

МАТЕРИАЛЫ НАУЧНЫХ СОБРАНИЙ

УДК 631.417.2

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ СИМПОЗИУМ ПО ИЗУЧЕНИЮ
ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ ПОЧВЫ В БРАУНШВЕЙГЕ ***

Международный симпозиум по изучению органических веществ почвы состоялся 6—10 сентября 1976 г. в г. Брауншвейге (ФРГ). В его работе приняли участие около 200 специалистов из 40 стран Европы, Америки, Азии, Африки и Австралии. Организаторами симпозиума были Международное агентство по атомной энергии и Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН (ФАО) в сотрудничестве с журналом «Agrochimica». Ученый секретариат симпозиума представляли от этих организаций соответственно доктор Баррада (Barrada), доктор Мацуо (Matsuo), профессор-доктор Флайг (Flaig).

Наиболее представительными были делегации ФРГ — страны, на чьей территории организован симпозиум, — 32 человека; Франции — 23; Италии — 7; СССР — 7; США — 7 человек. По два делегата направили на симпозиум Чехословакия, ГДР, Венгрия, Польша. Активное участие в работе симпозиума приняли ученые и специалисты из развивающихся стран. Рабочими языками были английский, французский, русский и испанский.

На настоящем симпозиуме в отличие от предыдущих основное внимание было уделено изучению гумуса как фактора, определяющего производительность почв, эффективность минеральных удобрений и обеспечивающего в связи с этим увеличение количества продуктов питания, получаемых с единицы обрабатываемой площади в мировом масштабе. Учитывая важную роль гумуса в производительности почв, подчеркивается необходимость его изучения в разных аспектах. Намечены новые подходы к изучению этой проблемы с использованием современных методов и новейшей аппаратуры.

Программа симпозиума была насыщена, разнообразна и требовала от участников большого постоянного внимания и напряжения.

Различным аспектам изучения органических веществ почвы было посвящено 9 заседаний симпозиума, на которых заслушано и кратко обсуждено 80 докладов. Деления на секции или комиссии не было, участники симпозиума имели возможность присутствовать на всех заседаниях и заслушать все доклады. Участникам симпозиума была предоставлена возможность ознакомиться с сельскохозяйственным исследовательским центром ФРГ (г. Брауншвейг и Фолькенроде).

* Обзор подготовлен по материалам совещания и отчету, составленному участниками симпозиума: И. А. Лавровой, А. Т. Тищенко, Л. К. Шевцовой, В. И. Матвеевой, Л. В. Кругловым, Г. А. Мазур, Е. И. Лукошюне под общей редакцией М. М. Кононовой.

Заседания I и II («Органическое вещество и плодородие почв»). На этих заседаниях было заслушано 14 докладов ученых из Италии (3), Бельгии (4), Нидерландов (1), Канады (1), Франции (2), Египта (1), Шри Ланка (1), Нигерии (1).

Рост народонаселения и увеличение потребности в продуктах питания делают весьма актуальными исследования по разработке путей повышения плодородия почв. Результаты исследований, представленные на симпозиуме, показывают исключительно важное значение органического вещества в жизни почв и ее продуктивности.

Во вступительном докладе Ротини (Rotini, Италия) отмечается, что применение органического вещества для повышения плодородия почв начато на заре первых цивилизаций. Теория минерального питания растений может заменить теорию органического вещества только в вопросе питания, но не в широком агропедологическом плане. По мнению автора, все основные процессы, происходящие в почве и определяющие ее свойства, структурность, прочность агрегатов, поглотительную способность, биологическую активность и др., находятся в тесной связи с наличием органического вещества. В настоящее время достигнуты большие успехи в изучении проблемы гумуса, но отдельным ученым и учреждениям не под силу решить эту проблему. Необходимо тесное сотрудничество ученых разных стран, усиление связей и передачи опыта, чтобы достичь больших результатов в улучшении почвенных условий для повышения производительности сельского хозяйства в европейском и общемировом масштабе.

В докладах Леенера (Leenheer, Бельгия) и Хаана (Haan, Голландия) приведены данные о действии различных видов органических веществ (зеленые удобрения, навоз, пожнивные остатки, травяная мука и т. д.) на свойства почвы. Показана связь между содержанием органического вещества, структурой почвы и выделением CO_2 . Количество образующегося гумуса четко коррелирует с содержанием лигнина в исследуемых органических веществах ($r=0,91$). Вновь образованный гумус менее устойчив, чем гумус почвы и более устойчив в глинистой почве, чем в песчаной.

Доклады представителей Италии — Томбеси (Tombesi), Секью и Калцинай (Sequi, Calcinaï) посвящены вопросу связи гумусонакопления с климатическими гидрологическими условиями и роли органического вещества в катионном поглощении почв.

Кроме того, на заседании были представлены доклады специалистов по вопросу использования органических удобрений: компостов, соломы риса, зеленого удобрения и т. д. в условиях тропического и полузасушливого климата на железистых почвах Берега Слоновой Кости, в республике Шри Ланка, для тропических почв Нигерии.

В некоторых случаях влияние органического вещества почвы на увеличение урожая более заметно выражено в экстремальных климатических условиях этих зон, чем в зонах умеренного климата.

Заключительные сообщения на первом заседании были сделаны Каппаертом (Cappaert) по вопросу применения мульчи из растительных материалов при защите почв от эрозии и сравнения ее с полиакриламидом, а также об использовании древесной коры как отхода деревообрабатывающей промышленности путем компостирования ее с добавлением мочевины или водного аммиака.

От Советского Союза по тематике заседания был сделан доклад Л. К. Шевцовой «Действие длительного применения удобрений на содержание и состав органического вещества дерново-подзолистой почвы».

Заседание III («Круговорот остатков растений»). Было представлено 9 докладов. Большой интерес вызвали два доклада Зауербек (Zauebeck) из Сельскохозяйственного института Боннского университета. В докладе «Образование корней и распад их во время

роста растений», представленном Заурбеком совместно с Джоненом (Johnen, Англия), освещаются результаты модельных опытов с выращиванием растений горчицы и пшеницы в закрытых системах с добавлением меченого $^{14}\text{CO}_2$. Растения выращивали до полной спелости в питательном растворе и почве с добавлением питательного раствора. В различные стадии развития растений учитывали массу корней изотопным методом и методом механического отмывания, а также выделение CO_2 и $^{14}\text{CO}_2$. Количество корневых остатков, определенное изотопным методом к периоду уборки, было на 20—50% больше, чем при определении механическим способом. Кроме того, за период вегетации большая масса корней, примерно в 3 раза превышающая количество корней, учитываемое во время уборки урожая, минерализуется. Проведенные эксперименты вносят поправку в расчеты дыхания почвы. Значительная часть углекислоты создается не за счет разложения органического вещества почвы, а за счет дыхания корней и главным образом за счет быстрого разложения корневых выделений и постоянно отмирающих элементов корневой системы растений. Таким образом, роль корневых остатков как источника быстро разлагающегося органического вещества в биохимических процессах в почве в свете этих исследований значительно усиливается.

Во втором докладе Заурбека, подготовленном совместно с Гонзалесом, Карвагалом (Gonzales, Carvagal, Коста-Рика), рассматривается вопрос разложения соломы различных растений, меченных ^{14}C , на почвах ФРГ и Коста-Рики.

65% углерода остатков растений минерализуется уже в первый год. В начальные периоды разложения отмечены некоторые различия между культурами (колосовые, кормовые, пропашные), которые через 5—6 лет полностью сглаживаются. Через 25 лет углерод, внесенный с соломой, составляет лишь 1% от общего углерода почвы.

Исследования трансформации растительных остатков различных культур с применением ^{14}C и ^{15}N представлены также в докладах Пауля и Мак-Гиля (Paul, McGill, Канада), Свифта и Познера (Swift, Posner, Шотландия, Австралия), Мартина (Martin, Австралия) и других исследователей.

В докладе ученых ФРГ — Залфелда и Зёхтига (Söchtig, Salfeld) представлена модель для характеристики системы органического вещества, степени, типа и скорости его гумификации. Эта модель основана на аналитическом определении 21 параметра, в которые включены определения общего углерода, азота, фракционирование общего азота по Бремнеру, щелочная экстракция гумусовых веществ с определением в вытяжках содержания C, N и показателей экстинкции гумусных веществ при 4 длинах волн. Характеристика 16 образцов почв Румынии по единой аналитической системе дала возможность авторам установить ряд зависимостей между отдельными параметрами. Так, установлено, что содержание общего углерода в почве прямо пропорционально запасу поступающих в нее органических веществ. Экстинкция щелочных экстрактов и их характер являются показателями степени гумификации; аналогичная корреляция найдена между коэффициентами экстинкции и гидролизуемостью азота. Предложенная модель характеристики органического вещества почв позволяет дать оценку комплексу природных явлений, связанных с образованием гумуса. Однако для решения вопроса о значении гумуса в продуктивности почв необходимо усовершенствовать и дифференцировать эту модель.

Заседание IVa («Минерализация органических соединений»). Было заслушано 4 доклада специалистов Венесуэлы, Мексики, Франции, Шотландии по трансформации и скорости минерализации органических соединений, входящих в состав растительных остатков и образующихся в процессе их разложения в почвах. Исследо-

вания проводили, как правило, с меченым углеродом и азотом, а также с мечеными фосфорсодержащими органическими соединениями, позволившими проследить динамику минерализации органофосфатов в тропических почвах.

Заседание IVв («Динамика органических форм азота»). Заслушаны доклады ученых ФРГ—Зёхтига и Залфелда (Söchtig, Salfeld), которые изучали динамику органических форм азота в азотном цикле почвы; они проводили исследования с использованием ингибитора нитрификации N-Serve. Альдаг (Aldag) представил данные по взаимосвязи между псевдоамидоазотом и азотом гуминовой кислоты, выделяемых в различных условиях гидролиза. Представители Австралии—Ладд, Амато и Парсонс (Ladd, Amato, Parsohns) изучали иммобилизацию и минерализацию азота и удобрений в известковых почвах. Ими показано, что иммобилизованный азот в основном находится в илистых частицах почвы, в эту же фракцию входит также основная биомасса микроорганизмов.

По теме этого заседания от СССР был сделан доклад И. А. Лавровой «Трансформация азота удобрений в органическом веществе почвы».

Заседание Va («Экономия азота»). На данном заседании было уделено большое внимание двум вопросам, связанным с рациональным применением азотных удобрений. Использование в сельском хозяйстве медленно действующих азотных удобрений—продуктов конденсации мочевины с формальдегидом и аммонизированных лигнинсодержащих отходов (сточные воды, отходы деревообрабатывающей и бумажной промышленности)—рассматривалось в первых трех докладах—Таслима и Верстратена (Taslim, Verstraeten), Верстратена и Ливенса (Verstraeten, Livens, Бельгия), Саббия с соавт. (Sabbiah et al., Индия). Второй вопрос был связан с изучением роли органических остатков (пшеницы, кукурузы, зеленой массы злаковых трав) в повышении эффективности азотных удобрений; он был освещен в докладе Захдева с соавт., (Sachdev et al.).

Заседание Vв («Биодеградация органического вещества»). Были представлены доклады Франциско и Лапида (Francisco, Lapid, Филиппины), Наннипири с соавт. (Nannipieri et al., Италия), Гукерта с соавт. (Gukert et al., Франция).

В работах рассмотрены вопросы изменения количества микроорганизмов в зависимости от условий окружающей среды, отмечено влияние количества и состава гумусовых веществ на активность некоторых энзимов, показано биологическое разложение микробных полисахаридов, поглощенных монтмориллонитом, и роль полисахаридов в агрегировании почвы.

Был затронут вопрос о роли некоторых физических условий (измельчение или высушивание почвы) на ускорение минерализации почвенного органического вещества.

Заседание VI («Биохимическая трансформация органического вещества»). Было заслушано 7 докладов, среди которых доклад Мартина (Martin, США) и Хайдера (Haider, ФРГ) «Разложение в почве особым образом меченных ^{14}C ДНР и лигнина стеблей кукурузы, образование полимеров типа гуминовых кислот и канифирилового спирта». Зоренсен (Sorensen, Дания) доложил о факторах, влияющих на биостабильность метаболитов почвы; Байли с соавт. (Bailly et al., Франция)—о превращении простых карбоновых кислот в гумусные вещества микроорганизмами почв.

Эти исследования дали важные сведения об участии лигнина в образовании гумусовых веществ, показали роль микроорганизмов в процессах гумификации, еще раз продемонстрировали значение изотопных методов в исследовании биохимии процесса гумусообразования.

Заседание VIIa («Битумы в органическом веществе почвы»). Были заслушаны доклады Вагнера и Муцоревой (Wagner, Muzorewa, США) «Липиды микробного происхождения в органическом веществе почвы» и Фустек-Матона с соавт. (Fustec-Mathon et al., Франция) «Анализ и роль битумов в песчано-кислых почвах». Показано, что наличие битумов определяет «усталость» почвы и оказывает ингибирующее влияние на ее микрофлору. Подзолистые почвы имеют наибольшую устойчивость по отношению к битумам. Проводился также анализ отдельных фракций битумов и влияния их на микрофлору почвы.

Заседание VIIb («Характеристика гумусовых кислот»). Было заслушано 6 докладов. В их числе два доклада канадского ученого Шнитцера с соавт. (Schnitzer et al.) В первом докладе Шнитцера «Последние открытия в области характеристики гумусовых веществ, полученных из почв различных климатических зон» подтверждается высказанное им ранее положение о том, что гумусовые вещества, сформированные в различных климатических зонах (в условиях Арктики, в субтропиках и тропиках) не имеют принципиальных различий в химической структуре мономеров. «Строительные единицы» гуминовых кислот во всех условиях представляют собой комплекс фенолов и бензолкарболовых структур. Алифатические структуры представляют собой соединения типа жирных кислот с полифенолами. Следует отметить, что концепция Шнитцера не подтверждается данными как советских, так и зарубежных исследователей, показывающих большое разнообразие природы и свойств гумусовых веществ, сформировавшихся в разных условиях почвенной среды.

Во втором докладе Шнитцера объединены две работы: работа «Явления агрегации — дисперсии в гуминовых веществах», проведенная им совместно с Зенези (Senesi, Италия) и Ченом (Chen, Израиль), и работа «О химической структуре гуминовых и фульвокислот почвы», проведенная совместно с Нейроудом (Neugoud, Швейцария).

В работе предлагается метод селективного разложения для выделения различных составных частей гумусовых кислот, рассматривается влияние pH на агрегацию и диспергирование гумусовых веществ. Различное состояние гумусовых веществ при агрегации и диспергировании изучали с помощью сканирующего электронного микроскопа.

Доклад французских ученых Джамбу, Риги, Дюпюи (Jambu, Righi, Dupuis) посвящен изучению структуры и генезиса фульвокислот почв провинции Медок. Доклад представляет интерес с точки зрения использования современных методов ионообменных смол, ИК-спектроскопии. В работе Нагара (Nagar, Индия) «Применение компьютерных методов в исследовании гумуса», выполненной в Институте биохимии почв сельскохозяйственного центра в г. Брауншвейге, освещается применение инструментальных методов и дается характеристика возможностей компьютеров при обработке аналитических материалов газовой хроматографии, масс-спектрометрии, пиролитического расщепления гумусовых веществ, инфракрасной спектроскопии и т. д.

Заседание VII («Определение наличия углерода»). Заслушано 3 доклада. Доклад Турена и Рапайра (Turene, Rapaire, Монако) «Измерения специфической активности частиц органического вещества, применяемые при изучении эволюции почв в Гвиане» посвящен изучению подзолистых и ферраллитных почв Гвианы. Разработана математическая модель, позволяющая измерить время (скорость) обновления гумусовых веществ почвы. Установлены различия скорости обновления фульвокислот, гуминовых кислот и гуминов в горизонте двух исследуемых почв.

В докладе Гиллета и Риги (Gillet, Righi, Франция) «Метка природным углеродом органического вещества подзолистого и аллювиального горизонтов почвы провинции Медок с помощью ^{14}C » показано, что фуль-

вокислоты подзолистого горизонта более молодые, мобильные, чем аллювиального, и имеют узкое отношение C:N.

В докладе Шарпенсила (Schagrenseel, ФРГ) «Поиск биологически инертного и литогенного углерода в свежееобразованном органическом веществе почвы» приведены результаты использования отношения $^{13}\text{C}:^{12}\text{C}$ для характеристики биологической инертности различных органических веществ, полученных разными методами фракционирования: химическими, а также с применением сефадексов и тельфилтрации.

Заседание VIIa («Современные методы и их использование при исследовании органического вещества почвы»). В докладах Мидельбо (Middelboe, Дания), Хайдера с соавт. (Haider et al., ФРГ, Голландия, США) продемонстрировано использование масс-спектрометрии и пиролиз-масс-спектрометрии при исследовании гумусовых веществ, их фракций и комплексов с тяжелыми металлами.

Применение методов хроматографии в изучении гумусовых веществ рассматривалось в работе Даннеберг (Danneberg, Австралия); он использовал хроматографию гумусовых веществ с помощью стеклянных фильтров с разным диаметром пор. Вольк с соавт. (Volk et al., США) применил жидкостную хроматографию при высоком давлении.

Применение метода газохроматографии позволило Бремнеру (Bremner, США) определить и идентифицировать летучие соединения серы почвы и выявить роль органического вещества в процессах, приводящих к газообразным потерям N и S.

Заседание VIIIb («Отходы»). Заслушано 5 докладов. В 2 докладах обобщены результаты исследований, проводимых в ФРГ, в других — представлены работы, проведенные во Франции, Уганде и др. Основное внимание было уделено оценке коммунальных отходов как удобрений при использовании в сельском хозяйстве и как источника обогащения почвы органическим веществом. Однако при внесении больших доз коммунальных отходов возникает проблема загрязнения почвы токсичными элементами, главным образом тяжелыми металлами и полициклическими ароматическими углеводами, вредными для здоровья человека.

Заседание IXa («Состав органического вещества почвы и метаболизм растений»). Заслушано 3 доклада. В докладе Хармс (Harms, ФРГ) изложены результаты изучения метаболизма выделенных из почвы соединений в растениях (соя, свекла, пшеница, лебеда) и в суспензиях клеточных культур.

Абдель-Шаффар с соавт. (Abdel-Chaffar et al., Египет) изучал влияние органического вещества и некоторых солей на активность почвенных энзимов. Определяли активность дегидрогеназы, каталазы, протеазы, целлюлазы, инвертазы и амилазы, в почву добавляли клеверную солому и соли NaCl , CaCl_2 и Na_2CO_3 . Сравнение вели с почвой без добавления указанных веществ. Добавление растительного материала значительно увеличило активность всех почвенных энзимов даже в присутствии солей. CaCl_2 снижал активность дегидрогеназы, каталазы, протеазы и амилазы, в то время как активность инвертазы и целлюлазы увеличивалась. Na_2CO_3 повышал активность дегидрогеназы, каталазы и протеазы, но снижал активность инвертазы и целлюлазы. NaCl увеличивал только активность целлюлазы и инвертазы и снижал активность всех других энзимов.

Доклад испанских ученых Фортуна и Гарсиа (Fortun, Garciaet) посвящен изучению двух типов действия гуминовой кислоты на кукурузу.

Заседание IXb («Взаимодействие между агрохимикатами и органическим веществом»). На этом заседании рассматривалась роль органического вещества как фактора защиты окружающей среды. Было заслушано 2 доклада: доклад ученых из-

Франции Шиавона и Жакена (Schiavon, Jaquin) «Блокирование триадинических молекул органическими веществами почвы при инкубации» и доклад Фюр с соавт. (Führ et al., ФРГ) «Связанные или поглощенные остатки мета-бензтиазурина в почве».

В работе, выполненной французскими исследователями, приведены результаты лабораторных опытов по изучению процессов связывания почвой атразина, меченного ^{14}C . При этом установлено, что гуминовые кислоты вступают с триазином в устойчивые связи, а фульвокислоты и гумины — в более слабые. Это позволяет предполагать, что некоторые молекулы, связываясь с органическим веществом, могут образовывать новые, сравнительно неустойчивые соединения.

В докладе немецких ученых приведены результаты лабораторных исследований по изучению поглощения почвой мета-бензтиазурина, производные которого широко используются в сельском хозяйстве в качестве гербицидов. Изучали остатки мета-бензтиазурина в почвенном гумусе, применяя методы двойной и тройной экстракции: ацетон — хлороформ — вода и другие вещества. Авторы делают вывод о сильной адсорбции мета-бензтиазурина гуминовыми соединениями, механизм которой еще неясен.

Заседание IX («Торф»). Шеффер (Scheffer) дает обобщение трех докладов: Масиака (Masiak, Польша). Зёхтига и Флайга «Состав и содержание аминокислот в торфообразующих растениях и торфе», Шеффера «Стабилизация органического вещества в культурах, смешанных с песком» и Рохуса (Rochus, ФРГ) «Содержание органического азота в торфяных почвах, смешанного в различных фракциях гуминовых кислот». Доклады освещают различные подходы к изучению торфа на Торфо-испытательной станции в г. Бремене.

На этой станции уже более 60 лет проводятся опыты по изучению удобрения торфяных почв. Особое внимание уделяется торфу как азотному удобрению и определению баланса азота в процессе торфообразования, в качестве стимулятора биологической активности торфяных почв применяли навоз и зеленое удобрение.

Результаты опытов показали, что количество органического азота в органическом веществе торфяно-песчаной почвы зависит как от типа почвы, так и от длительности ее использования. При длительной обработке почвы содержание азота уменьшилось. В почвах, удобряемых навозом, органического вещества и азота остается больше, чем в почвах, удобренных зелеными удобрениями. Отмечено также более высокое содержание азота в гуминовых кислотах, чем в фульвокислотах в опытах с удобрениями навозом.

Проводились исследования содержания общего азота, α -аминокислот и состава аминокислот методом жидкостной хроматографии в разных видах торфа, торфообразующих растениях и лигнине. Обнаружены количественные и в меньшей степени качественные различия в содержании и составе аминокислот в различных видах торфа и растений.

Во время симпозиума советские специалисты посетили Институт биохимии почв сельскохозяйственного центра ФРГ в г. Брауншвейге, директором которого является проф. Флайг. В институте советские ученые ознакомились с основным направлением и методами исследований и оборудованием. В институте нашу группу принимали ученые Зёхтиг и Залфелд. Основное направление исследований института — всестороннее изучение гумуса. Особое внимание уделяется вопросу образования гуминовых кислот из фенолов при участии микроорганизмов, исследованиями химии гуминовых веществ, а также изучению азота гумусовых веществ. Интерес представляет изучение связи между составом гумуса и плодородием почв. Эти работы предполагают проведение большого количества анализов по единой схеме с целью получения необходимых исходных данных для статистической обработки.

В качестве единой методики для характеристики гумусовых веществ предложен метод, изложенный Зехтигом и Залфелдом в докладе на III заседании симпозиума.

Определение всех параметров в указанной системе характеристики гумуса проводится автоматизировано, с незначительным использованием ручного труда. Все измерительные приборы включены в единый блок с записывающим устройством для подачи информации на компьютер. Использование вышеуказанной техники обеспечивает высокую производительность сложных анализов, связанных с фракционированием гумусовых веществ почвы и гидролизом соединений азота.

Большое внимание уделяется подготовке почвенных образцов к анализу. Сушку почвы проводят методом замораживания: вначале образцы в течение дня выдерживают при температуре -30° (шок — замораживание для фиксации биохимических процессов), затем переносят в помещение с температурой -15° , окончательное досушивание образцов проводят в вакуумном сушильном шкафу. Высушенные образцы почв после растирания хранят при температуре $+4^{\circ}$.

Анализ докладов, представленных на Международном симпозиуме, посещение Института биохимии почв показали, что в исследовательских коллективах многих стран мира настойчиво ведутся поиски приемов и методов, с помощью которых, с одной стороны, можно полнее познать природу органического вещества почв, пути его образования и трансформации, а с другой — выявить рациональные способы использования земель с повышением и расширением положительного действия гумуса в условиях интенсивного сельскохозяйственного производства.

В ряде докладов излагаются результаты фундаментальных исследований, проведенных на высоком методическом уровне с использованием современной аппаратуры и приборов, которые представляют большой интерес для ученых.

Большого внимания заслуживает опыт специалистов ФРГ по применению компьютерной техники в лабораторных исследованиях и перевод всей информации на перфокарты, что обеспечивает необходимый контроль за аналитическими данными, значительно упрощает и ускоряет сложные расчеты параметров характеристики гумуса, облегчает обобщение полученных данных.

Л. К. Шевцова