

УДК 631.42:631.417.2

## РАЗРАБОТКА ПРОБЛЕМЫ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ПОЧВЫ УЧЕНЫМИ ТИМИРЯЗЕВСКОЙ АКАДЕМИИ

И. С. КАУРИЧЕВ, А. М. ЛЫКОВ, А. Д. ФОКИН

(Кафедра почвоведения, кафедра земледелия и методики опытного дела,  
Почвенно-агрономический музей им. В. Р. Вильямса)

В статье дан обзор результатов исследований органического вещества почвы, проводимых в Тимирязевской академии. Показан системный подход к изучению роли органического вещества в генезисе и плодородии почв. Начало этому подходу положено работами В. Р. Вильямса.

Органическое вещество и его роль в образовании почв и их плодородии с давних пор привлекали внимание исследователей и практиков сельского хозяйства. В Тимирязевской академии последовательное и разностороннее изучение органического вещества связано с именем академика В. Р. Вильямса, в научном творчестве которого проблема органического вещества почвы занимала важнейшее место. Работы В. Р. Вильямса определили главную особенность в изучении органического вещества почвы, характерную для исследований по данной проблеме, проводимых в Тимирязевской академии, — системный подход в ее разработке. Это прежде всего сопряженное и разностороннее изучение генетических и агрономических аспектов проблемы, широкое использование системы методов исследования, в которой важное место занимают экспериментальные работы, максимально приближенные к натурным условиям.

Разработка рассматриваемой проблемы в Тимирязевской академии велась по следующим наиболее важным и оригинальным направлениям: изучение роли органических веществ в генезисе, плодородии почв и питании растений; исследование процессов трансформации органических веществ при почвообразовании, состава и свойств органоминеральных соединений, в частности их водорастворимых форм; комплексное изучение агрономической роли органического вещества как фундаментального свойства почвы в условиях ее земледельческого использования; анализ состава, структуры органических веществ и разработка методов их исследования. Большая часть указанных направлений непосредственно определена творчеством В. Р. Вильямса и связана с дальнейшим развитием его научной деятельности в этой области почвоведения.

Известное положение В. Р. Вильямса о том, что синтез и распад органического вещества составляют суть почвообразовательного процесса [8], выливается в важный методологический принцип, сущность которого заключается в неразрывной связи важнейших свойств почвы, включая плодородие, и почвенных процессов между собой и с процессами образования, превращения и миграции органического вещества.

Для В. Р. Вильямса проблема органического вещества неотделима от проблемы почвообразования и жизни почвы в целом. Следствием

такого подхода являются обязательные исследование и учет всех главных трансформационных и миграционных процессов в природных и агроэкосистемах: биологического круговорота со всеми его стадиями и звеньями, в том числе микробиологических процессов и питания растений, совокупности различного рода органо-минеральных взаимодействий, совокупности миграционных процессов, происходящих на всех уровнях структурной организации почвы и т. д. В настоящее время такой подход получил название системного. Его реализация требует значительных усилий от исследователя, но только системный подход позволит построить целостную, законченную почвенно-генетическую и агрономическую концепцию, понять всю сложную картину функционирования почвы, агроэкосистемы на современном этапе. Именно к построению законченной генетической и функциональной концепции стремился В. Р. Вильямс; в этом его сила как ученого и мыслителя.

Для В. Р. Вильямса исследование органического вещества почвы никогда не было самоцелью. Образование, эволюция и трансформация органического вещества протекают только в конкретном почвообразовательном процессе. В неразрывной связи с поступлением и превращением органических веществ в почве рассматривает ученый развитие подзолистого, дернового и болотного процессов почвообразования. Наиболее ярко, выпукло, в логически завершенной форме указанные представления воплощены в его учении о дерновом почвообразовательном процессе [8]. Не вдаваясь в детали этого широко известного учения, следует отметить, что В. Р. Вильямс творчески воспринял и развил идеи своих выдающихся предшественников — П. А. Костычева и В. В. Докучаева.

Рассматривая дерновый процесс, в результате которого формируется гумусовый профиль с определенным распределением и качественным составом гумуса, В. Р. Вильямс теснейшим образом увязал его с основными факторами почвообразования: характером растительности, спецификой микробиологического воздействия на растительные остатки, особенностями поведения минеральных компонентов почвы, структурой и водно-физическими свойствами почвы, создающимися при развитии дернового процесса. Формирование гумусового профиля, как отмечал В. Р. Вильямс, во многом связано с почвообразованием в целом. Это не абстрактное гумусообразование, которое может проходить в сосуде или в изолированно компостирующейся растительной массе, а конкретный природный процесс.

В. Р. Вильямс блестяще использовал всю сумму накопленных к тому времени знаний о почвенном гумусе, в частности о его качественной неоднородности, структурных особенностях, коллоидно-химических свойствах, происхождении, для построения целостной научной концепции.

Интенсивно исследуемые во всех странах в последнее десятилетие вопросы, связанные с тонкой химической структурой гумусовых веществ, их происхождением, функционированием, динамикой и т. д., были в свое время поставлены В. Р. Вильямсом.

Результаты исследований генетических аспектов проблемы органического вещества почвы широко использовались В. Р. Вильямсом для разработки практических приемов регулирования почвенного плодородия в земледелии и луговодстве.

Исследования органического вещества почв, проводимые в разные годы в Тимирязевской академии, естественно, не были изолированы, они вливались в общее русло научных работ, выполняемых в данной области в нашей стране и за рубежом. В то же время творчество В. Р. Вильямса оказало существенное влияние на направление работ выдающихся почвоведов-органиков: И. В. Тюрина, М. М. Кононовой, Л. Н. Александровой, В. В. Пономаревой, А. Н. Соколовского и др.

С проблемой трансформации органического вещества и изучением роли этого явления в почвообразовании связана научная деятельность С. П. Яркова [31]. У С. П. Яркова нет «чисто гумусных» работ, и это

характеризует его как ученого, творчески воспринявшего идеи своего учителя — В. Р. Вильямса. В природе не существует «чисто гумусных» взаимодействий и превращений. Любые взаимодействия в почве — это часть общего почвообразовательного процесса, зависящего от действующих факторов. Работами С. П. Яркова по существу положено начало новому направлению в исследовании органического вещества почв — изучению роли органического вещества в окислительно-восстановительной трансформации минеральных соединений почв. Это направление получило дальнейшее развитие в работах ученых Тимирязевской академии и других учреждений страны: И. С. Кауричева, Е. М. Ноздруновой, Ф. Р. Зайдельмана и др.

Творчество С. П. Яркова в значительной степени стимулировало развитие еще одного направления — изучение растворимых, миграционно-коспособных минерально-органических соединений комплексной природы. Данное направление продолжает развиваться в исследованиях И. С. Кауричева и его учеников. Полученные результаты позволили сделать оценку масштабов миграции органических веществ и связанных с ними минеральных элементов в различных почвах Советского Союза. Изучены природа, состав и свойства многих минерально-гумусовых соединений [6, 15—17], в том числе соединений, содержащих элементы минерального питания и токсиканты. В результате экспериментально была подтверждена исключительная роль водорастворимых органоминеральных соединений в миграции многих элементов минеральной части почвы, их перераспределении по почвенному профилю и элементам ландшафта, а также разработан оригинальный метод использования лизиметрических хроматографических колонок для качественно-количественного учета миграции органических веществ и органоминеральных соединений по почвенному профилю.

Обобщение итогов экспериментальных исследований, выполненных в Тимирязевской академии в области развития в почвах окислительно-восстановительных процессов, образования, состава, свойств и миграции органоминеральных соединений, позволило сформулировать теорию элювиально-глеевого процесса, показать его широкое развитие в целинных и пахотных почвах в условиях временного поверхностного избыточного увлажнения и раскрыть его важное значение в жизни многих типов почв с осветленно-элювиальными горизонтами и в формировании их плодородия.

В последние годы все большее внимание уделяется вопросам, связанным с прямым участием органических и минерально-органических соединений, присутствующих в почвенных растворах, в минеральном питании, а также в других физиолого-биохимических функциях растения. При использовании изотопно-индикаторного метода доказана возможность поступления из почвы ряда органических и минерально-органических соединений почвенного раствора в растения, включения данных соединений в метаболические циклы растений [13]. В этом, возможно, заключается еще один механизм выполнения органическим веществом почвы определенной регулирующей функции в минеральном питании растений.

Значительное место в исследованиях трансформации органических остатков и гумусовых веществ занимают работы, проводимые на кафедре микробиологии Е. Н. Мишустиным, Е. З. Теппер, В. Т. Емцевым и др. [24].

В последние годы успешно изучаются санитарно-защитные функции почвенного гумуса и отдельных его компонентов в связи с их взаимодействием с тяжелыми металлами, пестицидами и другими токсичными веществами [23, 30].

На кафедре почвоведения под руководством Н. Н. Игнатьева выполнен большой цикл исследований, в результате которых было установлено участие органических метаболитов микоризной микрофлоры в физиолого-биохимических процессах, связанных с минеральным питанием высших растений. На основе этих соединений получены биологи-

чески активные препараты и показана перспективность их практического использования в сельском хозяйстве.

Еще при жизни В. Р. Вильямса проблема органического вещества почвы привлекла внимание известных ученых в области физико-химических наук — Е. Н. Гапона и С. Н. Алешина, работавших в Тимирязевской академии [1, 2, 5]. В последующем физико-химические исследования почвенного гумуса оформились в продуктивное направление, целью которого является характеристика химической природы, качественной неоднородности и структурных особенностей гумусовых веществ. Так, в 1965 г. В. В. Вильямсом была предложена оригинальная методика разделения гумусовых веществ [9], используемая в последующем Н. К. Семеновой [22]. Большая серия работ в данной области выполнена на кафедре физической и коллоидной химии сначала под руководством С. Н. Алешина [3, 4], затем Р. А. Хмельницкого и В. А. Черникова [28, 29]. В результате разработана система физико-химических методов изучения состава, строения и структурных особенностей гумусовых веществ, в которую вошли оригинальные разработки прежде всего по их дериватографии и пиролитической масс-спектрологии. Последний метод впервые применен в нашей стране для изучения гумуса. Путем использования новейших инструментальных методов удалось расширить имеющиеся представления о фрагментарно-структурном составе и особенностях строения гумусовых веществ почвы, выявить ряд специфических зональных признаков в их структуре, а также установить различия в структуре гумуса целинных и пахотных почв.

Состояние исследований почвенного гумуса в настоящее время не оставляет сомнений в том, что прогресс в этой области возможен только при сочетании тонких структурных анализов, проводимых на самом современном уровне, с исследованиями процессов формирования, взаимодействий, трансформации и миграции гумусовых веществ. Лишь разностороннее изучение почвенного гумуса позволит подойти к управлению, конечно в известных пределах, гумусовым состоянием почв.

В Тимирязевской академии при исследовании органического вещества, минерально-гумусовых взаимодействий и процессов наряду с разработкой и использованием отмеченных выше современных физико-химических методов уже много лет широко применяется изотопно-индикаторный метод, с помощью которого удалось расширить представление о процессах формирования и обновления гумусовых веществ, уточнить параметры, характеризующие включение углерода растительных остатков в состав гумуса в естественных ценозах и агроценозах, составляющие гумусового баланса, получить новые количественные сведения о миграции органических и минерально-органических соединений почв [25].

Идеям В. Р. Вильямса очень близки, в частности, результаты экспериментов, свидетельствующие об огромной роли в плодородии почв не только собственно гумусовых веществ, но и растительных остатков. В данных исследованиях показано, что эта роль определяется исключительно высокими коэффициентами использования из растительных остатков многих элементов минерального питания, в частности Р, Са, Zn и др. Например, коэффициент использования Р пшеницей, идущей по пласту многолетних трав, достигал 60 % и более, что приблизительно в 4 раза выше коэффициента использования Р из минеральных удобрений. Этот эффект связан с локализацией активных корней в зонах, содержащих отмершие растительные остатки, где создаются все условия для полноценного минерального питания, сбалансированного по основным элементам. Таким образом показано, что для почвенного питания растений в агроценозах характерны определенные признаки, свойственные питанию растений в естественных ценозах [27].

Важное место в исследованиях, выполненных в Тимирязевской академии, занимает традиционное изучение роли органического вещества в плодородии почв, в частности комплексной роли органического

вещества в формировании агрономических свойств почв, в воспроизводстве их плодородия при интенсивном земледелии. Изучаются также вопросы гумусового баланса и стабилизации гумусового состояния почв, значение отдельных групп органического вещества в почвенном плодородии, влияние окультуривания пахотных почв на их гумусовое состояние, разрабатываются приемы регулирования количества и качественного состава гумуса пахотных почв и др. [10, 11, 14, 19—21, 25, 26]. В качестве главных итогов исследований, проводимых в этом направлении, можно отметить следующее.

1. Получены новые данные и углубленное представление о положительной роли органического вещества почвы в формировании комплекса ее физических, технологических свойств, биологической и ферментативной активности, об особенностях воздействия на почвенное плодородие, питание растений и урожайность сельскохозяйственных культур различных компонентов органического вещества почвы (разных фракций гумуса, детрита, растительных остатков); показана роль культуры полевых растений в балансе органического вещества, изучено влияние обработки почвы и внесения органических и минеральных удобрений на его содержание и качественный состав.

2. Разработаны методические подходы к экспериментальному определению и расчету гумусового баланса почв, в том числе с использованием радиоиндикаторного метода. Показано, что балансовый метод позволяет выявить основные источники потерь и возобновления запасов гумуса в конкретных условиях. Расчетный метод гумусового баланса, разработанный на кафедре земледелия (А. М. Лыков), широко вошел в практику регулирования гумусового состояния почв. Полученные результаты положены в основу нормативно-практической оценки гумусового состояния почв в земледелии.

3. Значительно расширено существующее представление о роли отдельных групп, фракций и даже структурных фрагментов гумуса в плодородии почв, его деградации и восстановлении. Этот вопрос имеет множество различных аспектов, решаемых на разных кафедрах.

Исходя из результатов проведенных исследований, можно констатировать, что параметры гумусового состояния почв для оценки их плодородия должны отражать не только статические признаки, но и трансформационные. Весь спектр органических соединений почв от исходных растительных остатков до собственно гумусовых соединений на всех этапах трансформации играет конкретную, хотя и различную по направленности и объему, роль в формировании важнейшего качественного признака почвы — плодородия.

В интенсивном земледелии практическое решение проблемы воспроизводства почвенного плодородия невозможно без рационального регулирования круговорота органического вещества и конкретного учета отдельных его форм в создании оптимальных почвенных условий для развития растений и формирования урожая.

Результаты многолетнего изучения генетико-агрономических аспектов проблемы органического вещества почвы в Тимирязевской академии подтверждают и развивают оценку его роли в жизни почвы и земледельческой практике ее использования, данную В. Р. Вильямсом в 1903 г. на заре зарождения исследований по этой проблеме в Петровской земледельческой и лесной сельскохозяйственной академии. В своей работе «Этюды о гумусе» он писал: «С какой бы стороны мы ни рассматривали почву — с точки зрения ее происхождения, ее состава, ее химических и физических свойств и процессов, в ней происходящих, будем ли мы рассматривать вопрос о плодородии почвы или о содержании в ней питательных веществ, станем ли мы рассуждать об обработке почвы, об удобрении ее, об осушении или орошении — всюду сейчас всплывает вопрос об органическом веществе почвы как главном факторе, определяющем весь ее характер, все свойства, всю физиономию почвы».

Современное состояние изучения органического вещества почвы и опыт этих исследований в Тимирязевской академии в последние десятилетия, новые данные о возрастающей роли органического вещества почвы в развитии плодородия и экологических ее функциях, важных для регулирования состояния и охраны окружающей среды, убедительно свидетельствуют о необходимости координации усилий различных кафедр и прежде всего почвоведения, земледелия, физической и коллоидной химии и микробиологии для комплексной разработки проблемы и успешного ее решения. Учитывая сказанное, представляется важным вернуться в академии к имевшей место ранее и оправдавшей себя организационной форме объединения исследований единой тематикой по рассматриваемой важнейшей проблеме генетического и агрономического почвоведения и земледелия.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Алешин С. Н. К вопросу пептизации почв и выделения органической части почвенного поглощающего комплекса. — Химизация соц. земледелия, 1934, № 12, с. 65—69. — 2. Алешин С. Н. Термодинамика превращений органических веществ в почвах. — В сб.: Биохимия и плодородие почв. М.: Изд-во МГУ, 1967, с. 9—20. — 3. Алешин С. Н., Курбатов А. И. Применение дериватографии для выяснения природы взаимодействия гумусовой и минеральной частей почв. — Докл. ТСХА, 1966, вып. 119, с. 11—14. — 4. Алешин С. Н., Черников В. А. О классификации, методах выделения и количественном определении различных групп гумусовых веществ. — Изв. ТСХА, 1971, вып. 4, с. 88—94. — 5. Алешин С. Н., Шевцова Л. К., Черников В. А. К вопросу об изменении органического вещества почвы при длительном применении удобрений. — Агрохимия, 1971, вып. 6, с. 49—54. — 6. Базилинская М. В. Изменение биохимического состава растительных остатков в процессе минерализации. — Изв. ТСХА, 1978, вып. 6, с. 102—109. — 7. Бродский Е. С., Шевцова Л. К., Лукашенко И. М. и др. Исследование изменений структуры гуминовых кислот и фульвокислот черноземной почвы методом пиролитической масс-спектрометрии при внесении удобрений. — Изв. ТСХА, 1985, вып. 4, с. 78—84. — 8. Вильямс В. Р. Почвоведение. Земледелие с основами почвоведения. 6-е изд. — М.: Гос. изд-во с. х. лит-ры, 1949. — 9. Вильямс В. В. Разделение и количественное определение перегнойных кислот почвы. — Изв. ТСХА, 1965, вып. 2, с. 84—90. — 10. Ганжара Н. Ф. О гумусообразовании в почвах черноземного типа. — Почвоведение, 1974, № 7, с. 39—43. — 11. Ганжара Н. Ф. О коэффициенте гумификации и методическом подходе к определению гумусового баланса в почвах. — Почвоведение, 1979, № 4, с. 139—147. — 12. Гапон Е. Н. Удельная поверхность почвенного гумуса. — Коллоидный журн., 1947, № 9, с. 30. — 13. Ибрагимов К. Ш., Фокин А. Д. Поступление в растения индивидуальных органических веществ в условиях естественного ценоза на почвах подзолистого типа. — Изв. ТСХА, 1984, вып. 4, с. 71—76. — 14. Кауричев И. С., Ганжара Н. Ф. Скорость и направленность процессов превращения органических веществ в дерново-подзолистых почвах. — Докл. ТСХА, 1971, вып. 162, с. 5—9. — 15. Кауричев И. С., Фокин А. Д., Карпунин А. И. Водорастворимые органо-минеральные соединения почв таежной зоны. — Докл. ТСХА, 1978, вып. 243, с. 35—42. — 16. Кауричев И. С., Яшин И. М. О фракционировании водорастворимых органических веществ растительных остатков методом адсорбционной хроматографии на угле. — Изв. ТСХА, 1973, вып. 1, с. 122—129. — 17. Кауричев И. С., Яшин И. М., Кашанский А. Д., Кашченко В. С. Опыт применения метода сорбционных лизиметров при изучении водной миграции веществ в подзолистых почвах европейского Севера. — Почвоведение, 1986, № 8, с. 29—41. — 18. Раскатов В. А., Кончиц В. А., Черников В. А. Аминокислотный состав гидролизатов фульвокислот некоторых типов почв. — Почвоведение, 1979, № 10, с. 52—58. — 19. Лыков А. М. Страж плодородия. — М.: Моск. рабочий, 1976. — 20. Лыков А. М. Гумус и плодородие почв. — М.: Госагропромиздат, 1986. — 21. Поддубный Н. Н. Развитие современного почвообразовательного процесса в автоморфных почвах и изменение их вещественного состава под влиянием сельскохозяйственного использования. — Автореф. докт. дис. М., 1973. — 22. Семенова Н. К. Выделение гумусовых кислот и железа из природных вод и их количественное определение. — Изв. ТСХА, 1978, вып. 6, с. 163—175. — 23. Сюняев Х. Х., Хегай Т. А., Фокина Д., Рачинский В. В. Радиоиндикаторное исследование сорбции симазина почвами. — Изв. ТСХА, 1984, вып. 2, с. 69—75. — 24. Теплер Е. З., Черников В. А., Кончиц В. А., Майорова Л. Г. Трансформация гуминовых кислот торфа под воздействием микромонопор. — 6-й Всес. съезд микробиологов. На главных путях научн.-техн. прогресса. Рига, 1980, т. 6, с. 59. — 25. Фокин А. Д. Участие различных соединений растительных остатков в формировании и обновлении гумусовых веществ почвы. — В кн.: Проблемы почвоведения. М.: Наука, 1978, с. 60—65. — 26. Фокин А. Д., Синха М. К. Связывание фосфата гумусовыми веществами почв. — Изв. ТСХА, 1969, вып. 4, с. 175—181. — 27. Фокин А. Д., Черникова И. Л., Черняков Н. Е. Использование фосфора из растительных остатков и минеральных удобрений в некоторых звеньях севооборота на дерново-подзолистых почвах. — Изв. ТСХА, 1980, вып. 3, с. 69—

75. — **28.** Хмельницкий Р. А., Черников В. А., Лукашенко И. М., Коичиц В. А. Использование инструментальных методов при исследовании структуры гумусовых соединений. — Изв. ТСХА, 1977, вып. 6, с. 193—202. — **29.** Черников В. А., Кулчаев Э. М., Кончиц В. А. Дериватографический анализ фульвокислот целинных и окультуренных черноземных и дерново-подзолистых почв. — Изв. ТСХА, 1979, вып. 2, с. 88—93. — **30.** Юдина Л. П., Алешин С. Н., Юдин Б. И. Роль органического вещества и полуторных окислов в

адсорбции линурона и которана. — и со.: Изыскание прогрессивных средств защиты растений от вредителей, болезней и сорняков. М., 1975, с. 127—131. — **31.** Ярков С. П. Почвы лесолуговой зоны. — М.: Наука, 1961. — **32.** Яшин И. М., Кашенко В. С. Миграция водорастворимых органических соединений в супесчаных глее-подзолистых почвах севера европейской части СССР. — Изв. ТСХА, 1984, вып. 6, с. 59—71.

*Статья поступила 15 июля 1987 г.*

### SUMMARY

A review of the results of research into soil organic matter is given in the paper. A systemic approach to investigating the role of organic matter in soil genesis and fertility which was initiated by V. R. Williams is shown.