

УДК 631.4

## КОНЦЕПЦИЯ ЭВОЛЮЦИИ ЧЕРНОЗЕМОВ В УСЛОВИЯХ АГРОЭКОСИСТЕМ

© 2013 г. И. И. Лебедева, И. Е. Королёва, А. М. Гребенников

*Почвенный институт им. В.В. Докучаева Россельхозакадемии,  
119017, Москва, Пыжевский пер., 7*

Показано, что изменение растительного компонента естественной экосистемы при сельскохозяйственном освоении в совокупности с регулярными механическими нарушениями поверхностного горизонта закономерно приводит к существенной перестройке режимов, процессов и некоторых свойств черноземов. Подход к пахотным черноземам как к компонентам новых природных экосистем (агроэкосистем) диктует принципы, на которые необходимо опираться при разработке агротехнических приемов и систем земледелия.

*Ключевые слова:* агроэволюция, черноземы, агрочерноземы, гумусовое состояние, почвенная биота.

Существует мнение, что черноземы при включении их в сельскохозяйственное производство не существенно меняют свои свойства, поскольку не происходит заметного нарушения их профиля и сохраняется травянистый тип растительности. Однако при этом многолетняя многокомпонентная растительность естественных ценозов с многоярусной корневой системой, адаптированная к местным почвенно-климатическим условиям и функционирующая практически весь теплый период, заменяется растительностью однолетней, монокомпонентной, с одноярусной корневой системой и коротким (3–4 месяца) периодом вегетации. Такая замена в совокупности с регулярными механическими нарушениями поверхностного горизонта даже при минимальных агрогенных нагрузках приводит к созданию новых агроэкосистем, отличных от естественных и характеризующихся другими внутренними взаимосвязями. Изменение растительного компонента естественной экосистемы закономерно приводит к существенной пере-

стройке режимов, процессов, а, следовательно, некоторых свойств черноземов.

Прежде всего, культурная растительность резко меняет количество органических остатков, ежегодно поступающих в почву, и их распределение по профилю. Общий объем биомассы снижается в 2–3 раза, причем 60% этого количества отчуждается с полей. Если в естественных ценозах ежегодный опад, преимущественно корневой, составляет 100–150 ц/га, то культурная растительность возвращает в почву не более 40–50 ц/га, из которых корневой опад составляет не более 20–30% и на 60–80% сосредоточен в агрогоризонтах. Резко меняется вещественный состав растительных остатков, и только половина количества биофильных элементов возвращается в почву, причем одновременно, тогда как в естественных ценозах эти элементы в течение вегетационного периода неоднократно мигрируют в системе почва–растение (Голубев, 1965).

Прямым следствием смены растительности является изменение почвенного климата, наиболее контрастно проявляющееся в агрогоризонте. Температурный режим почв становится более континентальным: увеличиваются амплитуды суточных и годовых температур. Исчезновение степного войлока, выполняющего роль термоизолятора, разреженный по сравнению со степными ценозами растительный покров, открытая поверхность почв после уборки урожая во второй половине лета – все это создает возможность для сильного прогревания поверхностных слоев пашни до 40–60°C. Перегрев агрогоризонта летом приводит к потерям влаги на физическое испарение, особенно в ранневесеннее время, а также активизирует минерализацию органических остатков, способствуя дегумификации агрочерноземов. Прогревание почв распространяется на всю глубину профиля. Теплая волна в лесостепных агрочерноземах уже в начале лета «перехватывает» восходящие токи влаги и снижает водоснабжение почв, «сдвигая» их по характеру водно-теплового режима в сторону почв южной степи. Для холодного периода характерно более длительное (на 2–3 недели) и глубокое (в 2–3 раза) промерзание агрочерноземов, определяющее значительные потери осадков холодного периода за счет сброса талых вод по мерзлой поверхности.

Формирование водного режима агрочерноземов, по заключению Большакова (1961), определяется, прежде всего, изменением характера потребления влаги: иной фенологический ритм функционирования растительности и разное по глубине и объему строение корневых систем обуславливают сокращение расхода влаги из нижних слоев почвенного профиля. Водный баланс всех без исключений агрочерноземов объективно формируется на более низком по сравнению с целинными черноземами уровне. В этом проявляется «аридизация» агрочерноземов – меньшее, чем это возможно в данных климатических условиях, обеспечение влагой. Одновременно, культурная растительность при менее мощной и глубокой корневой системе и более коротком периоде вегетации потребляет меньше влаги, чем целинная. Таким образом, в агрочерноземах водный режим формируется в двух противоположных направлениях: сокращается общий объем влаги и одновременно влага нижних горизонтов расходуется не полностью, накапливаясь в многолетнем цикле. Изменения гидрологических профилей агрочерноземов увеличиваются от почв лесостепи к почвам южной степи. Это проявляется в степени неустойчивости их гидрологических профилей относительно погодных условий: в целинных почвах послонные запасы влаги для сухих и влажных лет отклоняются от нормы на 3–4%, в агрочерноземах лесостепи – на 10%, а в почвах южной степи отклонения увеличиваются до 25% в сухие годы и 45–70% – во влажные.

В лесостепи черноземы и агрочерноземы различаются характером расхода влаги в течение вегетационного периода. В целинных почвах происходит постепенный и последовательный расход влаги от весны к осени при продвижении фронта иссушения вглубь профиля. В гидрологическом профиле агрочерноземов различаются 3 зоны с разнонаправленной относительно естественных почв динамикой влажности. Верхний полуметр характеризуется неустойчивым переменным водным режимом, средняя часть профиля, соответствующая аккумулятивно-карбонатному горизонту, во все сезоны сухе, а нижняя часть профиля – всегда, даже в сухие годы, влажнее, чем в целинных почвах. Таким образом, гидрологический профиль агрочерноземов лесостепи как комбинация горизонтов вполне оригинален и не находит полных аналогов сре-

ди естественных почв. Сопоставлениям подлежат лишь отдельные элементы профиля (Лебедева, 2002).

В южных агрочерноземах нижняя часть двухметрового профиля при максимальном сезонном пересыхании содержит на 60–80 мм остаточной влаги больше, чем в целинных, в результате чего весенняя влагозарядка агрочерноземов смыкается с влагой нижних горизонтов, образуя ровную гидрологическую кривую (Лебедева, 2004). На фоне столь значительного увлажнения выделяется верхний полуметр, практически не отличающийся по степени и характеру пересыхания от гумусового горизонта целинных почв. Аккумулятивно-карбонатный горизонт южных агрочерноземов, напротив, сопоставим по влажности с горизонтом целинных лесостепных черноземов, и отличается длительным присутствием восходящих токов влаги, «перехватываемых» у нижней границы гумусового горизонта. Категории влаги в гидрологическом профиле южных агрочерноземов показывают, что средняя его часть относительно долгое время содержит влагу, способную передвигаться к фронту пересыхания, а в нижней части профиля отчетливо преобладает свободная влага, которая не исчезает в течение 3.5–4 месяцев. Насколько существенны изменения водного режима черноземов при освоении показывает сопоставление послонных запасов влаги в агрочерноземах лесостепи и южной степи: первые по запасам влаги весной и осенью сходны с целинными черноземами южной степи, а вторые, напротив, с целинными лесостепными (Лебедева, 2004).

Следующим звеном в цепи агрогенных трансформаций черноземов, обусловленных изменением структуры растительных сообществ и показателей почвенного климата, является изменение всей почвенной биоты – ее группового и видового состава, численности и массы, длительности периода жизнедеятельности и сферы ее обитания. В агрогоризонте по сравнению с аналогичным слоем целинных черноземов возрастает численность и масса микроорганизмов, тогда как количество видов, численность и масса педомезофауны значительно сокращаются. Основная масса представителей мезофауны уходит из пахотного слоя в подпахотный (Гиляров, 1974). Как следствие, в черноземах под пашней активизируются микробиологические процессы трансформации расти-

тельных остатков, и энергия минерализации увеличивается примерно в 2 раза. Меняется природное равновесие процессов минерализации и гумификации растительных остатков, свойственное целинным экосистемам (Коковина, Лебедева, 1988).

Фактические свидетельства глубоких изменений в накоплении и преобразовании гумусовых веществ в черноземах под пашней приводят Быстрицкая и Герасимова (1988). На основании исследований сезонной динамики гумусового состояния целинных и пахотных черноземов Приазовья авторы на микропроцессном уровне выявили механизм воспроизводства гумусовых веществ в естественных почвах и его изменение под пашней. В целинных черноземах в течение года присутствуют 2 периода гумусообразования: 1) накопительный (с конца августа по апрель), в течение которого происходит постепенная смена этапов накопления в почве растительных остатков, их трансформации, поступления растворимых продуктов в почвенный раствор и собственно гумусообразования; 2) период расхода новообразованного гумуса, совпадающий со временем прироста фитомассы (май, июнь). В почвах под пашней в целом сохраняется та же схема, но резко (в 10 раз и более) уменьшается запас «предгумусовой» фракции и сглаживается амплитуда его сезонных колебаний. Кроме того, не обнаружено поступления в почвенный раствор новообразованных гумусовых веществ.

Таким образом, изменение биологического фактора, происходящее при распашке черноземов, приводит к существенному изменению всех важных для реализации черноземообразования характеристик, в том числе биохимических особенностей и всего комплекса почвенно-биологических процессов, определяющих особенности биологического круговорота и функционирования почв в целом.

Результатом сказанного является снижение содержания гумуса в поверхностном слое, особенно быстрое в первые 5–10 лет после распашки целины, в период перестройки экосистемы. Потери гумуса в этот период составляют 25–35% от исходного количества. Постепенно устанавливается относительное гумусовое равновесие на более низком количественном уровне, свойственное агроэкосистеме. Уровень гумусированности, характерный для це-

лильных черноземов, восстанавливается чрезвычайно медленно: в Тамбовской области под 32-летней залежью количество гумуса достоверно возросло на 1% только в верхних 10 см.

Стабилизация содержания гумуса в агрогоризонте черноземов достаточно устойчива: этот показатель слабо реагирует на разные дозы удобрений и структуры севооборотов. Наблюдения на полях опытных хозяйств Орловской, Тамбовской и Липецкой областей обнаружили слабые положительные сдвиги в количестве гумуса лишь при регулярном внесении оптимальных и двойных доз минеральных удобрений.

Таким образом, снижение содержания гумуса в агрогоризонте черноземов является естественным, генетически обусловленным следствием самого факта распашки. После стабилизации содержания гумуса в условиях агроэкосистемы дальнейшая дегумификация черноземов при отсутствии вмешательства внешних факторов, в частности, эрозийных процессов, не представляет собой угрожающего явления.

Новое гумусовое состояние черноземов в агроэкосистеме сопровождается изменением его качественного состава. Отмеченные выше существенные сдвиги на всех этапах гумусообразования затрудняют воспроизводство сложных гумусовых веществ, характерных для черноземов. Помимо уменьшения количества исходного «сырья», меняется весь комплекс абиотических и биохимических факторов, происходит смещение во времени последовательных фаз гумусообразования и соответственно нарушение оптимальных условий для их реализации. В литературе много данных по сравнению состава гумуса черноземов различного сельскохозяйственного использования, которые не могут выявить специфику гумусообразования применительно к новым агроэкосистемам. По-видимому, наиболее характерным является воспроизводство лабильных гумусовых веществ, не закрепленных кальцием. Исследованиями Б.М. Когута показано, что содержание этих веществ отзывчиво на внесение удобрений: в агрочерноземах Тамбовской области их количество возрастает на 50–70%. Особенно резко увеличивается содержание лабильных гуминовых кислот – в 2–2.5 раза, приводя к значительному расширению соотношения С<sub>гк</sub> : С<sub>фк</sub>. При этом элементный состав лабильных соединений

по сравнению с гуминовыми кислотами черноземов обеднен С и Н за счет значительно большего содержания N, что соответствует природе этих молодых новообразованных веществ.

Переход черноземов из целинного состояния в пашню обязательно сопровождается переорганизацией минеральной массы почвы, дезинтеграцией естественной структуры в агрогоризонте, которые, как и дегумификация, природно обусловлены и связаны, в конечном счете, с теми же причинами. Ухудшение структурного состояния черноземов под пашней отмечалось еще в конце прошлого века (Измаильский, 1893), когда агрогенные нагрузки на пашню были весьма щадящими.

В этой связи важно подчеркнуть факт ежегодной деформации «черноземной» структуры к концу холодного периода (Быстрицкая, Герасимова, 1988). Структура черноземов нуждается в ежегодном возобновлении, за которое ответственны коагуляционный, копрогенный и корневой механизмы, наиболее действенные в первую половину лета. Понятно, что «работа» этих механизмов в целинных и пахотных почвах не адекватна. Биологические и биохимические особенности культурной растительности, фенофазы развития, прижизненные, особенно корневые выделения, структура биологического круговорота, количество и характер новообразованных гумусовых веществ – все эти и другие факторы отличны от тех, которые складываются в естественных биоценозах. Соответственно, нарушается и воспроизводство характерной зернистой структуры.

Зернистая структура – один из главных качественных признаков гумусового горизонта черноземов – определяет его высокую (50–60%) общую порозность и порозность аэрации, оптимальное соотношение объемов внутриагрегатных и межагрегатных пор, а также пор, занятых воздухом, и пор обводнения. В результате обеспечивается высокая влагоемкость и хорошая водопроницаемость (70–90 мм/ч) горизонта. Зернистая структура, обуславливая практически полное поглощение почвой атмосферных осадков и удерживая влагу во внутриагрегатных порах, служит своеобразной защитой растений от длительных атмосферных засух и способствует устойчивому функционированию природных экосистем.

Естественный процесс дезинтеграции почвенной структуры, многократно усиленный различными нарушениями агротехники, в результате приводит к тому, что агрогоризонты черноземов сохраняют агрегированность только на микроуровне. По нашим данным, в агрочерноземах и лесостепи, и южной степи более половины всей массы водопрочных агрегатов имеет размеры менее 0.25 мм и лишь 3–7% относятся к агрономически ценной группе. Под целинной растительностью содержание этих агрегатов более 40%. Восстановление агрегатного состояния черноземов происходит чрезвычайно медленно. За 32 года залежи относительная реабилитация агрегатного состояния произошла только в слое 0–10 см, хотя и здесь оно не достигло уровня, свойственного целинным черноземам.

Естественным следствием низкой водопрочности макроагрегатов является консолидация, переуплотнение почвенной массы в агрогоризонтах при высыхании с образованием крупных (40–50 см в диаметре) полигональных блоков, разделенных трещинами. Сложение почвенной массы внутри блоков очень плотное – равновесная упаковка механических элементов в черноземах под пашней достигает 1.35–1.40 г/см<sup>3</sup>, особенно на уровне «плужной подошвы», становясь практически равной плотности почвообразующей породы.

Дезинтеграция структурных агрегатов и консолидация почвенной массы приводят к переорганизации порового пространства. При этом по существу исчезает межагрегатная порозность, объем которой занимают трещины между полигональными блоками. Эти трещины, а также «сплошность» капилляров в самих монолитных блоках определяют подтягивание влаги к поверхностям испарения, способствуя непродуктивному ее расходу на физическое испарение.

Негативное изменение водно-физических свойств закономерно приводит к уменьшению приходной статьи водного баланса агрочерноземов и валагообеспечивающей способности агрогоризонта, в котором сосредоточена основная масса корней культурной растительности. Недобору атмосферных осадков способствует низкая водопроницаемость агрогоризонтов, которая близка к критической (около 50 мм/ч) и недостаточно обеспечивает впитыва-

ние талых вод и интенсивных ливней. Кроме того, значительная часть влаги летних осадков, особенно ливневых, «проваливается» через межблоковые трещины в нижележащие горизонты. Об этом свидетельствуют дифференцированные определения водопроницаемости почв, позволяющие обнаружить резкую разницу в скорости поглощения влаги почвой блоков (20–30 мм/ч) и растрескавшихся участков (более 100–150 мм/ч). Эта особенность хотя и не влияет на балансовые показатели общих запасов влаги, снижает возможность использования культурной растительностью влаги летних осадков. Важная особенность влагообеспечения агрогоризонтов в период вегетации, связанная с изменением водно-физических свойств, проявляется в резко переменном характере увлажнения агрогоризонта: относительно кратковременные периоды переувлажнения, когда в агрогоризонте по существу отсутствуют поры, занятые воздухом, многократно чередуются с периодами полного иссушения.

Все сказанное позволяет говорить о неустойчивости агроэкосистемы в отношении меняющихся погодных условий, что выражается в широком ежегодном варьировании величин биопродукции. Таким образом, изменение биоты, вполне естественное при распашке черноземов, является как бы пусковым механизмом, первым звеном длинной цепи взаимосвязанных изменений гумусного состояния, водно-физических свойств, современных режимов – теплового и водного.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Резюмируя сказанное, необходимо еще раз подчеркнуть, что агрочерноземы представляют собой новое генетическое образование, обусловленное коренными изменениями в современных режимах и процессах. Вся физиология этих почв, практически все без исключения процессы в агрочерноземах иные по сравнению с целинными черноземами. Вместе с тем, морфогенетический профиль остается прежним, сохраняя большинство статических свойств, характерных для целинных вариантов. Агропрофиль как бы унаследован от «доагрогенной» стадии почвообразования. Образуется своеобразная «вилка» между статическими и динамическими характеристиками агрочерноземов, между их морфологией

и физиологией, что со временем неизбежно приведет к существенной перестройке всего морфогенетического профиля. Агрочерноземы в настоящее время функционируют в условиях режимов, качественно отличных от тех, которые формировали эти почвы как почвенный тип.

В настоящее время лишь агрогоризонт по своим характеристикам и, прежде всего, по водно-физическим свойствам, относительно «уравновесился» с современными почвообразующими процессами. Особенности агрогоризонта природно обусловлены, и дефекты сельскохозяйственных технологий лишь усугубляют их проявление. Агрогоризонт черноземов фактически трансформируется в новый самостоятельный горизонт, не имеющий по своим процессам и свойствам аналогов в естественных почвах. По сравнению с аккумулятивно-гумусовым горизонтом черноземов, типовые признаки которого общеизвестны, агрогоризонт характеризуется специфическими формами гумусовых веществ, нарушением установившихся органо-минеральных связей, а также иной организацией почвенной массы, при которой агрегированность сохраняется лишь на микроуровне. При этом важно подчеркнуть, что агрогоризонт, не соответствуя атрибутике гумусовых горизонтов черноземов, соответствует агрогенной стадии почвообразования. Заметим, что Герасимов (1983), подходя к анализу почв с позиций «неодокучаевской триады» (факторы–процессы–почвы), сделал вывод о невозможности воспроизводства черноземов как типа в условиях сельскохозяйственного использования.

Подход к пахотным черноземам как к компонентам новых природных экосистем (агроэкосистем) диктует принципы, на которые необходимо опираться при разработке систем земледелия и агротехнических приемов ведения сельского хозяйства. Стремление получить максимальную прибавку биопродукции, воздействуя на 1–2 звена агроэкосистемы, приводит к еще большему ее разбалансированию, нарушению внутренних связей между компонентами на процессном уровне и, как следствие, негативным сдвигам в свойствах почв. Примером такого воздействия является орошение, негативные последствия которого известны и практически однозначны в разных регионах черноземной зоны. Изменения, которые наблюдаются в орошаемых агрочерноземах, практически те же, что и в почвах богарного использования, но выражены значи-

тельно резче (Коковина, Лебедева, 1988; Егоров, 1988). Необходимо стремиться к управлению агроэкосистемами, выводя их на уровень устойчивых, компенсационных природных сообществ и учитывая при этом все природные связи, в первую очередь, функционирование почвенной биоты.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Большаков А.Ф.* Водный режим мощных черноземов средней русской возвышенности. М.: Изд-во АН СССР, 1961. 200с.
2. *Быстрицкая Т.Л., Герасимова М.И.* О годовом цикле современного черноземного процесса // Почвоведение. 1988. № 6. С. 5–15.
3. *Герасимов И.П.* Понятия – «почва–природное тело» и его производные («почва–режим», «почва–воспроизводство», «почва–память») // Почвоведение. 1983. № 4. С. 5–12.
4. *Гиляров М.С.* Почвенная фауна черноземов // Черноземы СССР. М.: Колос, 1974. С. 215–230.
5. *Голубев В.Н.* Эколого-биологические особенности травянистых растений и растительных сообществ лесостепи. М.: Наука, 1965. 230 с.
6. *Егоров В.В.* Кризисные явления при орошении // Земледелие. № 1. 1988. С. 30–32.
7. *Измаильский А.А.* Как высохла наша степь. Полтава, 1893. 234 с.
8. *Лебедева И.И.* Гидрологические профили миграционно-карбонатных (типичных) черноземов и агрочерноземов // Почвоведение. № 10. 2002. С. 1274–1283.
9. *Лебедева И.И.* Гидрологические профили южных черноземов и агрочерноземов // Почвоведение. № 7. 2004. С. 837–846.
10. *Коковина Т.П., Лебедева И.И.* Черноземы как элемент агроэкосистемы // Земледелие. № 1. 1988. С. 28–29.

#### THE CONCEPT OF EVOLUTION OF CHERNOZEMS IN AGROECOSYSTEMS

**I. I. Lebedeva, I. E. Koroleva, A. M. Grebennikov**

It is shown, that changes in plant component of natural ecosystems for agricultural development naturally leads to a substantial restructuring regimes, processes, and some properties of chernozems. The approach to arable chernozems as a new component of natural ecosystems (agroecosystems) dictates the principles on which to draw when designing farming practices and farming systems.

*Key words:* agroeolution, chernozems, agrochernozems, humus state, soil biota.