

## МОСКОВСКИЙ И ОРЕНБУРГСКИЙ УНИВЕРСИТЕТЫ: СОВМЕСТНЫЕ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ПОЧВОВЕДЕНИЮ И ЭКОЛОГИИ В РАМКАХ ПРОЕКТОВ РФФИ

За последние годы сотрудниками химико-биологического факультета Оренбургского государственного университета совместно с учеными факультета почвоведения Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова выполнены работы по следующим грантам Российского фонда фундаментальных исследований: «Влияние физических свойств и процессов на экологию гумусообразования черноземов Урала», «Теплогидрофизические основы восстановления структуры и регенерации органического вещества деградированных почв», «Эволюция степных черноземов Высокого Заволжья под влиянием Бузулукского Бора» и «Постпирогенная трансформация свойств степных черноземов, их гидротермического режима, естественной растительности и биологические методы восстановления» Фундаментальная научная проблема, которая объединяет все темы исследований, заключается в изучении механизма формирования почвенной структуры и роли органического вещества почв, его качественного состава в явлении структурообразования. Главным научным результатом выполненных исследований стали доказательства ведущей роли амфифильных свойств гумуса в образовании устойчивых и прочных почвенных агрегатов, которые во многом определяют экологические функции почв в биосфере и их плодородие. Другим итогом работ стали четыре кандидатские диссертации, защищенные аспирантами Оренбургского университета по материалам выполненных работ по названным темам и большое количество научных публикаций разного уровня, 12 из которых вышли в изданиях, входящие в системы цитирования Web of Science и Scopus.

**Ключевые слова:** почвенный агрегат, структура почв, экология гумусообразования, чернозем, свойства гумуса, экологические функции почв в биосфере.

Раздел почвоведения, изучающий физические свойства и процессы, протекающие в почве (механические, тепловые, гидрологические, воздушные, электрические и др.), называется физикой почв. Едва ли не важнейшей частью этой науки является учение о почвенных агрегатах. Почвенный агрегат – это естественное почвенное трехмерного образования, состоящее из почвенных микроагрегатов в результате их соединения прочными связями и соединениями различной природы; они являются основным объемом почвенного порового пространства, в котором содержатся питательные вещества, влага, воздух и почвенные микроорганизмы. Совокупность почвенных агрегатов называется структурой почв. Роль структуры в функционировании почвенных экосистем и в их плодородии, участие в ее формировании органического вещества почв впервые была отмечена основоположником почвоведения как самостоятельной науки В.В. Докучаевым [1]. Положительный эффект влияния структуры почвы на рост корней, наличие воды и воздуха в почвах впервые отмечен более 100 лет назад [2]. В настоящее время считается доказанным, что агрегатная структура почвы является важнейшим фактором функци-

онирования почвы, ее способности обеспечивать жизнедеятельность растений и животных, регулировать экологию окружающей среды. Структура почвы определяется размером, формой и расположением твердых частиц и пустот или внутриагрегатных пор. Почвенные агрегаты способны сохранять и проводить растворы органических и неорганических веществ, поддерживать энергичный рост и развитие корневой системы [3], [4]. Таким образом, на первый план фундаментальных научных исследований в физике и экологии почв выступает проблема формирования почвенных агрегатов и роли в этом процессе органических веществ почв, так как гумус обладает рядом физико-химических свойств, до сих пор мало исследованных, позволяющих ему формировать устойчивые органоминеральные комплексы, являющиеся основой для образования агрегатов.

Предложено несколько механизмов агрегации почвенной массы. Формирование агрегата происходит поэтапно, с различным доминирующим механизмом связывания частиц с участием органических веществ на каждом очередном этапе [5]. Сложная динамика агрегации – результат взаимодействия множества факторов

включающих окружающую среду, систему земледользования, влияния растений и свойств почвы, таких как минералогический состав, текстура, концентрация органического вещества (ОВ), тип почвообразования, микробиологическая деятельность, обменные катионы, запасы питательных веществ и доступность влаги [6], [7]. Микроагрегаты (<250 мкм) формируются из органических молекул (ОМ), соединенных с глиной (Гл) поливалентными катионами (К), образуя фрагмент (Гл-К-ОМ), который, соединяясь с другими аналогичными частицами, формирует макроагрегат [(Гл-К-ОМ) x] [8]. Макроагрегаты могут образовываться и вокруг частиц органического вещества (ОВ). При ферментативном разложении ОВ выделяются микробные экссудаты, снижается отношение C/N, внутри макроагрегатов формируются микроагрегаты, что в совокупности делают формирующийся макроагрегат более устойчивым.

Положительная и негативная (при уплотнении) роль структуры почвы как фактора плодородия неоднократно отмечена [9], [10]. Для сельского хозяйства почва должна иметь не просто хорошую структуру, а совокупность агрегатов, которая способна длительно сохранять свою стабильность и качество [9]. Dexter классифицирует стабильность структуры по двум признакам: это способность почвы сохранять структуру при воздействии воды и устойчивость агрегатов к внешним механическим воздействиям. Первый тип стабильности структуры оценивается методом влажного просеивания, стабильность структуры под внешними напряжениями может быть выявлена на испытаниях сжатия и сопротивления сдвигу.

Особое значение исследование структурного состояния почв приобретает в современный период, что связано с биосферными функциями почв, в том числе с изменением климата и с формированием «парникового» эффекта. Известно, что ведущая роль в образовании «парникового» эффекта принадлежит окиси углерода, а главным источником его (по некоторым подсчетам до 90%), являются почвы, подверженные распашке и другим антропогенным воздействиям. В результате этих влияний происходит механическое разрушение агрегатов, при котором находящиеся внутри структурных отделностей молекулы ОВ теряют своеобразный защитный

слой, состоящий из глинистых минералов, соприкасаются с атмосферным и почвенным воздухом и подвергаются окислению с образованием окиси углерода и выделением его в атмосферу. Но в то же время следует принять к сведению, что почва одновременно является и депонирующей средой для углекислоты. Она представляет собой ту среду, в которой происходят процессы образования и накопления органического вещества почв, гумуса, а почвенная органика пребывает в них главным образом в составе почвенных агрегатов.

Несмотря на длительный период изучения структуры почв некоторые вопросы ее образования и роли при этом органического вещества, гумуса, остаются дискуссионными. На разных этапах развития учения об агрегатном составе почв приоритет отдавался содержанию гумуса и его запасам, таким показателям качества органического вещества как типу гумуса, степени его гумификации, содержанию гуминовых кислот, связанных с кальцием. В начале века появились данные о влиянии на формирование почвенной структуры амфифильных свойств гумуса [11]. Впервые на ограниченном материале было показано, что гидрофильные фракции гумуса определяют питательный режим растений, а гидрофобные компоненты входят в состав агрегатов и обеспечивают их устойчивость к воде и к внешним воздействиям. Проведенные расчеты показали, что оптимальным отношением гидрофобных фракций гумуса к гидрофильным следует считать 6:4. Основные исследования по этой фундаментальной научной проблеме проводились в пределах Оренбургского Предуралья.

Выбор черноземов Предуралья в качестве объекта исследования был сделан не случайно. Черноземы Предуралья отличаются некоторыми генетическими особенностями. Среди которых нельзя не отметить относительно небольшую мощность гумусового профиля, повышенное содержание гумуса гуматного типа и длительный период биологической активности почв, прочная зернистая структура под целинной растительностью [12]. Отдельные образцы агрегатов не нарушенных лесостепных черноземов за счет высокого содержания ОВ и внутриагрегатной порозности обладают уникальным свойством – они плавают в колбе с водой, т.е. имеют вес

менее 1 г/см<sup>2</sup>. Вместе с тем черноземы региона длительный период подвергались интенсивной бессистемной распашке, следствием которой стали их дегумификация и утрата структуры (13). Совокупность этих признаков делают их весьма привлекательными для использования в качестве основного объекта работ о указанной тематике. С учетом изложенных обстоятельств факультет почвоведения Московского государственного университета вместе с химико-биологическим факультетом Оренбургского университета выполнили ряд исследований по изучению особенностей эволюции гумусного состояния и агрегатной структуры почв на примере уникальных черноземов Оренбургского Предуралья. Первые работы в этом направлении проводились в рамках грантов РФФИ «Влияние физических свойств и процессов на экологию гумусообразования черноземов Урала» и «Теплогидрофизические основы восстановления структуры и регенерации органического вещества деградированных почв». Результатом выполненных исследований стали научно обоснованные доказательства существенного влияния амфифильных свойств органического вещества черноземов на формирование его агрегатной структуры [14]. Несколько особняком стоят исследования, связанные с влиянием островных (инсулярных) лесов, расположенных в степной зоне, на экологию прилегающих биогеоценозов и свойства почв. (грант «Эволюция степных черноземов Высокого Заволжья под влиянием Бузулукского Бора»). Произрастание столь крупного лесного массива среди настоящих степей является крайне редким явлением, ещё не до конца изученным. Соседство таких контрастных по своей природе (мезоклимату, растительности, мезофауне) экосистем – леса и степи – позволили выявить неизвестные ранее закономерности по влиянию леса на экологию сопредельных степных ландшафтов вплоть до локальных изменений их состава и свойств (нарушений) в ряду географической зональности. Кроме того обнаруженные по мере удаления от леса последовательные изменения в экологии гумусообразования и, как следствие, в составе и свойствах ОВ степных черноземов, дали возможность проследить влияния этих трансформаций на структурный состав почв [15]. В процессе работы по программе гран-

та «Постпирогенная трансформация свойств степных черноземов, их гидротермического режима, естественной растительности и биологические методы восстановления» выявлены явления, связанные с регенерацией свойств черноземов после воздействия на них степных пожаров [16]. Одновременно впервые показано регулирующее влияние амфифильных свойств органического вещества на степень пожарной опасности степных ландшафтов.

Кроме совместных полевых и лабораторных исследований два аспиранта Оренбургского университета прошли стажировку в лабораториях МГУ, где освоили современные методы исследования почв. Полученные материалы легли в основу четырех кандидатских диссертаций, успешно защищенных аспирантами Оренбурга. Участники работ выступили с совместными докладами на многих конференциях разного уровня. Они являются авторами не менее пятидесяти печатных работ, в том числе в изданиях, входящих в системы цитирования Scopus и Web of Science.

Перечисленные обстоятельства убедительно свидетельствуют пользу продолжения и развития научного сотрудничества дух университетов. Доказательствами тому являются получение новых научных данных, которые существенным образом расширяют теоретические и концептуальные представления в почвоведении и экологии. Необходимо особо отметить, что подобное сотрудничество стало возможным лишь благодаря поддержке Российского фонда фундаментальных исследований.

Совместные исследования двух университетов будут продолжаться. На лето 2016 года намечено выполнение экспедиционных работ по исследованию влияния защитной государственной лесополосы Гора Вишневая – Каспийское море на сопредельные биогеоценозы. Начиная с конца 40-х годов прошлого века, согласно сталинскому плану преобразования природы, было намечено возведение восьми лесополос с целью изменения климата и для обеспечения высоких урожаев в степных и лесостепных зонах Европейской части СССР. Это была едва ли не главная стройка послевоенного СССР. В 1956 году работы по степному лесоразведению были свернуты. Значительные фрагменты лесополосы Гора Вишневая – Каспийское море до сего

времени хорошо сохранились на территории Оренбургской области. Запланированные исследования, помимо почвенно-экологического направления, явятся материалом для сравнения ожидаемых результатов от возведения системы

лесных полос на степные ландшафты, с реальными. В этой связи проект будет иметь не только научное, но и в определенной мере историческое и социальное значение.

10.10.2015

---

**Список литературы:**

1. Докучаев В.В. Русский чернозем. Издательство Императорского Вольного экономического общества, С-Пб, 1883.
2. Русанов А.М. Экология гумусообразования почва степной зоны Урала//Автореферат дисс. доктора биологических наук. Екатеринбург, 1995. 38с.
3. Русанов А.М., Милановский Е.Ю., Шеин Е.В., Засыпкина Д.И., Николаева Е.И., Анилова Л.В. Почвенная структура и органическое вещество типичных черноземов Предуралья под лесом и многолетней пашней // Вестник ОГУ, 2005, №2, С.113-117.
4. Русанов А.М., Шеин Е.В., Милановский Е.Ю. Влияние Бузулукского бора на прилегающие ландшафты и свойства почв// Почвоведение. 2008. №2, С. 146-152.
5. Русанов А. М., Анилова Л.В. Экологические аспекты гумусообразования и динамика гумуса целинных и пахотных черноземов Предуралья//Экология. 2009. №6, С417 – 422.
6. Шеин Е. В., Милановский Е.Ю. Роль и значение органического вещества в образовании и устойчивости почвенных агрегатов // Почвоведение. 2003. №1, С.53-61.
7. Шеин Е.В., Карпачевский Л.О. Толковый словарь по физике почв. М., ГЕОС. 2003.126с.
8. Шеин Е.В., Русанов А.М., Анилова Л.В., Достова Т.М. Изменение водного режима чернозема типичного при формировании на его поверхности пирогенного слоя // Вестник ОГУ. 2012. № 10, С. 112-116.
9. Dexter, A.R., 1988. Advances in characterisation of soil structure. Soil Tillage Res., II: 199-239.
10. Horn R., Taubner H., Hantschel, R., 1989. Effect of structure on water transport, proton buffering and nutrient release. In: E.D. Schulze, O. Lange and R. Oren (Editors), Forest Decline and Air Pollution. Ecological Studies, 77: 323-340.
11. Kay, B., 1990. Rates of change of soil structure under different cropping systems. Adv. Soil Sci., 12: 1-41.
12. Kay B.D., Angers D.A., 1998. Soil structure. In: Sumner, M.E. (Ed.), Handbook of Soil Science. CRC Press, Boca Raton, FL, pp. 229-276.
13. Lal, R., 1991. Soil structure and sustainability. J. Sustain. Agric. 1, 1991. С.67– 92.
14. Pachepsky Y.A., Rawls W.J., 2003. Soil structure and pedotransfer functions. Eur. J. Soil Sci. 54, 443– 451.
15. Tisdall, J.M., 1996. Formation of soil aggregates and accumulation of soil organic matter. In: Carter, M.R., Stewart, B.A. (Eds.), Structure and Organic Matter Storage in Agricultural Soils. CRC Press, Boca Raton, FL, pp. 57-96.
16. Tisdall, J.M., Oades, J.M., 1982. Organic matter and water-stable aggregates in soils. J. Soil Sci. 33, 141– 163.

Сведения об авторах:

**Шеин Евгений Викторович**, заведующий кафедрой физики и мелиорации почв  
Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова,  
доктор биологических наук, профессор  
E-mail: evgeny.shein@gmail.com

**Русанов Александр Михайлович**, декан химико-биологического факультета  
Оренбургского государственного университета, заведующий кафедрой общей биологии,  
доктор биологических наук, профессор  
460018, г. Оренбург, пр-т Победы, д. 13, e-mail: soilec@esoo.ru