSULA**

*Goleusov P. V.*

*Belgorod National Research University, Belgorod, Russia  
E-mail: goleusov@bsu.edu.ru*

The Kerch Peninsula is characterized by a significant distribution of post-technogenic geosystems of various types in which primary soil formation occurs. In the article, based on an analysis of the morphological structure and properties of 25 newly formed soils, a substantiation of the regimes of primary soil formation, differing in its conditions and results, was carried out. Soils formed over 20–30 years on technogenically displaced

## ПЕРВИЧНОЕ ПОЧВООБРАЗОВАНИЕ В ПОСТТЕХНОГЕННЫХ ГЕОСИСТЕМАХ КЕРЧЕНСКОГО ПОЛУОСТРОВА

substrates, concrete pavements and structures, exposed dense rocks, and technogenically contaminated fine-earth substrates were studied. We examined newly formed soils of well-known post-technogenic geosystems of the Kerch Peninsula: the Crimean Nuclear Power Plant (construction stopped in 1987), the Crimean SES (stopped operating in 1993), an abandoned airfield in the village. Bagerovo (operation ceased in 1998), limestone quarries and dumps of the Krasnopartizanskoe deposit near the city of Kerch, Arshintsevo (abandoned in the 1990s) and the territory of the Kamysh-Burun iron ore plant (ceased operation in 1993). A total of 25 profiles of newly formed soils were studied in relation to their morphological structure, a selective analysis of chemical properties was carried out using standard methods and a bulk chemical analysis was carried out using the X-ray fluorescence method. The age of the studied soils at the time of the study was similar, amounting to 20–30 years. This duration of soil formation is sufficient for the specific features of these soils to be fully revealed in their structure and properties, and their further development can be diagnosed. The surfaces on which the studied young soils are formed are represented by a variety of bulk technogenic soils, and in some cases by artificial materials (concrete structures). The vegetation is represented mainly by zonal herbaceous plant communities, which have already entered the stage of complex grouping, in some cases by tree plantations. Accordingly, the following regimes of primary post-technogenic soil formation have been identified: quasi-natural eluvial-automorphic, aeolian-accumulative on dense technogenic substrates, renaturation-detoxification on technogenically polluted substrates. Despite the differences in properties, the leading soil-forming process is the formation of a humus horizon, which occurs at an average rate of 2–3 mm/year over 20–30 years and the accumulation of carbon in this horizon at a level of 40–50 g C/m<sup>2</sup> per year. Primary soils on technogenically displaced soils are most common, and the corresponding geotopes are renaturation elements of the ecological network of the territory. It is advisable to reclaim primary soils on technogenically contaminated substrates due to their ecological and geochemical danger to the population, but they do not form any fundamental obstacles to the renaturation process.

**Keywords:** primary soil formation, newly formed soils, post-technogenic geosystems, humus horizon, chemical properties of soils, renaturation of geosystems.

### References

1. Ergina E.I. Osobennosti recentnogo pochvoobrazovaniya v Krymu // Ucheny`e zapiski Tavricheskogo nacional`nogo universiteta im. V.I. Vernadskogo. Seriya: Geografiya. Vol. 22 (61). 2009. no. 2. pp. 27–32. (in Russian).
2. Liseczkij F.N., Ergina E.I. Razvitie pochv Krymskogo poluostrova v pozdnem golocene // Pochvovedenie. 2010. no. 6. pp. 643–657. (in Russian).
3. Ergina E.I. Prostranstvenno-vremennyye zakonomernosti processov sovremennogo pochvoobrazovaniya na Krymskom poluostrove. Simferopol: IT «ARIAL», 2017. 224 p. (in Russian).
4. Dragan N.A. Pochvenny`e resursy Kryma. Simferopol: DOLYa, 2004. 208 p. (in Russian).
5. Dragan N.A. Pochvy okrestnostej Kazantipskogo prirodnogo zapovednika // Trudy` Nikitskogo botanicheskogo sada – Nacional`nogo nauchnogo centra. 2006. Vol. 126. pp. 149–163. (in Russian).
6. Zhuk V.O. Metodika ocenki potencial`noj gidrometeorologicheskoy opasnosti territorii Krymskogo poluostrova: Diss. ... kand. geogr. nauk. Special`nost 25.00.30 – meteorologiya, klimatologiya, agrometeorologiya. Voronezh, 2021. 188 p. (in Russian).

7. Goleusov P.V., Liseczkiy F.N. Vosproizvodstvo pochv v antropogenno narushennyh landshaftah lesostepi. M.: GEOS, 2009. 210 p. (in Russian).
8. Klassifikaciya i diagnostika pochv Rossii / Avtory i sostaviteli: L.L. Shishov, V.D. Tonkonogov, I.I. Lebedeva, M.I. Gerasimova. Smolensk: Ojkumena, 2004. 342 p. (in Russian).
9. Androxanov V.A., Kulyapina E.D., Kurachev V.M. Pochvy texnogennyh landshaftov: genezis i evolyuciya. Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, 2004. 205 p. (in Russian).
10. Sokolov D.A., Androxanov V.A. Evolyuciya predstavlenij o pochvax texnogennyh landshaftov v rabotah sotrudnikov laboratorii rekul'tivacii pochv IPA SO RAN // Pochvy i okruzhayushhaya sreda: Sbornik nauchnyh trudov Vserossijskoj nauchnoj konferencii s mezhdunarodnym uchastiem, posvyashhennoj 55-letiyu Instituta pochvovedeniya i agrohimii SO RAN (2–6 oktyabrya 2023 g., g. Novosibirsk). Novosibirsk: IPA SO RAN, 2023. pp. 18–26. (in Russian).
11. Goleusov P.V. Pervichnoe, recentnoe i vtorichnoe pochvoobrazovanie kak varianty samoorganizacii pochv v antropogenno narushennyh geosistemah // Pochvovedenie – prodovol'stvennoj i ekologicheskoy bezopasnosti strany: tezisy dokladov VII s'ezda Obshhestva pochvovedov im. V.V. Dokuchaeva i Vserossijskoj s mezhdunarodnym uchastiem nauchnoj konferencii (Belgorod, 15–22 avgusta 2016 g.). Chast I / Otv. red.: S.A. Shoba, I.Yu. Savin. Moskva-Belgorod: Izdatelskij dom «Belgorod», 2016. pp. 166–167. (in Russian).
12. Kudrik, I.D. Sovremennye problemy ohrany i ispol'zovaniya nedr v AR Krym / I.D. Kudrik, A.V. Oshkader, G.N. Pyczkij // Geologiya i poleznye iskopaemye Mirovogo okeana. 2010. no. 4. pp. 85–89. (in Russian).
13. Kovalevskaya Yu.O. Sovremennoe ekologicheskoe sostoyanie landshaftov Ordzhonikidzevskogo rajona g. Kerch // Uchenye zapiski Tavricheskogo nacionalnogo universiteta im. V.I. Vernadskogo. Seriya: Geografiya. Vol. 23 (62). 2010. no. 1. pp. 44–47. (in Russian).

*Поступила в редакцию 11.01.2024 г*