

ИЗУЧЕНИЕ ПОСЛЕДСТВИЙ ИЗМЕНЕНИЯ ПОЧВ И ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ПОД ВЛИЯНИЕМ АНТРОПОГЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ: ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

Н.Б. Хитров

ГНУ Почвенный институт им. В.В. Докучаева, г. Москва, Россия

Одним из центральных природных объектов, на изменение которого направлены многие мелиоративные воздействия, являются почвы и почвенный покров территории. Поэтому в своем сообщении остановлюсь на некоторых важных теоретических и методических аспектах изучения последствий изменения почв под влиянием антропогенных воздействий. К сожалению, в последнее время на них мало обращают внимания. В результате часто выводы оказываются либо недостаточно обоснованными, либо совсем некорректными.

Почва, как природное или природно-антропогенное образование – это биокосное динамическое тело, которое имеет свою жизнь и находится в постоянном изменении и развитии.

1. Естественные почвы по мере развития во времени в сравнительно постоянных внешних условиях достигают некоторой зрелости или квазистационарного состояния. За этот период времени физические, химические и биологические характеристики почвообразующей породы постепенно преобразуются процессами почвообразования. В результате в почве сохраняются некоторые унаследованные свойства исходной породы и накапливаются свойства, возникшие и поддерживаемые процессами почвообразования.

При изменении внешних условий как результат циклов с длительным периодом или в ходе саморазвития почв наступает другой этап эволюции почвы. В течение него происходит дальнейшее изменение сохранившихся унаследованных признаков породы, частичное стирание и преобразование свойств почв, возникших на предыдущих этапах эволюции, и накопление новых признаков почвообразования, соответствующих действующим процессам. В результате развивающаяся почва на новом этапе ее эволюции несет в себе три группы признаков:

- унаследованные от породы;
- реликтовые, сохранившиеся от предыдущих стадий эволюции почвы;
- современные признаки, возникшие в результате осуществления активных, актуальных процессов почвообразования.

В качестве примера может служить серая лесная почва со вторым гумусовым горизонтом Владимирского ополья. Унаследованными от породы признаками являются гранулометрический и минералогический состав. Реликтовый признак – второй гумусовый горизонт со специфическими физическими, химическими и биологическими свойствами. Современные признаки почвообразования – поверхностный гумусовый горизонт с

комковатой структурой.

Современные естественные почвы в силу многократных изменений биоклиматических и гидрологических условий в голоцене в большинстве своем являются полигенетическими, прошедшими несколько этапов эволюции образования со сложным сочетанием унаследованных, реликтовых и современных свойств. Такая теоретическая модель обоснована трудами советских и зарубежных почвоведов XX в.: А.А. Роде, G. Jenny, И.П. Герасимовым, И.А. Соколовым, В.О. Таргульяном, R.W. Arnold, Dan H. Yaalon и многих других.

В любом случае изменение почв в ходе их развития и эволюции происходит на фоне сочетания естественных факторов почвообразования:

Почва = f (п, к, о, р, пв, в),

где п – почвообразующая порода, к – климат, о – организмы, р – рельеф, пв – природные воды и гидрогеологические условия, в – время.

В генетических построениях эту модель дополняют предполагаемой связью следующего вида:

– фактор(ы) → свойства почв (до середины XX в.);

– фактор(ы) → процессы почвообразования → свойства почв (Герасимов, 1973);

– фактор(ы) → процессы функционирования → элементарные почвообразовательные процессы → свойства почв (Таргульян, 2005).

2. Появление на Земле человека ознаменовало новый этап эволюции биосферы и педосферы на Земле. До тех пор пока общая численность людей на планете не превышала нескольких сот тысяч и основными видами деятельности человека оставались собирательство и охота влияние человека на природные процессы сводилось к обычной роли консумента высшего порядка в экосистеме.

После появления земледелия, развития сельского хозяйства, промышленности и постепенного увеличения численности населения хозяйственная деятельность человека превратилась в особый антропогенный фактор, оказывающий влияние на все 5 основных компонентов геосистемы: воздух, водные тела, биоценоз, горные породы и почву. Сейчас даже выделяют новую эру – антропоцен (Zalasiewicz, Williams, Steffen, Crutzen, 2010). В результате на современном этапе развитие и эволюция многих почв происходит на фоне сочетания естественных и антропогенных факторов:

Почва = f (п, к, о, р, пв, в, хдч),

где п – почвообразующая порода, к – климат, о – организмы, р – рельеф, пв – природные воды и гидрогеологические условия, в – время, хдч – хозяйственная деятельность человека.

Применительно к поставленной задаче изучения последствий изменения почв под влиянием антропогенного фактора система становится более сложной. Развивающаяся почва, находящаяся под активным воздействием человека, несет в себе четыре группы признаков:

– унаследованные от породы;

- реликтовые, сохранившиеся от предыдущих более ранних стадий эволюции почвы;
- актуальные признаки почвообразования, сформированные в ходе последнего (до воздействия человека) этапа эволюции;
- новые признаки, возникшие в ходе почвообразования под антропогенным воздействием.

В примере с серой лесной почвой со вторым гумусовым горизонтом новыми антропогенными признаками становится пахотный горизонт с порошисто-глыбистой непрочной структурой, пониженным содержанием гумуса.

После прекращения антропогенных воздействий вновь меняется направление развития почв, особенно их поверхностных горизонтов. Подобные явления в 1990-х и 2000-х годах наблюдаются на нескольких десятках миллионов гектаров земель, выведенных из активного сельскохозяйственного использования. Возможны две принципиально различающиеся ситуации:

- возобновление естественных процессов, имевших место в этой почве до антропогенного вмешательства;
- новое направление развития в соответствии с сильно изменившимися условиями почвообразования.

Если в ходе антропогенного воздействия *сочетание основных факторов и условий естественного почвообразования сохранило свои главные черты*, лишь незначительно изменившись по некоторым параметрам, прекращение антропогенного воздействия, как правило, приводит к возобновлению прежних процессов почвообразования, восстанавливая (регенерируя) утраченные признаки. В первую очередь, в условиях без постоянного или периодического вмешательства человека активизируется биологическое воздействие. Оно приводит к возобновлению дернины за счет развития корневых систем многолетней травянистой растительности, разуплотнению и постепенному перемешиванию поверхностных горизонтов за счет роющей и преобразующей деятельности мезофауны (червей, насекомых и других групп животных), а также к постепенному восстановлению разнообразия микробоценоза, связанного с растениями и мезофауной. Поскольку биологическое воздействие имеет естественную природу, возникающие или, точнее, регенерируемые признаки почвообразования похожи на те, которые были сформированы в этой почве до антропогенного вмешательства. Отличие состоит в том, что степень развития этих регенерируемых признаков существенно меньше. Требуется обычно десятки, иногда – сотни лет для их развития до зрелого состояния. На этом фоне признаки, возникшие на этапе антропогенного развития, постепенно разрушаются или превращаются в реликтовые в зависимости от их устойчивости в новых для них условиях.

Примером могут служить черноземы, использовавшиеся в пашне десятки лет и в последние годы оставленные под залежь. По мере увеличения длительности постагрогенного развития постепенно увеличивается мощность дернины, в пределах которой угловатая структура пахотного горизонта

превращается в комковато-зернистую под действием расклинивающего действия мочковатых корней и деятельности червей.

Другой пример. Гидроморфные черноземные солонцы, использованные в пашне 12-13 лет, в последующий постагрогенный период в условиях сохранения физико-химических условий развития солонцового процесса восстанавливают верхнюю часть профиля, дифференцируя бывший пахотный горизонт на тонкий поверхностный надсолонцовый горизонт SEL в виде скелетаны и гор. ASNpa со столбчатой структурой и гумусово-глинистыми натечными кутанами.

Если в ходе антропогенного воздействия произошло *сильное изменение сочетания основных факторов и условий естественного почвообразования*, что часто происходит после мелиоративных воздействий, в постантропогенный период почва начинает развиваться в новом направлении, отличающемся от исходного. Например, мелиорированные автоморфные каштановые солонцы после механического разрушения солонцового горизонта постепенно рассоляются и в постагрогенный период не восстанавливаются (Любимова, 2003). В них активны процессы выщелачивания легкорастворимых солей, миграции карбонатов, слабо выражены процессы накопления гумуса. На данный момент пока затруднительно прогнозировать строения зрелого профиля. По-видимому, можно ожидать формирование профиля каштановой глубокосолончаковой почвы с реликтовыми признаками солонцовой стадии.

Другой пример. Полив южных черноземов или темно-каштановых почв минерализованными водами (ДДОС; инициативное орошение в Ростовской обл.; юг Украины и многие другие регионы).

На первом этапе в течение 3-7 лет за счет снятия орошением лимитирующего фактора (дефицита влаги) получали сравнительно высокий урожай и появлялось ложное чувство правильности действий, с одной стороны, а также происходило постепенное изменение состава обменных катионов в направлении вытеснения кальция и поглощения натрия и магния, с другой.

На втором этапе через 3-7 лет в течение 1-2 сезонов возникало резкое ухудшение свойств почв за счет вторичного осолонцевания и существенное снижение урожайности.

На третьем этапе участок забрасывали, списывали, чтобы он не значился орошаемым и не портил отчетную статистику, и старались о нем забыть вовсе, поскольку на его восстановление требуется гораздо больше средств, чем полученный в предыдущие годы доход, и процесс восстановления растягивается на десятки лет.

3. Усложнение геосистемы. При исследовании закономерностей изменения почв под влиянием антропогенных воздействий следует иметь в виду, что деятельность человека изменяет не только почву, но и геосистему в целом. Можно выделить несколько стадий усложнения строения и функционирования исследуемых объектов: естественная геосистема с отсутствием или несущественным влиянием человека (рис. 1) → слабо

преобразованная геосистема с новым компонентом в виде хозяйствующего субъекта (рис. 2) → средне преобразованная геосистема с инженерными сооружениями и сетями (рис. 3) → городская геосистема (рис. 4). Каждая стадия предполагает появление новых компонентов системы с новыми функциями и характером взаимодействия с остальными компонентами, а также частичное или полное изменение (преобразование или утрату) функций исходных компонентов системы. Такое представление позволяет учитывать и моделировать процессы в геосистеме, происходящие на внешних границах почвы, обеспечивая получение информации о динамике краевых условий в моделях, описывающих процессы, происходящие в почве.



Рисунок 1 - Схема естественной геосистемы, на которую влияние человека отсутствует или несущественно

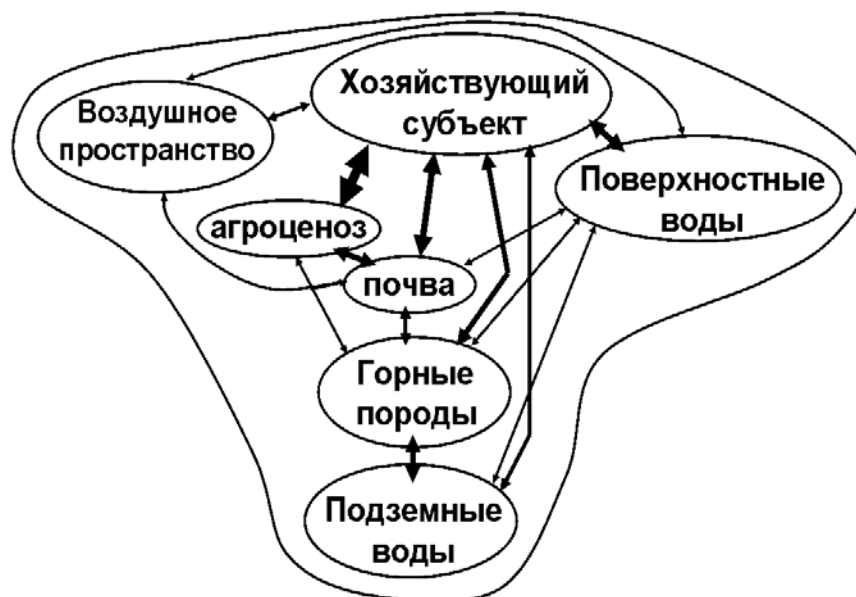


Рисунок 2 - Схема слабо преобразованной геосистемы с новым компонентом в виде хозяйствующего субъекта

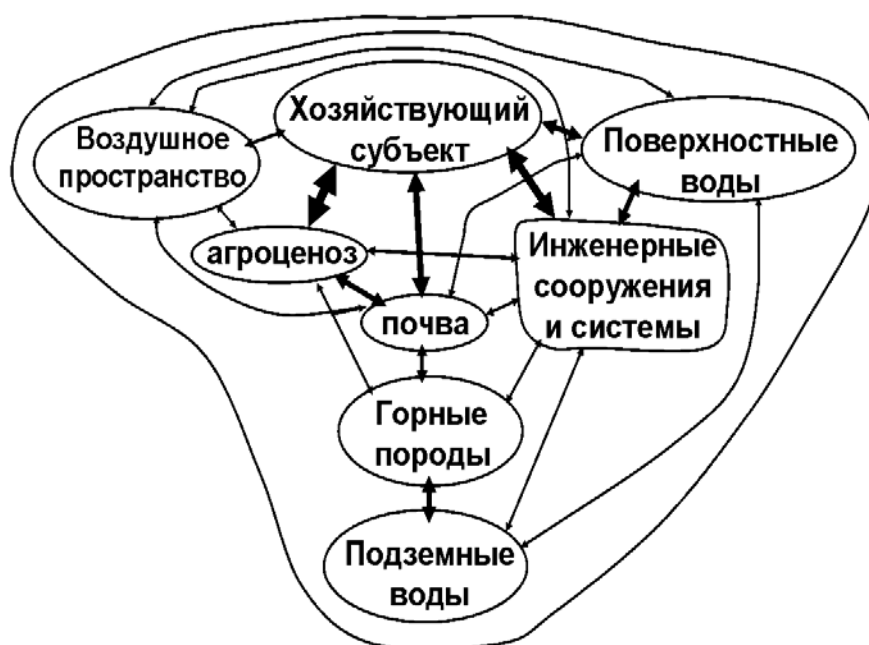


Рисунок 3 - Схема средне преобразованной геосистемы с новым компонентом в виде инженерных сооружений и систем

4. В настоящее время во всем мире отчетливо выражена тенденция создания моделей, позволяющих количественно оценивать динамику развития процессов и возникновение каких-либо вещественных результатов и последствий. Прежде всего, это касается моделирования энерго- и массопереноса в почвах, зоне аэрации и грунтовых водах, а также в ландшафте в целом. В этом направлении хорошо известны работы А.Н. Костякова, С.Ф. Аверьянова, А.И. Голованова, И.П. Айдарова и многих других мелиораторов.

Интересно отметить, что качественные, концептуальные схемы или модели чаще всего используют для просвещения населения, административных работников и политиков. А для обоснования конкретных решений применяют численные модели, позволяющие выполнять количественные расчеты с оценкой неопределенности или точности результатов.

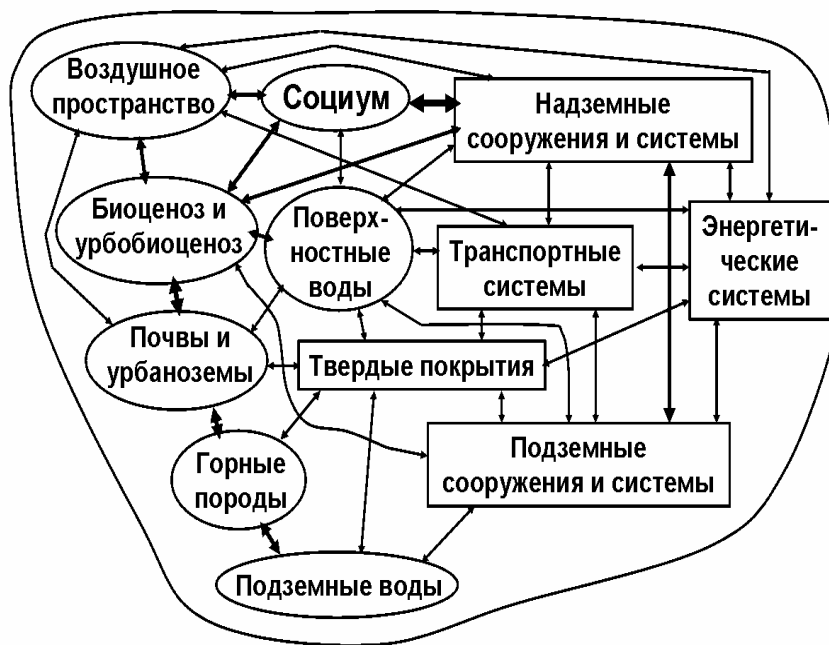


Рисунок 4 - Схема городской геосистемы

Модель факторы→элементарные почвообразовательные процессы→свойства, о которой упоминали выше, иногда может быть использована для установления закономерностей изменения почв под влиянием антропогенных воздействий. Но результат чаще всего не может быть выражен количественно, Обычно он качественный. Более предпочтительны модели, отражающие взаимодействие состава, свойств и режимов почвы с краевыми условиями потоков вещества и энергии на внешних ее границах.

В этом отношении полезно вспомнить представления о почвообразовательном процессе.

5. Согласно теоретическим разработкам А.А. Роде (1938, 1947, 1955) почвообразовательный процесс является той частью круговорота веществ и энергии между приземным слоем атмосферы, верхними слоями земной коры, поверхностными и подземными водами и живыми организмами, которая представляет собой совокупность совершающихся в верхних слоях коры выветривания явлений превращения и перемещения веществ и энергии. Почвообразовательный процесс идет непрерывно, но не является однонаправленным. «Он складывается из целого ряда явлений и элементарных процессов, многие из которых являются противоположными один другому» (Роде, 1938, с. 29). Например, синтез и распад веществ, аккумуляция и вымывание, поступление и расход вещества или энергии. А.А. Роде предполагал, что «взаимное чередование этих противоположно направленных элементарных

процессов подчиняется обычно общеприродному двойному (суточному и годовичному) энергетическому ритму. В результате этого в почве протекает ряд циклических, хотя и не вполне замкнутых и не вполне обратимых процессов. Неполная их замкнутость приводит к тому, что по окончании данного цикла в почве возникает некоторое остаточное изменение, представляющее собой как бы алгебраическую сумму всех тех изменений, которые имели место на протяжении данного цикла. Эти остаточные изменения, накапливаясь и суммируясь с течением времени, вызывают появление в почве уже таких признаков, которые мы воспринимаем как результат какого-то непрерывно идущего в одном направлении «необратимого» векового процесса, который как таковой в природе не существует» (Роде, 1938, с. 29). Такая трактовка вполне удовлетворительна для конкретной фиксированной точки в пространстве.

Однако если учесть, что почва – это высокодисперсное тело, состоящее из большого числа частиц разного размера и химического состава, жидкой, газовой фазы и населяющих ее живых организмов, то подобного взгляда, с нашей точки зрения, недостаточно. Неоднородность и гетерогенность строения почвы, на наш взгляд, предполагает, что в пределах почвенного тела имеется много разных позиций (элементарных участков поверхности раздела фаз или элементарных объемов какой-либо фазы), в каждой из которых возможна последовательная циклическая смена противоположных процессов. Вместе с тем, эти элементарные участки или объемы расположены в разных частях пространства тела почвы. В результате возможно одновременное осуществление одного и того элементарного процесса с разной интенсивностью, а также одновременное осуществление противоположно направленных процессов на разных элементарных участках раздела фаз или в разных элементарных объемах какой-либо фазы в пределах мезо- или макроскопически выделяемого объема в теле почвы.

Например, такие процессы как поступление органических остатков (опад на поверхность и корневой отпад), с одной стороны, и разложение, минерализация и гумификация органических соединений, с другой, обычно происходят в одно и то же время в разных частях одной и той же почвы, одного и того же горизонта и даже в пределах одного агрегата. В зависимости от анализируемого объема почвы мы получаем осредненную картину, которую воспринимаем как одну или другую группу процессов. При этом в разные фазы годовичного цикла одна группа процессов может преобладать над другой (осенью – поступление, весной и летом – разложение и минерализация органических остатков). По-видимому, нужны модели макросостояния почвы и макропроцессов в почве, основанные на статистических представлениях о разнонаправленных процессах, происходящих на микроуровне одновременно.

6. Антропогенные воздействия сводятся к прямому физическому, химическому или биологическому вмешательству в тело почвы и косвенному количественному и качественному изменению потоков вещества и энергии на границах почвы. При этом антропогенные воздействия часто имеют особую периодичность или цикличность в зависимости от их цели. В частности, весь комплекс агрономических мероприятий привязан к биологическому циклу развития выращиваемой культуры и годовичному циклу функционирования

геосистемы. В результате периодичность антропогенных воздействий накладывается на природные циклы, вызывая стимуляцию или ослабление происходящих в почве процессов или провоцируя и активизируя новые, нужные человеку процессы.

Изменений почв под влиянием антропогенных воздействий достаточно много. Их можно разделить на несколько групп:

- изменения, обусловленные деградационными процессами (эрозия, дефляция, вторичное засоление, вторичное осолонцевание, переувлажнение, переуплотнение, дегумификация, дезагрегация и глыбообразование, истощение, загрязнение, захламливание и др.);

- изменения, связанные с целевым формированием новых свойств и горизонтов;

- изменения почвенных режимов функционирования (водного, воздушного, теплового, пищевого, солевого и др.);

- изменения, связанные с ослаблением, торможением или прекращением действия некоторых естественных процессов специальными мелиоративными воздействиями (промывка солей и создание условий, препятствующих их дальнейшему поступлению в почву, и др.);

- изменение функций почв в геосистеме (утрата функции источника питания при сильном загрязнении или др.).

7. Рассмотрим особенности характера изменений почв при антропогенных воздействиях на разных иерархических уровнях строения почвенных тел (почвенный покров, почвенный индивидуум, почвенный горизонт, почвенный агрегат, индивидуальная твердая частица).

На иерархическом уровне *почвенного покрова* выделяются две тенденции: гомогенизация и гетерогенизация.

Гомогенизацию почвенного покрова и выравнивание рельефа обычно производят целенаправленно для упрощения выполнения однотипных мероприятий на всей площади. В результате исходная почвенная комбинация по некоторым параметрам, важным для выращивания требуемых культур, становится менее контрастной и более однородной. Примером может служить мелиорация солонцовых комплексов с применением плантажных или трехъярусных обработок, химических мелиорантов и специальных культур-освоителей. Однако однородность поля необходимо периодически поддерживать. В противном случае, за счет разной интенсивности или направленности ответной реакции исходно отличающихся почв на одинаковое воздействие гомогенизированная почвенная комбинация со временем подвергается повторной дифференциации с частичным восстановлением исходной контрастности, либо с развитием разных новых процессов в исходно различавшихся компонентах.

Гетерогенизация почвенной комбинации обычно происходит за счет неодинакового развития процессов (часто, деградационных) в разных частях пространства в связи с локальными их особенностями (рельефа, литологического строения и т.д.). В этом случае эволюционная траектория

развития почвенной комбинации приобретает другую направленность. Сначала относительно простая почвенная комбинация (пятнистость, ташет или др.) под продолжающимся антропогенным воздействием становится более сложной и контрастной за счет появления новых ареалов изменяющихся почв. Например, пятнистость агрочерноземов миграционно-мицелярных (черноземов типичных) и агрочерноземов зоотурбированных (черноземов, сильно перемешанных роющими животными) (АЧммц·АЧзтр) на склоне в результате эрозии превращается в сочетание - пятнистость этих почв с их смытыми вариантами (АЧммц·АЧзтр)+(АЧммц,см·АЧзтр,см) или, при более сильно выраженной эрозии к ним добавляются агроабраземы (очень сильно смытые почвы) (АЧммц·АЧзтр)+(АЧммц,см·АЧзтр,см)+ААБ. В дальнейшем при крайней степени развития какого-либо процесса (в примере – водной эрозии) возможно упрощение почвенной комбинации за счет полного доминирования в почвенном покрове новой почвы. В частности, при очень сильной эрозии возможен полный смыв почвенного профиля до гор. ВС, что равносильно формированию агроабразема (ААБ) или просто абразема (АБ) без пахотного слоя.

Другой пример основан на работах Б.Ф. Апарина и Е.Ю. Сухачевой (2009) из Центрального музея почвоведения им. В.В. Докучаева по изучению эволюционных изменений структуры почвенного покрова и свойств почв мелиорированных земель Ленинградской области. Ими показано, что каждая разновидность почвы в ходе строительства, эксплуатации, реконструкции и продолжения эксплуатации осушительной системы имеет несколько разных траекторий своего развития, что приводит к увеличению разнообразия почв в антропогенно преобразованном виде. В этом случае эволюция структуры почвенного покрова агромелиоративного комплекса зависит от (1) характера нарушения почвенного покрова при строительстве и реконструкции осушительной сети, (2) эффективности дренажа и (3) интенсивности использования территории в сельском хозяйстве. Вследствие многокомпонентного состава исходного (естественного) почвенного покрова мелиорированных массивов и разнообразной его структуры наблюдаются разнообразные комбинации эволюционных рядов почв. В результате, система управления воспроизводством плодородия почв агромелиоративного комплекса по необходимости должна периодически модифицироваться

При этом следует всегда помнить, что сохраняющиеся природные процессы стремятся ликвидировать воздействия человека на ландшафт. Поэтому для длительного функционирования агроландшафта в желательном для человека режиме необходимо постоянно или периодически поддерживать его целенаправленными действиями.

На иерархическом уровне *почвенного индивидуума* можно выделить следующий ряд изменений:

- частичное преобразование свойств (как правило, в одном горизонте);
- возникновение нового горизонта (например, пахотного);

– сильное преобразование почвенного профиля с утратой одного или нескольких исходных генетических горизонтов (например, полное вовлечение подзолистого горизонта в пахотный, или плантаж надсолонцового, солонцового и подсолонцового горизонтов);

– создание искусственного профиля почвоподобного образования (например, при рекультивации отвалов карьеров).

Классификация почв России (2004, 2008), разработанная в Почвенном институте им. В.В. Докучаева, позволяет учесть подобные преобразования почв. Кроме того, в связи с преобразованием почвенного профиля или в связи с антропогенным влиянием на потоки вещества и энергии на границах почвы часто происходит изменение почвенных режимов функционирования, а также изменение функций конкретной почвы в геосистеме.

На иерархическом уровне *почвенного горизонта* происходят взаимосвязанные изменения состава, свойств и режимов почвы. Наиболее сильные преобразования обычно претерпевают поверхностные горизонты в связи с более легко реализуемым непосредственным антропогенным воздействием. Срединные и нижние горизонты подвергаются изменению, как правило, в результате сильного изменения режимов функционирования почвы в целом (при подтоплении, или осушении, и др.).

На иерархическом уровне *почвенного агрегата* изменяются, прежде всего, состав, физические, химические и биологические свойства в соответствии с общей тенденцией преобразования состава, свойств и режимов почвенного горизонта.

На иерархическом уровне *индивидуальных твердых почвенных частиц* отмечают изменение минералогического, химического, гранулометрического состава и поверхностных свойств частиц.

8. *Большинство процессов изменения почв под влиянием антропогенного воздействия являются быстрыми.* В течение короткого промежутка времени реализация всех деградационных процессов приводит к появлению отчетливо регистрируемых признаков. Длительность такого периода может составлять от первых часов до нескольких лет. Например. Проход очень тяжелой техники по влажной почве сразу вызывает сильное уплотнение. Один ливень может привести к сильному размыву с образованием оврага. Одного или двух лет часто достаточно для развития засоления почвы. Вторичное осолонцевание возникает через 3-15 лет. При этом большую часть времени занимает скрытая стадия постепенного формирования физико-химических условий развития солонцового процесса. После их возникновения достаточно одного сезона для проявления морфологических признаков. Ярким историческим примером является Дунай-Днестровская оросительная система, на которой в течение нескольких недель после снеготаяния под действием вторичного осолонцевания зернистые агрегаты поверхностного слоя чернозема подверглись сильному разрушению путем их разделения на белесую пылеватую корочку, оставшуюся на выпуклых позициях микро- и нано- рельефа, и черную гумусово-глинистую плазму, которая концентрировалась в вогнутых позициях. Столь быстрое осуществление процесса стало возможно благодаря сочетанию условий. Во-первых, в предшествующие годы произошло предварительное изменение состава

обменных катионов чернозема в сторону накопления обменного натрия до 3-5% за счет орошения водами, которые имели повышенную долю натрия в составе катионов и общую минерализацию от 1 до 2 г/л. Во-вторых, на этом фоне инфильтрация ультрапресных талых вод, имеющих чрезвычайно низкую концентрацию кальция интенсивного опреснения почвенного раствора поверхностного слоя черноземов при.

Следует обратить внимание, что реальное проявление вещественных признаков изменения почвы зависит не только от длительности, но и интенсивности процесса в конкретных условиях его реализации. Например, если почву орошают водой, имеющей $SAR=7$, то солонец не возникнет, сколь долго бы это воздействие не совершали. Но осолонцевание произойдет очень быстро, что выразится в снижении водопроницаемости, появлении белесой корочки на поверхности и глыбистой структуры. Если же для полива будут использовать воду содового состава с $SAR>40$ и низкой минерализацией, в течение короткого периода появится текстурная дифференциация почвенного профиля и солонцовый горизонт.

9. Для почвенных тел, состоящих из большого числа разнообразных по химическому и минералогическому составам и разных по размерам частиц, характерна пространственная неоднородность и гетерогенность строения, проявляющиеся на каждом иерархическом уровне от индивидуальной твердой частицы до почвенного покрова. В методическом отношении их следует учитывать при постановке полевых опытов и лабораторных экспериментов. Для этого существует два подхода. Первый – выявление неоднородности и гетерогенности с последующим учетом полученной информации при проведении опыта и обработке результатов. Второй – полная рандомизация вариантов с повторностью, учитывающей статистические оценки неоднородности или варьирования. По сути оба подхода используют вместе, но их конкретная реализация зависит от иерархического уровня объекта, с которым производят эксперимент. Первый подход применяют для выбора сопоставимых объектов, учитывая их разнотипность в пределах более высоких иерархических уровней. Второй подход применяют к параметрам объекта, характеризующим более низкие иерархические уровни.

Например, для исследования изменения свойств пахотного горизонта под влиянием каких-либо приемов механической обработки необходимо, во-первых, иметь детальную почвенную карту участка с выделением ареалов всех почвенных разновидностей, во-вторых, получить параметры статистических распределений исследуемых свойств для каждой ареала. Такая информация позволяет правильно спланировать эксперимент и выполнить последующую обработку данных.

Для полноты картины, указанные два подхода целесообразно дополнить третьим, представляющим собой учет метрологических характеристик используемых методов. Этот третий подход предполагает помимо повторности вариантов опыта, дополнительно аналитическую повторность измерений в каждой повторности варианта опыта. В обоих подходах (втором и третьем) число повторностей определяют на основе требуемой точности опыта и имеющихся параметров статистических распределений изучаемых свойств почв

в пространстве и метрологических характеристик используемых методов.

В заключение отметим, что в современных условиях увеличения численности населения Земли и мощности производительных сил человечества резко возрастает локальное и общее глобальное воздействие деятельности человека на все компоненты природы, включая почву. Это воздействие разнообразно по характеру, силе, интенсивности и длительности. По этой причине необходимо тщательное изучение закономерностей изменения почв и других компонентов геосистемы под влиянием антропогенных воздействий и создание отражающих их адекватных моделей.

В истории осуществления мелиоративных воздействий накопился разнообразный опыт и положительных, и отрицательных последствий. Поэтому при проектировании мелиоративных систем следует прогнозировать вероятность возникновения каждого известного деградационного процесса и наиболее вероятную его локализацию в мелиорируемом ландшафте, для того чтобы выработать вариант рационального использования территории, исключающий негативные последствия.

Литература

1. Апарин Б.Ф., Сухачева Е.Ю. Эволюция почв и почвенного покрова мелиорированных земель. СПб.: Изд-во С.-Петербург. ун-та. 2009. 266 с.
2. Герасимов И.П. Элементарные почвенные процессы как основа генетической диагностики почв // Почвоведение. 1973. № 5. С. 27-38.
3. Любимова И.Н. Агрогеннопреобразованные почвы солонцовых комплексов сухостепной и полупустынной зон // Афтореф. дисс. ... докт. с.-х. наук. М. 2003. 48 с.
4. Роде А.А. О некоторых очередных задачах почвоведения и необходимости организации комплексных биологических станций // Природа. 1938. № 9. С. 27-32. Цит. по Роде А.А. Избранные труды. Т. 1. Теоретические проблемы почвоведения и вопросы генезиса почв. М. Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева Россельхозакадемии, 2008. С. 27-38.
5. Роде А.А. Почвоведение. М.-Л.: Гослесбумиздат, 1955. 524 с.
6. Роде А.А. Почвообразовательный процесс и эволюция почв. М.: ОГИЗ, 1947. 92 с.
7. Таргульян В.О. Концепция памяти почв: развитие фундаментальной базы генетического почвоведения // Многоликая география. Развитие идей Иннокентия Петровича Герасимова (к 100-летию со дня рождения) / Под ред. Н.Ф. Глазовского. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2005. С. 114-131.
8. Zalasiewicz J, Williams M., Steffen W., Crutzen P. [The New World of the Anthropocene](#) // Environmental Science & Technology. 2010. V. 44 (7). p. 2228–2231.