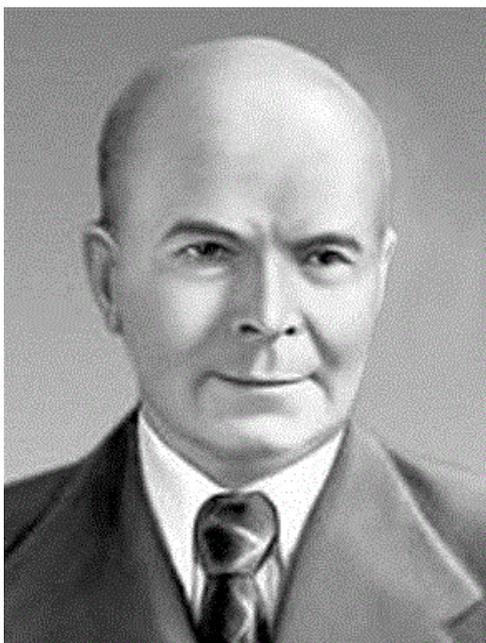


Казанский (Приволжский) федеральный университет
Общество почвоведов им. В.В. Докучаева
Институт проблем экологии и недропользования АН РТ

НАСЛЕДИЕ И.В. ТЮРИНА В СОВРЕМЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ В ПОЧВОВЕДЕНИИ

Материалы международной научной конференции
Казань, 15-17 октября 2013 г.



И.В.Тюрин (1892-1962)

Казань
2013

УДК 631.4
ББК 40.3

Печатается по решению Ученого совета Института фундаментальной медицины и биологии ФГБОУ ВПО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»

Наследие И.В. Тюрина в современных исследованиях в почвоведении:
Материалы Международной научной конференции. Казань, 15-17 октября 2013 г. – Казань: Изд-во “Отечество”, 2013. – 171 с.

ISBN 978-5-9222-0726-3

В сборник вошли статьи, посвященные современным подходам, методам исследования органического вещества почв и новейшим научным направлениям в генетическом почвоведении.

Сборник рассчитан на специалистов в области почвоведения, сельского хозяйства, геоэкологии и природопользования.

Редакционная коллегия: Б.Р.Григорьян, Д.В.Иванов, Е.В.Смирнова, А.А.Шинкарев

ISBN 978-5-9222-0726-3

© Казанский федеральный университет, 2013

© Институт проблем экологии и недропользования АН РТ, 2013

ГЛАЗАМИ ДОЧЕРИ Марина Оберландер

14 июля 1962

Вернувшись с пляжа, мы застали в комнате тети Зины папиного ученика, директора Никитского Ботанического сада, М.А. Кочкина. Чем мой дядя Костя, мой маленький кузен Миша и я были обязаны его визиту, мы не знали и потому очень удивились. Большой и добродушный Кочкин мило балагурил с тетей Зиной, и весь его вид придавал ее маленькой комнате еще больше тепла и уюта. Кочкин крепко расцеловал меня в обе щеки, пожал дяде Косте руку и сказал повелительным тоном:

– Мариша, собирай чемодан. Маман приказала срочно доставить тебя в Москву.

Я остолбенела. Каникулы мои в Евпатории и так уже подходили к концу. Билет на поезд был куплен, и я должна была выезжать через сутки. Мамин брат Константин с сыном Мишей возвращались на свой Донбасс днем позже. Чего ради такая спешка?

Дядя Костя вежливо выразил свою досаду вслух.

Кочкин встал и потянул дядю Костю за рукав вон из комнаты.

– Собирайся, самолет ждать не будет, напомнил мне он.

Ничего толком не понимая, но, чувствуя, что решение относительно меня окончательное и обжалованию не подлежит, я принялась аккуратно складывать свои купальники и майки в чемодан. Тетя Зина усердно мне помогала, приговаривая, что на самолете лететь куда лучше, чем трястись почти тридцать часов на поезде, и что уже сегодня я обниму маму, которую не видела почти месяц.

– И папу. И дедушку, – добавила я.

– Да-да, конечно, – подтвердила она.

Через четверть часа, когда Кочкин с дядей вернулись в комнату, чемоданчик мой был уже уложен и защелкнут на оба замка. Миша цеплялся за меня и канючил:

– Не хочу, чтоб Марыся уезжала!

Тетя Зина ласково гладила его по голове.

Недовольство дяди Кости резко сменилось грустной суетливостью. Он толкался из угла в угол, спрашивал, готова ли я, хватал мой чемодан и ставил его обратно на пол, и все время повторял:

– Не беспокойтесь, я завтра же билет сдам, деньги вышлю, не беспокойтесь...

Наконец, схватив в очередной раз чемодан и уже не выпуская его из рук, он поцеловал меня и напутствовал:

– Слушайся Михаила Алексеевича. Маму поцелуй.

– И папу, – добавила я.

– И папу, – почему-то глядя в сторону, сказал он.

Сели на дорожку. Тетя Зина меня перекрестила, и мы вышли на улицу. Жаркое евпаторийское солнце уже перевалило за полдень и косо пробивалось сквозь листву платанов и кипарисов. Кочкин галантно распахнул передо мной дверцу директорской «Волги». Я уселась на заднее сиденье, тщательно расправив складки своего белого в голубую полоску платица, ощущая себя почти принцессой. Кочкин утвердился рядом с водителем. Подскакивая на трамвайных путях, машина вырулила на шоссе и понеслась по алеющей маками степи к Симферополю.

До самолета оставалось еще порядочно времени, и Кочкин повел меня в ресторан. Есть мне не хотелось, но из уважения к нему я попросила пирожное и чай. Кочкин заказал себе шашлык, который запивал «Боржоми». Болтали мы о всякой чепухе. Я спрашивала его, когда он привезет своих детей к нам в гости, а он меня – когда я, наконец, сподоблюсь приехать с мамой и посмотреть Ботанический сад.

– Скоро, – пообещала я. – Может статься, даже этой осенью. И с папой.

– Да- да, и с папой, – задумчиво протянул он.

В самолете я играла с соседом в шахматы. Соседу было лет двадцать пять. И мне ужасно льстило, что такой красивый белозубый блондин согласился на партию с пигалицей. Кончилось тем, что я его обыграла. Наверное, он играл в шахматы еще хуже, чем я...

Чрезвычайно гордая собой, я сбежала по трапу на землю и помчалась к маме, которая уже махала мне рукой. Рядом с ней стоял ее двоюродный брат Николай и папин водитель Григорий Иванович.

«Почему дядя Коля приехал меня встречать?» – удивилась я, но это было приятно. Дядю Колю я очень любила.

Сели в машину и поехали из «Внуково» домой. Я оживленно рассказывала о своих дорожных впечатлениях, о Евпатории, о том, какие ракушки и камешки я насобираала, чтобы сделать папе в подарок шкатулку. Ведь в ноябре ему исполнялось 70 лет!

– А папа уже дома? Или в «Узком»? А дедушка? (Когда, я уезжала в Евпаторию, они оба были в больнице).

– Папу будем хоронить завтра. А дедушку похоронили две недели назад, – сказала мама.

– То есть, как хоронить? Ты что, хочешь сказать, что папа... умер? – не поверила я.

То, что почти одновременно с отцом ушел из жизни и мой обожаемый дед, в моей детской голове еще не уложилось.

– Да, детка, – повторила мама, – позавчера.

Так 14 июля 1962 года кончилось мое счастливое детство. Мне было неполных тринадцать.

* * *

Всеобщий любимец

Его день рождения мы праздновали 2 ноября. И всегда готовили пельмени. По его собственному рецепту. Он и лепил их сам, уютно устроившись у большого обеденного стола, на котором мать раскатывала тесто. В нашей семье эта традиция сохранилась, до сей поры. Я любила ему помогать, и мне нравилось у него учиться. Когда он рисовал, я пристраивалась рядом, и он тогда привез мне из Чехословакии акварельные краски. Когда я захотела фотографировать, он отдал мне свой «Кодак». Потом подарил мне вечное перо. Мы вместе лепили пельмени и вместе расписывали к Пасхе яйца. После пятого класса, вместо «практики» на пришкольном участке, я месяц проработала на его опытной станции в Снегирах.

Официальная биография повествует, что И.В. Тюрин родился 21 октября 1892 года (по старому стилю) в деревне Верхние Юшады Мензелинского уезда Уфимской губернии. Это не совсем верно. В Верхних Юшадах его крестили, поскольку там была ближайшая церковь, а появился он на свет пятым, предпоследним ребенком Владимира Ивановича и Анастасии Васильевны Тюриных, в доме своих родителей, одиноко стоявшем посреди арендуемого ими земельного надела в 217 десятин недалеко от маленького селения Нижний Тимерган. К концу XIX века из-за истощения почв и сильного падения цен на зерно в результате невыгодного для России договора с Германией хозяйство пришло в упадок, и от аренды пришлось отказаться. В 1899 году семья переехала в Мензелинск, где Владимир Иванович приписался к мещанскому обществу города и получил в пользование мещанский земельный надел. После его скоропостижной кончины в 1901 году на руках у Анастасии Васильевны осталось четверо несовершеннолетних сыновей (старшая дочь Полина (р. 1879) уже была замужем, а сын Александр (р. 1882) учился в Богородицком сельскохозяйственном училище). Ивану было девять лет, его младшему брату Петру пять.

Благодаря настояниям матери, все дети получили начальное образование. В силу же собственных способностей и усердия, дочь окончила прогимназию и стала учительницей, а трое сыновей – Александр, Иван и Петр – смогли продолжить обучение на стипендии от Мензелинского уездного земства и впоследствии получили высшее образование, профессорские звания и докторские степени. Мой отец стал академиком.

Закончив в 1912 году с отличием Самарское среднее сельскохозяйственное училище и полностью возместив земству затраченную на его образование сумму (на протяжении учебы во время летних каникул отец работал агрономом по найму), он поступил в Петровскую (ныне Тимирязевскую) сельскохозяйственную академию. В 1916 году, добровольно прервав учебу и пройдя шестимесячный ускоренный курс в Сергиевском артиллерийском училище в Одессе, отец ушел на фронт Первой мировой войны в чине прапорщика. Участвовал в Брусиловском прорыве, был контужен, но остался в строю. Осенью того же года к нему присоединился младший брат Петр, и

дальше они воевали в одном дивизионе. Войну отец завершил в 1918 году подпоручиком и кавалером трех орденов Св. Анны (4 ст. с надписью «За храбрость», 3 ст. с мечами и бантом, 2 ст. с мечами) и ордена Св. Станислава 2 ст. с мечами. Был представлен к званию поручика и к Георгиевскому оружию, но получить ни того, ни другого не успел. Вернувшись в Академию весной 1918 года, он закончил ее в 1919 году.

Еще студентом отец начал научно-исследовательскую работу по почвоведению у академика В.Р. Вильямса, а по органической химии у профессора – впоследствии академика – Н.Я. Демьянова. Чтобы попасть в лабораторию к Демьянову, надо было выдержать своеобразный экзамен. Демьянов требовал, чтобы опыты с реактивами производились... во фраке, и посадившего на фрак пятно в ученики не брал. Фрачной пары у отца, естественно, не было, и он взял ее напрокат. Экзамен он выдержал на «отлично».

Отец вообще отличался необыкновенной аккуратностью и пунктуальностью. Об этом можно судить по его бисерному, но абсолютно понятному почерку, по его изобилующим деталями акварелям, по тому, как он рассчитывал время, чтобы никуда не опоздать, по составляемому им на текущий день списку дел, которые надо было сделать, по тому, как он брился. Рано начав лысеть, он стал бриться наголо, но у него была настолько красивая форма головы, что это его не только не портило, но даже придавало ему определенный, никому более не присущий шарм. Процесс бритья меня просто завораживал, потому как совершался предварительно заточенной опасной бритвой, при этом по окончании на голове не было ни малейшей царапины.

Природа наделила его щедро и не одним талантом. Он мог стать музыкантом, художником, фотографом, столяром-краснодеревщиком. Он и был всеми ими: играл на виолончели и сам сделал скрипку; писал акварелью; фотографировал (в его коллекции была добрая дюжина фотоаппаратов разных поколений) и сконструировал увеличитель, который позволял работать как с узкой, так и с широкой пленкой; антикварную мебель в квартире ремонтировал сам, никому не доверяя. Но главной его страстью было почвоведение.

Читая его скупую автобиографию (где ни слова нет о личной жизни), остается только удивляться, сколько энергии он отдавал любимому делу. После окончания Академии он работает в двух Казанских ВУЗах, организует кабинет и лабораторию почвоведения в Институте сельского хозяйства и лесоводства, создает кафедру почвоведения с музеем и лабораторией в Университете, параллельно ведет научно-исследовательскую работу, ездит в экспедиции по Татарии и Чувашии. В 1927 году принимает участие в 1-м Международном почвенном конгрессе в США (об этом путешествии сохранился детальный отцовский отчет в виде дневника и двух альбомов с фотографиями, которые я бережно храню), в 1929 году знакомится с работой почвенных институтов в Германии, Голландии и Англии.

С 1921 года рядом с ним его первая жена и преданная помощница, Елизавета Ивановна (урожденная Кулеш). Вместе они проживут 24 года. Из

Казани переедут в Ленинград, где отпразднуют выход «Курса почвоведения» и присуждение отцу в 1935 году степени доктора геолого-минералогических наук по разделу почвоведение. В декабре 1941 года будут эвакуированы из блокадного города в Красноярск и вернутся в свою чудом уцелевшую и благодаря заботе своей «домоправительницы», бывшей монахини Варвары Борисовны, неразоренную квартиру в Лесном в конце 1944 года. А в начале июня 1945 года Елизавета Ивановна уйдет из жизни, не оставив потомства.

В августе отец отправится в командировку на базу Академии наук на Кольском полуострове, где встретит свою вторую любовь, 27-летнюю сотрудницу базы, Галину Михайловну Савченко, которая в декабре станет его женой.

Их почтовый роман насчитывает 101 письмо. И почти на каждом стоит штамп: «просмотрено военной цензурой». Впрочем, молодых влюбленных это не особенно заботит, о своих чувствах они говорят прямо и открыто. Получив от *Галюси* долгожданное признание, *Джонни* пляшет в парке польку, о чем тут же, в ответном письме ей и повествует. Когда же *Галюся* начинает по его настоянию готовиться в аспирантуру, он «для практики» пишет ей по-немецки...

После избрания отца членом-корреспондентом Академии наук СССР в декабре 1946 года, его все более настойчиво стали уговаривать занять пост директора Почвенного института. Возглавлявший в то время институт академик Леонид Иванович Прасолов начал сдавать и стремился передать свои обязанности «*в испытанные и надежные руки*». Отец, заведовавший двумя кафедрами почвоведения в Ленинграде – в Лесотехнической академии и в Университете – имевший свою лабораторию и преданных сотрудников, покидать Ленинград не хотел; кроме того, он понимал, что его переезд в Москву может оказаться «*слишком дорогим*» для Академии: ведь ему в этом случае полагалась квартира. Да и ряда сотрудников он лишиться не мог, а получить в Москве жилье и для них было почти невозможно. Переписка с Прасоловым продолжалась до начала 1949 года, обе стороны стояли на своем и не сдавались. И тут, следом за прасоловским (от 2 января) пришло письмо от Бориса Борисовича Польшова (от 3 января).

«Дорогой Иван Владимирович!

Все мы (единогласно) обсудив положение в институте пришли к заключению, что в это трудное время выручить нас и институт можете только Вы – если Вы согласны взять на себя руководство институтом – Ваше решение теперь особенно необходимо так как именно теперь легко решить вопрос и об квартире. Дорогой мой Иван Владимирович, ради Бога не отказывайтесь – это для нас единственный выход из тяжкого положения – поймите, что надо в полном смысле этого слова спасти науку от «Квислингов». Я чувствую себя очень плохо.» (Пунктуация оригинала сохранена: *Прим. авт.*)

В июне 1949 года постановлением Президиума Академии наук отец был назначен директором Почвенного института и вступил в должность 8 июля. До

получения ордера в марте 1951 года на квартиру, отец, по его шутливому высказыванию, жил в вагоне поезда «Красная стрела». Я родилась, когда он был в Москве. По жестокой иронии судьбы из этой квартиры в 1949 году увели на смерть академика Якуба Оскаровича Парнаса.

В 1953 году отца избрали академиком АН СССР, в 1956 – Польской Академии, а в 1957 году – АН ГДР. Он много ездил и по стране, и за рубеж. В 1960 году возглавлял советскую делегацию на 7-м Международном почвенном конгрессе в США. А вскоре после этого его любимый институт, которому он отдал более 30 лет жизни и деятельности, передали из Большой Академии в ВАСХНИЛ. По меткому замечанию академика Владимира Александровича Энгельгардта, у Отделения биологических наук отрезали ноги и заставили его танцевать в беспочвенной обстановке.

Я никогда прежде не видела отца в таком состоянии. Он всегда был ровен, выдержан, и даже если его лицо сохраняло серьезное выражение, глаза смеялись. А тут он метался по квартире как загнанный зверь, и мы, чада и домочадцы, забившись по углам, молили Бога только об одном: чтобы он успокоился. Этот удар ускорил его и без того безвременный уход (неправильно поставленный диагноз и вытекающее из него «лечение» спровоцировали стремительное развитие настоящей болезни). Но – *«не все ли равно где работать»* – весной 1962 года он начал готовиться к поездке в Новую Зеландию... На рассвете 12 июля он скончался.

Посмертному изданию трудов отца и отечественная, и мировая наука обязана его вдове и моей матери, Галине Михайловне Тюриной. Преодолев мышиную возню, затеянную его недругами и даже некоторыми недавними сподвижниками, которые всячески препятствовали увековечению его памяти, она проделала поистине титаническую работу, собственноручно собрав и отредактировав все тексты. Подключила она к этой работе и меня. Приобретенный редакторский опыт позднее очень мне пригодился.

Отец любил своих братьев, особенно меньшего – Петра, ставшего ихтиологом и старшего – Александра, известного лесоведа, с которым его связывали и научные интересы. Забавно, что отец заведовал кафедрой в Лесотехнической академии – бывшем Лесном институте, который Александр Владимирович закончил в 1909 году и впоследствии от предложенной ему там другой кафедры отказался. В 1943-44 гг. братья вместе работали во Всесоюзном институте лесного хозяйства в г. Пушкино и даже жили в одном доме. Александр Владимирович Тюрин пережил младшего брата на 17 лет.

Научная деятельность отца хорошо известна и настолько полно освещена его коллегами в 10-м номере журнала «Почвоведение» за 1992 год (к 100-летию со дня его рождения), что мне нет нужды писать об этом. Моей задачей было осветить хотя бы малую часть другой, известной теперь уже только мне, натуры этого удивительного человека, так мило прозванного Зинаидой Юльевной Шокальской *«всеобщим любимцем»*.

И.В.ТЮРИН И АКТУАЛЬНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ УЧЕНИЯ ОБ ОРГАНИЧЕСКОМ ВЕЩЕСТВЕ ПОЧВ В 21 ВЕКЕ¹

Семенов В.М.¹, Когут Б.М.²

¹*Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,
Пушкин, v.m.semenov@mail.ru*

²*Почвенный институт им. В.В. Докучаева Россельхозакадемии, Москва
kogutb@mail.ru*

Научная деятельность И.В.Тюрина стала эпохой в развитии учения об органическом веществе и гумусе почв, а его идеи, получившие всемирное признание, послужили основой для возникновения ряда новых направлений в почвоведении и в смежных науках. Особое место занимает монография "Органическое вещество почв и его роль в почвообразовании и плодородии" [4], ознаменовавшая переход от доминировавшей ранее химической теории образования и состава гумуса к био-химической, эволюционировавшей в начале XXI века в эко-био-физико-химическую. С именем И.В.Тюрина связано и изменение агрономической парадигмы органического вещества на экологическую, по которой органическое вещество почвы является комплексным, динамичным и эмерджентным компонентом экосистемы, резервуаром энергии, углерода, биофильных элементов и биоразнообразия.

Особенностью исследований почвенного органического вещества, как справедливо отмечено М.М.Кононовой [2], является «наличие многочисленных противоречий во взглядах, заставляющих неоднократно возвращаться к пересмотру даже основных положений, касающихся самого факта существования гумусовых веществ, их природы, путей образования». Действительно, в современной теории почвенного органического вещества, наряду со многими классическими постулатами, возникли новые концепции, основанные на достижениях естественных наук, совершенствовании исследовательских подходов и инструментально-технической базы, изменении приоритетов в ответ на новые проблемы и вызовы. Происходит переосмысление ряда незыблемых ранее представлений о структуре и молекулярной организации почвенного органического вещества, природе процессов и агентах его трансформации, уточняется известная и вводится терминология, более адекватная новым знаниям. Рассмотрим некоторые положения, сформулированные И.В.Тюриным, с позиций современных представлений.

По И.В.Тюрину *«органическая часть почвы представлена различными формами органического вещества, частью живого – в виде корней растений, тел микроорганизмов и почвенных животных, а большей частью мертвого – в виде остатков организмов и главным образом в виде специфических биокосных гумусовых веществ»*. А почвенный гумус – *«это сложный и динамический комплекс, включающий многочисленные и разнообразные по химической природе соединения неразложившихся остатков растений, животных, живой*

¹ Работа выполнена при поддержке РФФИ. Проекты № 11-04-00364-а и № 11-04-00284-а.

и мертвой микробной биомассы, промежуточные продукты распада сложных органических групп и гуминовые вещества – продукт своеобразных процессов физико-химического и внеклеточного ферментативного синтеза, значительная часть которых образует комплексы физико-химического и химического характера между собой и с минеральной частью почвы». По одному из более поздних определений органическое вещество почвы – это «вся совокупность органических соединений и органических материалов растительного, животного и бактериального происхождения, независимо от того, являются ли эти соединения природными или синтетическими» [3]. Эти определения в целом согласуются и с современным. Под органическим веществом почвы подразумевается континуум отдельных частиц и ансамблей биомолекул частично и полностью трансформировавшихся остатков биоты, которые отличаются по размеру, массе, химической структуре, возрасту, питательной ценности и доступности микроорганизмам, имеют разную природу и прочность внутренних и внешних химических связей, характеризуются объемной конфигурацией и пространственной неравномерностью расположения в конгломерате минеральных частиц.

В первой половине XX столетия преобладали химические способы выделения индивидуальных веществ и фракционирования гумуса. Широкую известность получила схема определения групп гумусовых веществ, разработанная И.В.Тюриным, которая с небольшими модификациями используется и в настоящее время. Однако использование только химических процедур фракционирования дает одностороннее представление о состоянии почвенного органического вещества и не раскрывает механизмы физической и биологической защищенности органических компонентов, активность их участия во внутрисочвенных процессах. Поэтому к настоящему времени предложено большое число способов разделения органического вещества на фракции и пулы. По гранулометрическому составу органическое вещество почвы подразделяется на фракции, входящие в состав песка, пыли и глины; по массе частиц – на легкую и тяжелую фракции; по растворимости в различных (вода, щелочи, кислоты, органические растворители) средах – на растворимые (экстрагируемые) и нерастворимые фракции; по степени доступности микроорганизмам – на незащищенное и защищенное; по способности к трансформации и регулированию агротехническими приемами – на трансформируемый и инертный пулы; по возрасту – на пулы молодого (современного) и старого органического вещества; по изменчивости и чувствительности к природным и антропогенным факторам – на лабильный и стабильный пулы; по времени оборачиваемости – на активный, промежуточный и пассивный пулы.

Исследуя основные направления процессов превращения органических остатков в почве, И.В.Тюрин отмечал, что «процессы распада сопровождаются противоположными процессами синтеза веществ, составляющих клетки микробов». При этом «образующиеся в результате микробного синтеза вещества отличаются значительно более высоким

процентом азота по сравнению с растительными остатками», что объясняет «относительное увеличение содержания азота в почвенном гумусе». Микробная биомасса после отмирания подвергается тем же превращениям, что и исходные органические материалы, а «продукты аутолиза могут вступать в разнообразные химические и физико-химические реакции с другими органическими соединениями и с минеральной частью почвы». Эти положения И.В.Тюрина хорошо согласуются с развивающимся представлением о микробном происхождении гумуса, тогда как растительные остатки представляются субстратом для почвенных микроорганизмов. Рассчитано, что при соотношении живой микробной биомассы к отмершей биомассе равном 40 и содержании углерода микробной биомассы в почве ~2% от Сорг, почти 80% почвенного органического вещества состоит из микробных метаболитов и остатков микробной биомассы.

Оригинальность разработок И.В.Тюрина хорошо иллюстрируется заочной полемикой с другим выдающимся исследователем почвенного органического вещества С.Ваксманом. По С.Ваксману [1] «органические вещества почвы представляют собой не смесь таинственных соединений, требующих специальных названий, как «гуминовые тела», но включают в себя химические комплексы, происходящие или из растительных остатков или из микроорганизмов». И.В.Тюрин, наоборот, считал, что «наряду с микробиологическими процессами разложения и микробного синтеза в почве идут процессы и другого рода, обязанные способности ряда органических веществ к реакциям частичного окисления, полимеризации и уплотнения, или взаимной конденсации, в результате которых возникают более устойчивые к разложению высокомолекулярные соединения, имеющие характер гуминовых веществ». С.Ваксман говорил о гумусе «не как о единой группе комплексов, но скорее как о состоянии вещества, различном в разных условиях образования». И.В. Тюрин приходит к выводу, что «как по способу своего образования, так и по своей природе, гуминовые вещества, представляют характерные для почв соединения, наличие которых отличает гумус от неизмененного вещества растений, животных и микроорганизмов, поэтому процессы их синтеза вправе выделить в особую категорию процессов гумификации». Если С.Ваксман видел в гуминовых веществах «не определенные химические соединения, но просто препараты, полученные особыми способами», то И.В.Тюрин подчеркивал, что под гуминовой кислотой «следует подразумевать целую группу высокомолекулярных соединений, имеющих несколько различный состав, но обладающих рядом общих свойств и известным общим типом строения».

Тюринская концепция гуминовых веществ доминировала на протяжении всей второй половины XX века. Было установлено, что гуминовым веществам присущи полидисперсность, гетерогенность, биофильность, полифункциональность, конформация, реактивность, амфифильность, набухание, регенерация, эмерджентность, поглотительная и комплексообразующая способность, специфическая окраска. Они демонстрируют свойства полиэлектролита, аморфны и способны подвергаться

стеклованию. По Д.С. Орлову с соавторами [3] гуминовые вещества – это «совокупность веществ, образующихся в процессе разложения и трансформации растительных и живых остатков, не имеющих аналогов в живых организмах и отличающиеся темной окраской, полидисперсностью, высокими молекулярными массами и высокой биотермодинамической устойчивостью». Широкое распространение получило определение гуминовых веществ как высокомолекулярных, специфических, стабильных, обогащенных гетероциклическим азотом, темноокрашенных гетерополимеров с ароматической центральной или распределенной ядерной частью и совокупностью алифатических компонентов, образующих периферическую часть, растворимых (гуминовые кислоты, фульвокислоты) и не растворимых (гумин) в щелочных/кислотных средах. Однако такого рода представления стали противоречить результатам современных исследований структуры нативного органического вещества, механизмов формирования гуминовых веществ и динамики их поведения в природных средах, в том числе в почве. Молекулярная масса гуминовых веществ оказалась не больше, чем у известных растительных и микробных биополимеров. Не получено никаких строгих доказательств, что реакции полимеризации и поликонденсации катализируются экзоферментами почвенных микроорганизмов. В гуминовых веществах не обнаружено новых или специфических структурных групп, каковых не было бы в молекулах предшественников растительной или микробной природы. Доля азота гетероциклов в гуминовых веществах в действительности ниже, чем считалось ранее, а амидного азота – существенно выше. Ядерное расположение ароматических структур в гуминовых веществах может быть результатом присутствия микрочастиц «черного углерода» (black carbon) или развития гидрофобных взаимодействий с ориентацией гидрофильных групп в направлении водной фазы и кластеризацией гидрофобных, преимущественно ароматических групп, в центре гуминовой фазы. Постулируемая стабильность гуминовых веществ не столько приобретенное их свойство, сколько результат исходной прочности биомолекул, входящих в состав, окклюирования самих гуминовых веществ минеральными частицами или несоответствия набора ферментов, продуцируемых микроорганизмами, всей совокупности гуминовых новообразований, каждое из которых уникально по компоновке индивидуальных соединений. В почвенном органическом веществе идентифицированы ранее не известные вещества (например, гломалин, гидрофобины) с характеристиками, сходными гуминовым веществам. Учитывая недостатки полимерной модели гуминовых веществ, в конце XX века была предложена супрамолекулярная модель их организации, базирующаяся на положениях супрамолекулярной химии Нобелевского лауреата Жана Мари Лена. В рамках этой модели гуминовые вещества являются супрамолекулярными агрегатами (ансамблями), формирующимися самопроизвольной сборкой из разного количества геометрически и химически подобных фрагментов индивидуальных мономеров сравнительно низкой молекулярной массы растительного и микробного происхождения в

упорядоченную фазу, удерживаемую невалентными взаимодействиями (ароматические π - π и гидрофобные взаимодействия, силы Ван-дер-Ваальса, электростатические и водородные связи). Допускается, что в природных объектах гуминовые вещества находятся одновременно в виде макромолекулярных полимеров и супрамолекулярно организованных мономеров, макромолекулярные полимеры гуминовых веществ обладают некоторыми свойствами супраструктур или объединяются в агрегаты, а между мономерами супрамолекул возможно образование ковалентных связей.

Уместным будет упомянуть исследование И.В.Тюриным природы фульвокислот и неэкстрагируемого остатка (гумина) [5]. Фульвокислоты по его мнению являются *«существенной составной частью гумуса»* и представляют собой остающиеся в растворе после осаждения гуминовых кислот *«высокомолекулярные оксикарбоновые (и содержащие азот) кислоты, отличающиеся от группы гуминовых кислот светлой окраской, значительно более низким содержанием углерода, растворимостью в воде и в минеральных кислотах и более значительной способностью к кислому гидролизу»*. Гумин – *«не растворимая в щелочи фракция гуминовых веществ и не определенные соединения другой категории, типа гумифицированного лигнина и кутина»*. В настоящее время реальность существования фульвокислот оспаривается, либо к ним относят ассоциации небольших по размеру гидрофильных молекул в отличие от гуминовых кислот, которые компонуется преимущественно из гидрофобных соединений. В свою очередь имеются доказательства, что состав гумина не соответствует классическому определению гуминовых веществ, и эту фракцию следует рассматривать как смесь идентифицируемых биологических молекул растительного материала, представляющих преимущественно устойчивые неполярные компоненты, находящиеся в тесной ассоциации с минеральными коллоидами почвы. Можно предположить, что при химическом фракционировании в составе гумина содержится и черный углерод.

И.В. Тюрин выделял несколько характерных групп связи гумусовых веществ с минеральной частью почвы: *«гумусовые вещества в форме гуматов сильных оснований, в форме «гуматов» и смешанных гелей с гидроокисями алюминия и железа, и в форме комплексных органо-минеральных соединений с алюминием, железом, фосфором и кремнием»*. Впоследствии стало подразумеваться, что первоначально образуются гуминовые вещества и лишь потом с их участием гуматы и органо-минеральные комплексы. В современных моделях допускается образование катионных мостиков между отрицательно заряженными функциональными группами индивидуальных органических соединений и отрицательно заряженными частицами минералов, а химически активная поверхность почвенных минералов рассматривается как место самосборки гуминовых веществ по типу супрамолекулярных ансамблей. В последние годы получила распространение концепция негумификационной стабилизации органических остатков в почве вследствие различных физических и физико-химических процессов и явлений без существенного химического взаимодействия между биомолекулами. Допускается, что в результате

цементации, обугливания, инкрустации, окклюзии, седиментации, сорбции, коагуляции, флокуляции, инкапсуляции, комплексации, интеркаляции, заземления биомолекул в микропорах органическое вещество в виде отдельных частиц или в растворенном состоянии краткосрочно или длительно, частично или полностью может становиться недоступными для разложения микроорганизмами.

Рассматривая условия накопления органического вещества в почвах И.В.Тюрин отмечал, что *«при известных постоянных условиях в отношении поступления и разложения накопление органического вещества в почвах имеет предел, выше которого накопление невозможно»*, а величина предельного накопления гумуса определяется *«размерами ежегодного прихода органических остатков, коэффициентом разложения этих остатков и коэффициентом разложения самого гумуса»*. Этот вывод исключительно актуален в настоящее время, как с точки зрения воспроизводства почвенного органического вещества, так и в рамках современной стратегии почвенной секвестрации углерода – перевода избытка атмосферного углерода через биомассу растений в состав почвенного органического вещества с минимальным риском немедленного возвращения в атмосферу. Развитием идей И.В.Тюрин стало определение характера динамики органического вещества после вовлечения целинных почв в земледелие и в условиях длительного их использования в культуре, разработка положений о минимальных, модальных и максимальных уровнях обеспеченности почвы органическим веществом, а также насыщении почвы органическим веществом. Эти разработки чрезвычайно важны при оценке роли почвы как источника, стока и резервуара парниковых газов и при выборе углеродсеквестрирующих агротехнологий. Показано, что пределы аккумуляции органического углерода в почве зависят не только от количества и качества поступающего органического материала, факторов окружающей среды, но и от способности почвы стабилизировать трансформирующее органическое вещество, которая зависит от минералогического и гранулометрического состава, а также скорости оборачиваемости агрегатов. Поэтому целью регулирования динамики органического вещества в почве должно быть не просто обеспечение его максимального накопления, а поддержание баланса между минерализацией и стабилизацией, между поступлением в резерв и текущим использованием микроорганизмами.

Говоря об органическом веществе почвы И.В.Тюрин подчеркивал, что *«вся эта система динамична по своей природе и в ней непрерывно происходят изменения, причем масштаб этих изменений, очевидно, находится в обратном соотношении с величиной общего запаса гумуса в почве»*. В рамках современной экологической концепции наиболее актуальным выглядит исследование зависимостей процессов стабилизации – дестабилизации почвенного органического вещества от факторов окружающей среды на уровне экосистемы, чем его внутренней химической структуры на молекулярном уровне, изучение динамики органического вещества, чем его возраста, определение кинетических параметров оборачиваемости почвенного органического вещества, чем статических показателей его содержания.

Текущее столетие – это проблемы глобальных изменений природной среды и климата, дефицита продовольствия и энергии, утраты биоразнообразия

и устойчивости экосистем, дефорестизации и деградации почв. В этом же ряду стоит проблема превышения «углеродного бюджета человечества», тесно связанная с дегумусированием почв и разбалансированием биогеохимических циклов углерода и азота. Научное объяснение причин этих проблем и выработка стратегий смягчения последствий их проявления – одна из ключевых задач современного почвоведения и исследований органического вещества почвы.

Литература:

1. Ваксман С.А. Гумус. Происхождение, химический состав и значение его в природе. М.: ОГИЗ - СЕЛЬХОЗГИЗ, 1937. 471 с.
2. Кононова М.М. Органическое вещество почвы. Его природа, свойства и методы изучения. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 314 с.
3. Орлов Д.С., Бирюкова О.Н., Суханова Н.И. Органическое вещество почв Российской Федерации. М.: Наука, 1996. 256 с.
4. Тюрин И.В. Органическое вещество почв и его роль в почвообразовании и плодородии. Учение о почвенном гумусе. М.-Л.: Сельхозгиз, 1937. 287 с.
5. Тюрин И.В. Органическое вещество почвы и его роль в плодородии. М.: Наука. 1965. 320 с.

КАЗАНСКИЙ ПЕРИОД ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И.В. ТЮРИНА И ИСТОРИЯ
СОЗДАНИЯ КАФЕДРЫ ПОЧВОВЕДЕНИЯ КАЗАНСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Григорьян Б.Р., Кулагина В.И.

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань

Boris.Grigoryan@ksu.ru

В 2013 году кафедре почвоведения Казанского университета, а ныне Казанского (Приволжского) федерального университета, исполнилось 85 лет. Это знаменательная дата, связывающая воедино множество исторических событий и имен. Возникает естественное желание почтить память людей, которые вложили свой ум, энергию и, наконец, душу, а иногда и жизнь в развитие кафедры. Долг нынешних преподавателей и студентов перед прошлыми поколениями кафедры помнить об их достижениях и заслугах.

Дальнейшее развитие научных исследований и методологии образовательных программ невозможно без знания истории научных школ и образовательных методик, применявшихся в процессе становления кафедры.

Однако работ, посвященных кафедре почвоведения, кроме маленьких заметок и справочников, почти нет.

Заслуга создания кафедры принадлежит Ивану Владимировичу Тюрину, хотя предпосылки для ее создания сложились гораздо раньше.

В ноябре 1804 г. были подписаны «Утвердительная грамота» и «Устав Казанского императорского университета». По уставу в отделении физических и математических наук открылась кафедра сельского домоводства.

В 1813 г. началось преподавание сельского хозяйства и лесоводства профессором технологии Ф.Л. Брайтенбахом. Лекции читались на немецком

языке. По заключению ревизии Казанского университета, возглавляемой М.Л. Магницким, Ф.Л. Брайтенбах был уволен.

В 1815-1822 годы, кафедре технологии сельского домоводства возглавлял адъюнкт Алексей Иванович Лобачевский – брат будущего ректора Казанского университета Н.И. Лобачевского. Лекционные курсы он разрабатывал, пользуясь руководством Гербштейна (на немецком языке).

Начиная с 1823 г. кафедра оставалась вакантной. С 1835 г. на 2-ом отделении философского факультета все агрономические дисциплины объединены в «технологии сельского хозяйства, лесоводства и архитектуры». Преподавание по этой специальности велось факультативно.

С 1841 г. на кафедре сельского домоводства принят в качестве экстраординарного профессора Петр Андреевич Пелль (1807-1861). Лекции по сельскому домоводству начали читаться для всех желающих как математического, так и прочих факультетов. С 15 апреля 1842 г. П.А. Пелль был отправлен, по распоряжению попечителя Мусина-Пушкина, в учебно-агрономическое путешествие по губерниям Казанской, Симбирской, Нижегородской, Вятской и Оренбургской, и пробыл в нем 4,5 месяца.

В 1844 г. на юридическом факультете по инициативе П.А. Пелля открылось отделение камеральных наук, куда и была переведена кафедра сельского домоводства. В распоряжение кафедры прикомандирован для чтения публичных лекций по агрономии Игнатий Федорович Якубовский (1820-1851), который через год отправлен по поволжским губерниям для ознакомления с положением в них сельскохозяйственного промысла. В 1846 г. он переведен в Киев.

После ухода П.А. Пелля по состоянию здоровья университет вел переговоры с А.В. Советовым, приход которого в 1859 году в казанский университет не состоялся в связи с приглашением его в Петербургский университет.

В 1860 г. на кафедру пришел сотрудник Казанской духовной академии Ефим Степанович Фальков, который сразу же был избран редактором «Записок Казанского экономического общества». Он представил широкую программу организации теоретических курсов и летних производственных практик. Департамент сельского хозяйства предоставил университету часть опытного поля фермы «Горки».

В 1863 г. принят новый Устав университета. Отделение камеральных наук закрыто. Одновременно на физико-математическом факультете открыта кафедра агрономической химии с возможностью ее замены кафедрой агрономии. Заведование кафедрой поручено ординарному профессору А.К. Чугунову. Три года, начиная с 1866 г. лаборантом на этой кафедре по рекомендации А.М. Бутлерова работал будущий известный химик А.М. Зайцев. По уставу 1863 г. при кафедре утверждена должность хранителя музея, на которую в 1868 г. назначен Григорий Алексеевич Руднянский, вскоре получивший звание приват-доцента и приступивший к чтению лекций по

агрономической химии. В 1870 г. он перешел в Новоалександринский институт сельского хозяйства и лесоводства.

В 1870 г. кафедру закончил Василий Иванович Сорокин. По рекомендации профессора химии В.В. Марковникова он направлен на стажировку в Петровскую земледельческую и лесную академию. По окончании стажировки был оставлен профессорским стипендиатом и откомандирован в 1873 г. в С.-Петербургский университет для занятий у профессора А.С. Фаминицына в области физиологии растений. Одновременно он слушал лекции А.М. Бутлерова и Д.И. Менделеева. В декабре 1874 г. В.И. Сорокин защитил диссертацию «Усвоение азота, азотнокислых и аммиачных соединений растениями» и утвержден приват-доцентом по агрономической химии. В 1880 г. В.И. Сорокин защитил диссертацию на степень магистра химии, а в 1887 г. – докторскую диссертацию. С 1881 г. В.И. Сорокин ординарный, с 1888 г. – экстраординарный профессор, а с 1889 г. - заслуженный профессор кафедры агрономической химии.

В 1884 г. принят новый устав университета. Кафедра агрономической химии заменена кафедрой агрономии. В связи с этим В.И. Сорокин изменил программу преподавания. Курсы читались для студентов зоолого-ботанического отделения.

В 1896 г. вышла из печати первая почвенная карта Казанской губернии в масштабе 10 верст в дюйме, которую составили Р.В. Ризположенский и А.Я. Гордягин.

В 1901 г. в университет зачислен приват-доцентом Александр Николаевич Остряков. В 1905 г. он защитил магистерскую диссертацию и приступил к чтению курса «Частное земледелие». На кафедре агрономии остались А.Н. Остряков и профессорский стипендиат В.Н. Ищеряков. В 1906 г. А.Н. Остряков представил доклад о необходимости организации опытного поля. Участок был огорожен лишь в 1909 г.. 5 февраля 1910 г. Государственная Дума признала целесообразным устройство при университете самостоятельного агрономического факультета. Однако из-за отсутствия средств это решение не было выполнено.

А.Н. Остряков поставил коллективные опыты с различными удобрениями на крестьянских полях в селах: Васильево, Девликеево, Белая, Борисково. Полученные результаты были использованы в докладе на ученом совете для обоснования необходимости учреждения в Казанском университете кафедры почвоведения и почвенного кабинета, что, к сожалению, не было поддержано ученым советом.

В 1919 г. Иван Владимирович Тюрин – уроженец Мензелинского района Уфимской губернии (ныне республика Татарстан) после окончания Петровской (ныне имени К.А. Тимирязева) сельскохозяйственной академии был направлен на лесной факультет Казанского университета с блестящим отзывом В.Р. Вильямса [1]. Из-за отсутствия вакантного места на лесном факультете университета И.В. Тюрин с 1919 г. работал самостоятельным преподавателем почвоведения Казанского политехнического института, а в 1922 г. после

слияния этого института и лесного факультета и лесного факультета университета в казанский институт сельского хозяйства и лесоводства он был избран доцентом последнего. 22 февраля 1922 г. Иван Владимирович Тюрин был избран преподавателем физико-математического факультета в помощь профессору А.Н. Острякову на кафедру агрономической химии.

В 1925-1926 учебном году И.В. Тюрин организовал кабинет почвоведения в Казанском институте сельского хозяйства и лесоводства, а с 1926 г. был назначен его заведующим. В 1927 г. Почвенный институт им. В.В. Докучаева пригласил Тюрина в качестве руководителя экспедиции по исследованию почв Чувашии. 13 мая 1927 г. по представлению И.В. Тюрина состоялось решение ученого совета физико-математического факультета о необходимости открытия кафедры почвоведения. Было отправлено соответствующее обоснование в Главное управление профессионального образования Наркомпроса.

18 мая 1928 г. постановлением научно-технической секции Государственного ученого совета И.В. Тюрин был назначен профессором вновь организованной кафедры почвоведения. Первоначально она входила в состав геолого-почвенно-географического факультета, с 1938 г. после выделения географического факультета – геолого-почвенного, а с 1948 г. переведена на биологический факультет, который с тех пор стал именоваться биолого-почвенным. Организатор и первый заведующий кафедрой почвоведения (с 1928 по 1930 г.) – И.В. Тюрин читал курсы общего и описательного почвоведения, географии почв и методики полевых почвенных исследований, вел курсы почвенного анализа, непосредственно руководил полевыми учебными практиками и почвенно-географическими исследованиями в Волжско-Камском регионе.

Работа И.В. Тюрина в Казани в течение 11 лет (1919-1930 гг.) совпала со становлением советского периода в развитии отечественного почвоведения, который характеризовался расширением крупномасштабных почвенно-картографических исследований и глубоким изучением химических и физико-химических свойств почв. Под его руководством и при непосредственном участии начинаются исследования генезиса, географии и классификации почв. Они продолжались преемниками И.В. Тюрина и определили дальнейшее развитие научно-исследовательских работ кафедры.

За этот период им были опубликованы следующие работы: «Песчаные почвы сосновых боров в окрестности Казани» (1922), «Почвы Татареспублики» (1921), «К вопросу об определении актуальной реакции почвы» (1926), «К методике определения в почве обменных оснований» (1926), «К вопросу о методике определения поглощенных кальция и магния в почве» (1927), «Успехи русской науки в области химии почв» (1927), «К вопросу о генезисе и классификации лесостепных и лесных почв» (1930) [2].

По материалам, собранным в период работы в Казани, И.В. Тюрин публикует монографии «Почвы северо-западной части Татареспублики» и «Почвы Чувашской республики», которые стали настольными книгами многих поколений почвоведов.

В 1930 г. И.В. Тюрин назначен профессором кафедры почвоведения лесотехнической академии в Ленинграде, а затем директором Почвенного института им. В.В. Докучаева АН СССР. С 1946 г. он член-корреспондент, а с 1953 г. – действительный член АН СССР.

Еще в 1962/63 гг., вскоре после кончины академика И.В. Тюрина, Всесоюзное общество почвоведов обращалось к президенту АН СССР М.В.Келдышу с предложением увековечить память И.В. Тюрина и возбудить ходатайство перед Советом министров СССР о проведении соответствующих мероприятий, которые насчитывали 4 пункта. В том числе предлагалось присвоить кафедре почвоведения Казанского государственного университета имя академика И.В. Тюрина. Этот пункт в те годы так и не был выполнен. Наш долг сохранить память о И.В. Тюрине, поэтому кафедра, основанная им, должна носить его имя.

Литература:

1. Колоскова А.В. Казанский период деятельности Ивана Владимировича Тюрина // Почвоведение. 1992. №10. С.15-18.
2. Тюрин И.В. Вопросы генезиса и плодородия почв. М.: Наука, 1966. 288 с.

INITIAL PEDOGENESIS IN BIOLOGICAL SOIL CRUSTS

Fischer T.

*Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg, Cottbus, Germany
thomas.fischer@tu-cottbus.de*

First colonizers of new land surfaces are cryptogames which often form biological soil crusts (BSC) covering the first millimetre of the top soil in many ecosystems from polar to desert ecosystems. These BSC are assemblages of cyanobacteria, green algae, mosses, liverworts, fungi and/or lichens. As pioneer organisms, they play a key role during the first phases of habitat colonization and often initialize biochemical weathering of minerals [1].

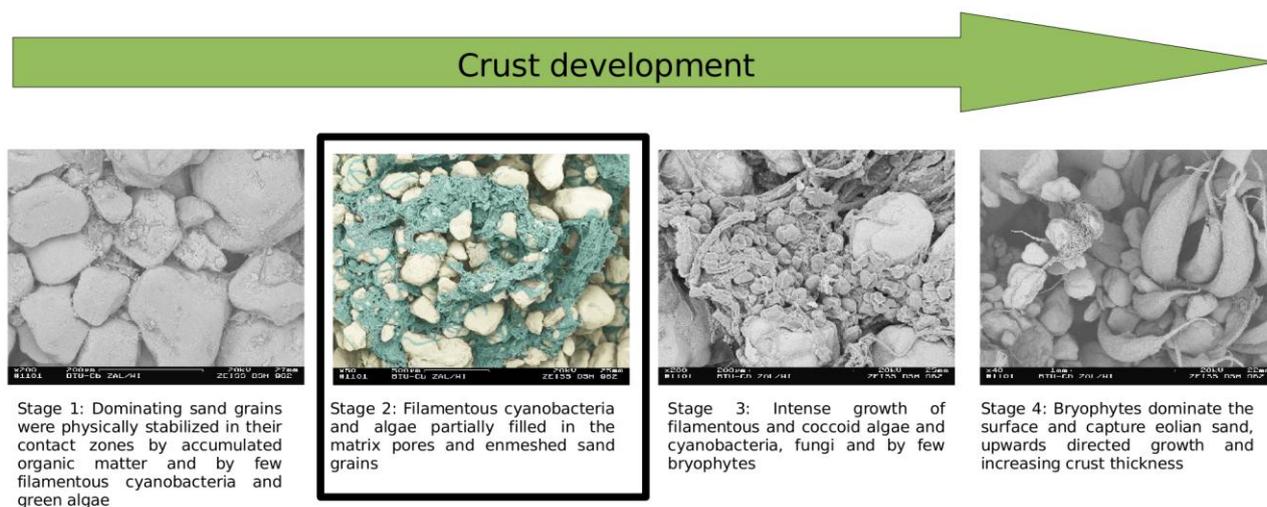


Fig.1. Typical stages of BSC development in the study area

We studied the development of BSC on quaternary substrate three years after installation of an initial artificial water catchment in Lusatia, Germany. Typical stages of BSC development in the study area are depicted in Figure 1. Due to lack of organic matter in the geological substrate, photoautotrophic organisms like green algae and cyanobacteria dominated the initial phases of ecosystem development and, hence, of organo-mineral interactions.

The aim of this study was to identify initial pedogenesis on a micro-scale level under conditions of incipient interaction with organic matter. The particular crust type 2 studied is common on sandy substrates of the region and served as a model system for pedogenesis under field conditions (Figure 2). To achieve this aim, we combined small-scale bulk chemical analyses with micro-imaging techniques.



Fig. 2. Photograph of the crust during sampling (Fischer et al., 2010)

Mean annual rainfall and temperature at the study site were 559 mm and 9.3°C, respectively. We combined scanning electron microscopy (SEM/EDX) and infrared (FTIR) microscopy to study the contact zone of algal and cyanobacterial mucilage with soil minerals in an undisturbed biological soil crust and in the subjacent sandy substrate.

The crust was characterized by an approximately 50 µm thick surface layer, where microorganisms resided and where mineral deposition was trapped, and by an approximately 2.5 mm thick lower crust where mineral particles were stabilized by organo-mineral structures (Figure 3).

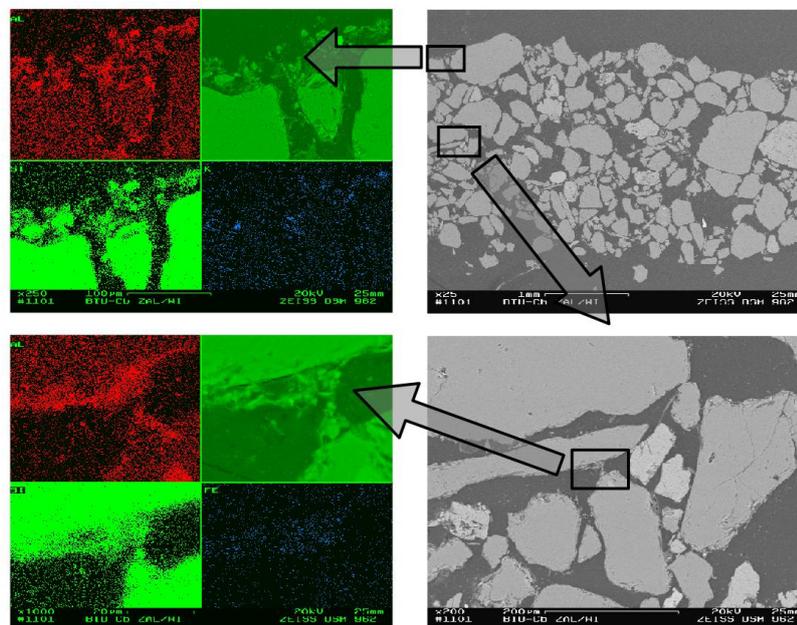


Fig. 3. Transversal cut of the BSC, embedded in low viscosity epoxy resin. Overview SEM micrograph (top right) and Si, Al and K mapping of the surface (top left). Feldspars appear brighter than quartz due to higher K and Ca contents. Organo-mineral stabilizing structures rich in Al, Si and Fe bridging mineral soil particles are shown on bottom.

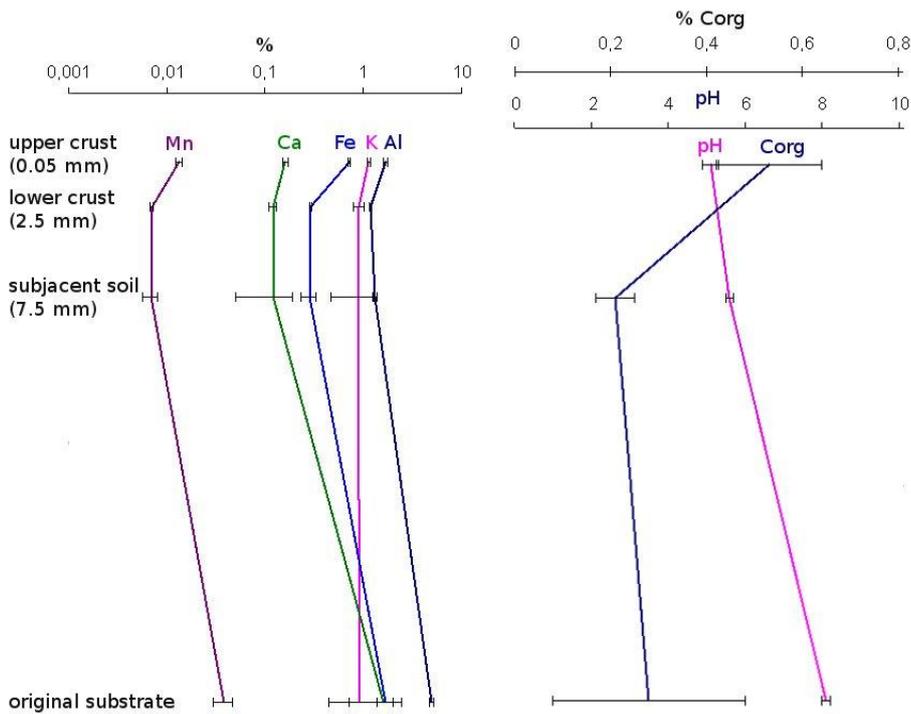


Fig. 4. Element and pH profiles of the BSC

crust was about twice as much as in the parent material. Depletion of Fe, Al and Mn in the lower crust and in the subjacent 5 mm compared to the geological substrate was observed (Figure 4). This could be interpreted as the initial phase of podzolization. pH decreased from 8.1 in the original substrate to 5.1 on the crust surface 3 years after construction, pointing to rapid weathering of carbonates. Weathering of silicates could not be observed.

The following processes of pedogenesis could be identified in the initial phase of soil development:

- **weathering** of carbonates,
- **brunification**: formation of secondary Fe-oxides,
- **humification**: accumulation of soil organic matter,
- **acidification**: drop of pH as well as
- **podzolization**: translocation of soil organic matter and sesquioxides.

References:

1. Belnap J, Lange OL (eds.) (2001) *Biological soil crusts: structure, function and management Ecol Studies 150, Springer, Berlin Heidelberg New York, 503 pp.*
2. Fischer, T., Veste, M., Schaaf, W., Bens, O., Dümig, A., Kögel-Knabner, I., Wiehe, W., Hüttn, R.F. (2010) *Initial pedogenesis in a topsoil crust 3 years after construction of an artificial water catchment in Brandenburg, NE Germany. Biogeochemistry 101:165-176*

SEM/EDX microscopy was used to determine the spatial distribution of elements, organic compounds and minerals were identified using FTIR. Existence of bridging structures between mineral particles of the lower crust, containing phyllosilicates, Fe compounds and organic matter may indicate the formation of organo-mineral associations. The concentration of organic carbon in the

EFFECT OF BIOCHAR PRODUCED FROM TWO DIFFERENT BIOMASS FEEDSTOCKS ON SOYBEAN GROWTH AND NODULATION

Bayan M. R.

*Department of Agriculture and Environmental Sciences,
Lincoln University in Missouri, USA*

Recently, biochar has received attention due to its ability to enhance soil quality and plant growth while sequestering atmospheric CO₂. In this study biochar from both herbaceous (*Miscanthus giganteus*) and ligneous (*Pinus alba*) biomass feedstocks increased soybean growth and yield significantly but due to its nitrogen content, especially at higher rates of application, suppressed nodulation. It increased soil pH and reduced soil bulk density.

Introduction. The agricultural sector worldwide is facing daunting challenges that require innovative approaches to maintain soil and environmental quality while producing the food, feed, and fiber needs of a burgeoning world population. Presently in the United States greater emphasis is being put on agricultural sustainability, organic agriculture, and renewable energy and fuels [5].

As a potential soil amendment, biochar, the byproduct of the bioenergy production from the biomass through pyrolysis, has been the focus of much discussion and scientific research. Its use as a soil amendment and its potential to improve plant yield and environmental quality has been reported by many investigators [4]. Biochar can also be used in sustainable production of grain, fruits and vegetables in organic farming. The focus of this greenhouse study was to investigate the effects of biochar produced from giant miscanthus and pine feedstocks on soybean (*Glycine max*) growth and nodulation.

Materials and Methods. *Biochar Production.* The biochar was produced using a slow pyrolyzer that consisted of an exterior steel barrel in which an interior steel barrel of lower diameter inversely fitted. The interior barrel housed the biomass and the space between the two barrels was filled with wood blocks and ignited (red cedar blocks). The biochar was produced between temperature values of 400 °C and 600 °C. This process resulted in 28% from giant miscanthus (*Miscanthus giganteus*) and 25% biochar from pine (*Pinus alba*). The biochar was crushed to pass a 1-cm sieve before its application to soil at the rates of 2% and 5% by weight.

Soil Properties. The soil used in this greenhouse experiment was obtained from the top 30 cm of an Alfisol at Lincoln University Busby Research Farm (N38° 23' 2"; W92° 49' 25"). The soil was passed through a 2 mm-sieve before use. The soil texture was clay loam and the bulk soil sample had pH_s=5.1 as measured in 0.01 M solution of CaCl₂ (10g soil in 20ml solution). The organic matter content was 2.9% and soil contained, total available N=15 kg/ha, P=21.3 kg/ha, K=285 kg/ha, Ca=2090.4 kg/ha, Mg=808.4 kg/ha, and S (as sulfate)=2.7 ppm. All pots were treated with 0-52-34 (N-P₂O₅-K₂O). The cation exchange capacity (CEC) of the soil was 12 meq/100 g and the neutralizable Acidity was 4.0 meq/100 g.

Test Plant and Sampling. The soybean (*Glycine max L.*) cultivar Elgin-87 was chosen as the test plant. Five seeds were planted and at the stage VC (unfolding of the

unifoliate leaves) they were thinned to one plant per pot. The water level in the pots was kept at field capacity (FC) and after thinning watered every three days and brought to FC throughout the experiment. Soil samples were taken from each pot at the beginning and the end of experiment. Plants were harvested after 60 days at growth stage R5 (beginning seed - seed is 3.2 mm long in the pod at one of the four uppermost nodes on the main stem) [2].

Chemical Analysis of Soil, Plant, and Biochar. The biochar samples were ground and known subsamples were rinsed with deionized water and elements were analyzed in the effluent by ICP-MS. The nitrogen in the effluent was determined by Kjeldahl method. It was determined that the effluent solution resulting from rinsing of biochar samples differed in their elemental composition. For example the pine biochar contained 0.26% N while the giant miscanthus biochar contained 0.47% N. The biochar samples also differed in their water-soluble P and K contents. The K and P contents of Miscanthus biochar were 7180 and 578 ppm while the K and P contents of the pine biochar were 492 and 2.5 ppm, respectively.

The total leaf surface area was determined by a digital leaf area meter.

Statistical Procedure. The procedure GLM was used for statistical analysis of data. The means were compared by Tukey's procedure. Results are summarized in Table 1. The means with different letters denote statistical significance at 95% confidence interval.

Results and Discussion. Effect of biochar on soil pH, bulk density and soybean growth parameters is tabulated in Table 1. Addition of biochar to soil expectedly reduced its bulk density due to low density of biochar. Addition of porous and absorbent biochar to soil provides more aeration, better water holding capacity and reduced compaction. As a result, roots were lengthier in biochar treated pots. The root dry matter was significantly higher in pots treated with miscanthus biochar also the pine biochar also increased root dry weight. The number of nodules on soybean roots increased with the addition of 2% pine biochar but there was no change in the number of nodule with 5% biochar treatment. This could be due to nitrogen content of biochar. Beard and Hoover [1] reported that application of more than 56 kg N/ha at planting reduced nodulation in soybean. The higher content of N in miscanthus biochar significantly reduced nodulation.

Application of biochar resulted in an increase in leaf surface area. The miscanthus biochar significantly increased the leaf surface area at both rates. At the 5% rate, however, the plant height was suppressed by miscanthus biochar but the yield was not affected. The plants did not show sign of lodging at stage R5 of growth. The biochar treatment significantly increased the number of developed pods indicating that biochar application to soybean can potentially increase the yield. The two rates of biochar, however, resulted in statistically comparable increases in soybean yield.

Conclusions

In this greenhouse experiment biochars generated from pine and giant miscanthus feedstocks significantly affected soybean growth and increased its yield. The soybean nodulation, however, was reduced primarily due to nitrogen content of

biochar. Biochar also increased the soil pH and lowered its bulk density. A field experiment is planned to verify the findings of this research.

Table 1

Effect of biochar on select soil properties and soybean growth and nodulation
(all values are mean of triplicated measurements*)

Variables	Treatments				
	No Biochar	2% Pine Biochar	5% Pine Biochar	2% Miscanthus Biochar	5% Miscanthus Biochar
Bulk Density	1.24 ^a	1.12 ^b	1.04 ^c	1.13 ^b	0.92 ^c
pH _w	6.17 ^a	6.19 ^a	6.27 ^a	6.32 ^b	6.72 ^c
pH _s	5.48 ^a	5.47 ^a	5.41 ^a	5.82 ^b	6.29 ^c
Root Length (cm)	40.3 ^b	41.7 ^{ab}	42.7 ^{ab}	46.3 ^{ab}	49 ^a
Root Dry Weight (g)	1.98 ^c	2.60 ^{ab}	2.24 ^{bc}	3.19 ^a	2.93 ^{ab}
Number of Nodule	75 ^b	98 ^c	78 ^b	30 ^a	25 ^a
Total Leaf Surface Area (cm ²)	1517 ^b	2173 ^{ab}	2171 ^{ab}	2947 ^a	2757 ^a
Stem Height (cm)	139 ^a	157 ^{bc}	153 ^b	161 ^c	145 ^{ab}
Developed Pods	21 ^a	31 ^b	31 ^b	28 ^b	33 ^b

*Means with the same letter are not statistically different at 95% confidence interval.

Acknowledgment

The author would like to thank the U.S. Department of Agriculture (USDA) for funding this project.

References:

1. Beard, B. H., Hoove R.M. *Effect of nitrogen on nodulation and yield of irrigate soybean // Agron. J.* 1971. 63. 815-816.
2. ISU (Iowa State University Extension Publication) (2007). *Soybean Growth Stages.* http://extension.agron.iastate.edu/soybean/production_growthstages.html
3. Jones D.L., Rousk, J., Edwards-Jones G., DeLuca T.H., Murphy D.V. *Biochar mediated changes in soil quality and plant growth in a three year field trial // Soil Biology&Biochemistry.* 2012. 45. 113-124.
4. Lehmann J. and Joseph, S. *Biochar Systems // Biochar for Environmental Management.* Edited by Lehmann, J. and Joseph, S. Earthscan. 2009. 416 p.
5. National Research Council of the National Academies. *Toward Sustainable Agricultural Systems in the 21st Century.* Committee on Twenty-First Century Systems Agriculture; Board on Agriculture and Natural Resources; Division on Earth and Life Studies. The National Academies Press, Washington, DC, 2010. 570 p.
6. Smith, J.L., Collins, H.P., Bailey, V.L. (). *The effect of young biochar on soil respiration // Soil Biology & Biochemistry.* 2010. 42. 2345-2347.

ИСТОЧНИКИ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В АНТАРКТИДЕ И ПРОБЛЕМА ГУМУСООБРАЗОВАНИЯ²

Абакумов Е.В.

*Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург
e_abakumov@mail.ru*

И.В. Тюрин основал концепцию гумификации и гумусообразования, связав биохимические и географические вопросы формирования и функционирования органического вещества. В связи с этим интересно рассмотреть проблему гумификации в антарктических почвах с позиций развивающейся концепции И.В. Тюрина. Для процесса гумификации важны, прежде всего, источники гумусовых веществ, в частности, фенилпропановые фрагменты, компоненты лигнина. В связи с тем, что растительные сообщества представлены в Антарктиде преимущественно несосудистыми низшими растениями и мхами, содержание этих компонентов в органических слоях невелико. Особую роль в гумификации играют меланиновые пигменты грибов и фенилпропановые компоненты одного из немногочисленных сосудистых растений – щучки антарктической. Благодаря этому существует возможность формирования ароматической части гуминовых и фульвокислот. При этом небольшой пик ароматических компонентов на спектрах ¹³C ЯМР существует как для препаратов ФК, так и для ГК. Содержание гуминовых кислот в антарктических почвах, как правило, низкое, в связи с чем отношение С_{гк}:С_{фк} находится в фульватном или гуматно-фульватном диапазоне. В составе фракций органического вещества преобладают компоненты, растворимые в воде и вещества т.н. «первой» фракции гумуса. Среди группы фульвокислот доминирует 1-а и 1 фракция гумуса, что связано с небольшой степенью гумификации органического вещества и свидетельствует о низких темпах гумификации. Таким образом, проведенные исследования позволили сделать вывод о том, что: 1) в антарктических почвах происходит гумификация, 2) этот процесс возможен даже в случае почти полного отсутствия ароматических фенилпропановых предшественников, 3) в антарктических почвах возможно формирование гуминовых кислот с выраженной ароматической и периферической частью.

² Работа выполнена при поддержке РФФИ, гранты №№ 12-04-006890-а, 13-04-90411 укр-ф-а, 13-04-00843-а, 13-04-01693-а

КРАСНАЯ КНИГА ПОЧВ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН КАК ЭЛЕМЕНТ СОЗДАНИЯ РЕЕСТРА ЭТАЛОННЫХ ПОЧВ РЕГИОНА

Александрова А.Б.¹, Иванов Д.В.¹, Григорьян Б.Р.², Кулагина В.И.²

¹*Институт проблем экологии и недропользования АН РТ, Казань*

adabl@mail.ru

²*Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань*

В настоящее время отмечается значительная трансформация почвенного покрова во многих регионах РФ. Эта проблема актуальна и для Республики Татарстан (РТ). Вследствие низкой лесистости (17.2%), высокой распаханности (76.6%) и отчуждения земель под строительство встает реальная угроза безвозвратного исчезновения некоторых естественно-исторических разностей почв. Оценка степени деградации почв и расчет ущерба, причиняемого почвенному покрову в результате хозяйственной деятельности, осложняется отсутствием системы региональных эталонов почв и их свойств. Создание Красной книги почв РТ можно рассматривать как один из путей сохранения почвенного, биологического и природно-культурного разнообразия и устойчивого развития региона в целом.

Законодательной базой по созданию и ведению Красных книг почв регионов и РФ служит Федеральный Закон "Об охране окружающей среды", в статье 62 которого указано, что «редкие и находящиеся под угрозой исчезновения почвы подлежат охране государством, и в целях их учета и охраны учреждаются Красная книга почв Российской Федерации и красные книги почв субъектов Российской Федерации, порядок ведения которых определяется законодательством об охране почв».

В числе первоочередных объектов исследования в рамках создания Красной книги почв РТ рассматривались особо охраняемые природные территории – 24 природных заказника, Волжско-Камский биосферный заповедник, Национальный парк «Нижняя Кама».

«Красная книга почв Республики Татарстан» (Казань, Издательство «Фолиант», 2012) состоит из а) введения, в котором освящается географическое распространение и общая характеристика почв РТ, краткая характеристика факторов почвообразования, история изучения почв РТ, научные основы создания Красной книги почв РФ, концептуальные подходы к созданию и ведению Красной книги почв РТ, структура Красной книги почв РТ; б) очерка по охраняемым почвам; в) приложения, в которое включены таблицы гранулометрического состава, физико-химических свойств почв и содержания химических элементов (валовые формы).

В структуре Красной книги почв РТ отдельные таксономические группы почв представлены в следующей последовательности: черноземы, серые, подзолистые и дерново-подзолистые, темногумусовые и серогумусовые, перегнойно-торфяные, аллювиальные почвы, солончаки. Очерк по охраняемым почвам включает описание почвенного индивидуума и описание ареала охраняемых почв: название почвы; статус охраняемой почвы; сведения о

распространении; морфологическое описание; фотография почвенного индивидуума (почвенного разреза); местоположение (карта); общее описание охраняемой территории (фото ландшафта); краткая характеристика охраняемой почвы; необходимость охраны. Названия почв приводятся согласно «Классификации почв России» (2004) и «Классификации и диагностике почв СССР» (1977).

Структура Красной книги почв РТ включает 5 основных категорий почв: 1. Эталоны: 1.1. Основные эталоны (зональные); 1.2. Локальные эталоны (интразональные и аazonальные); 2. Редкие почвы: 2.1. Редкие почвы; 2.2. Уникальные; 3. Исчезающие почвы; 4. Почвы высокой культуры земледелия; 5. Почвы – объекты мониторинга.

В очерках охраняемых почв представлено описание 53 почвенных индивидуумов: 5 исчезающих, 8 редких и 40 эталонов.

В *основные (зональные) эталоны* включены почвы всех зональных типов. В качестве эталонных выбирались почвы, которые полностью удовлетворяли определению типа/подтипа классификаций 2004 и 1977 годов. К эталонам были отнесены также профили, всестороннее изучение которых послужило базой для разработки теоретических и прикладных вопросов учения о генезисе, географии и экологии почв РТ. Это дерново-подзолистые и серые почвы на различных почвообразующих отложениях и черноземы гидрометаморфизированные. Поскольку уровень распаханности сельхозугодий республики составляет около 77%, в категорию зональных эталонов были включены не только естественные почвы, но и их пахотные аналоги.

К *локальным интразональным эталонам* отнесены темногумусовые и серогумусовые почвы, сформированные на широко распространенных в РТ пестроцветных (красноцветных) пермских отложениях. В данную категорию также вошли перегнойно – торфяные и иловато-торфяные (болотные) почвы, довольно разнообразные по строению и свойствам.

В категории *локальных аazonальных эталонов* описаны в основном аллювиальные почвы островных систем Куйбышевского водохранилища. Гидрогенные почвы преимущественно высоко плодородны, интенсивно используются в сельскохозяйственном производстве, часть их затоплена водами водохранилищ. Деградация и разрушение пойменных почв влечет за собой особенно серьезные нарушения биосферных процессов. Это служит одной из предпосылок необходимости перевода островных систем с характерными для них почвами в охраняемый режим.

К категории *редких* отнесены почвы, занимающие небольшие ареалы и формирующиеся на редких почвообразующих породах, в необычных гидротермических условиях, со сложной историей развития, отразившейся в строении профиля и свойствах почвы. В их числе:

солончак темный на аллювиальных отложениях (Ютазинский район); засоленные почвы имеют локальное распространение в РТ;

аллювиальная серогумусовая оподзоленная почва (ГПКЗ «Свияжский»); узкий ареал распространения;

аллювиальная серогумусовая глеевая почва (Волжско-Камский биосферный заповедник); редкая цветовая гамма почвенного профиля; чернозем гидрометаморфизированный на некарбонатных мезозойских отложениях (Дрожжановский район);

перегнойно-торфяная почва на мелких торфах (Актанышская низина).

К категории *уникальных* отнесены почвы, строение профиля которых обусловлено сочетанием необычных факторов почвообразования. Например, дерново-подзолистая почва на аллювиально-делювиальных отложениях Волжско-Камского биосферного заповедника отличается наличием в профиле уплотненных коричнево-ржавых прослоек – псевдофибр, что является исключительной особенностью для дерново-подзолистых почв региона.

Почвы, исчезающие как естественно-исторические тела, включены в категорию *исчезающих*. К ним отнесены сохранившиеся небольшими участками (1-2 га) естественные черноземы. Особое внимание следует уделить маломощным черноземам, формирующимся в условиях Бугульминско-Белебеевской возвышенности. Даже небольшое механическое нарушение этих почв может привести к появлению эрозии и усилению деградации.

Агросерая почва ГПКЗ «Чулпан» отнесена к двум категориям: *почв высокой культуры земледелия* и *зональных эталонов* почв, используемых в сельском хозяйстве. В течение 30 лет здесь применялась контурно-мелиоративная система земледелия с комплексом противоэрозионных мероприятий на ландшафтной основе. Современные исследования показывают отсутствие эрозионных процессов на территории заказника, а также значительное улучшение свойств и увеличение биоразнообразия почв.

Категория «Почвы - объекты мониторинга» отдельным разделом в книге не представлена. К объектам мониторинга нами отнесены основные эталоны и редкие почвы, почвы высокой культуры земледелия. Не вызывает сомнений необходимость включения в данный раздел почв Волжско-Камского государственного природного биосферного заповедника, юридический статус которого подразумевает проведение фоновый мониторинга за состоянием всех компонентов экосистем, включая почвенный покров. Сюда же можно отнести иные почвенные объекты, расположенные на ООПТ различного ранга, где организована система комплексного экологического мониторинга за изменением состояния наземных экосистем под влиянием природных и антропогенных факторов.

ВЛИЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ НА СОДЕРЖАНИЕ ГУМУСА В ЧЕРНОЗЕМЕ ОБЫКНОВЕННОМ КАРБОНАТНОМ

Безуглова О.С., Лыхман В.А., Отрадина Л.Н.

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону

lola314@mail.ru

Контроль содержания гумуса является одной из первоочередных задач почвенно-экологического мониторинга, поскольку его уменьшение или увеличение не только прямо связано с изменением всех почвенных свойств, но и наглядно отражает влияние внешних позитивных и негативных процессов [2].

Полевой опыт был заложен осенью 2009 года на территории УОХ ЮФУ «Недвиговка». Размер участков – 25 кв.м, повторность – шести кратная. Почва – чернозем обыкновенный карбонатный сверхмощный среднесуглинистый на легком суглинке. Наблюдения вели в динамике. Отбор образцов производили из пахотного горизонта перед внесением удобрений, через месяц после внесения (всходы), после уборки урожая. Удобрения: фон – ЖКУ марки 10:34 (10% - аммонийного азота и 34% усвояемых общих фосфатов); лигногумат (ЛГ) – гуминовое удобрение, получаемое из отходов целлюлозно-бумажной промышленности (ТУ 2431-007-31054001-99); Байкал-ЭМ (ЭМ) – микробиологическое удобрение, созданное по специальной технологии в виде жидкости. Особенностью данного блока популяций (молочнокислые бактерии, пурпурные несерные бактерии и сахаромицеты) является поддержание функциональной активности компонентов и повышенная устойчивость при хранении за счет формирования симбиотических отношений [1]. Культуры: в 2009-2010 – озимая пшеница (сорт Зерноградка-11); 2011, 2012 – яровой ячмень (сорт Приазовский). Определение содержания гумуса вели по методу Тюринга в модификации Симакова; состояние почвенной структуры («сухое» и «мокрое» просеивание) определяли методом Н.И. Савинова.

В таблице 1 представлены средние из повторностей данные, полученные в течение всего периода наблюдений.

На рисунке 1 наглядно показано, что, несмотря на изменение содержания гумуса по годам, обусловленное его сезонной динамикой и погодными условиями, вариант, на котором в почву вносили совместно биологически активные вещества различной природы, отличается повышенной гумусированностью. Отмечен кумулятивный эффект: в последние два года содержание гумуса на этом варианте превышало остальные на статистически значимую величину.

Известно, что гумусовые вещества играют основную роль в формировании почвенной структуры, это признается всеми исследователями. Однако механизм формирования устойчивой структуры за счет гумусовых веществ так и остается до конца неясным. Практиками земледелия давно было замечено, что многие свойства почвы, особенно физические, зависят от характера почвенной структуры. Поэтому вопросы генезиса структуры, влияния ее на свойства почвы и, в конечном счете, на плодородие и урожай растений издавна привлекали внимание агрономов и почвоведов всех стран мира. Изменение коэффициента структурности за время наблюдений по вариантам опыта показано на рисунке 2.

Таблица 1

Динамика содержания гумуса в черноземе обыкновенном карбонатном по вариантам опыта с биологически активными веществами, %

Варианты	Контроль (без удобрений)	Фон (ЖКУ)	Фон+ЛГ (по листу)	Фон+ЛГ (в почву)	Фон+ЛГ+ЭМ (в почву)	Фон+ЭМ (в почву)
Дата						
27.09.2009	4,33	4,50	4,51	4,47	4,55	4,58
10.05.2010	4,39	4,50	4,52	4,52	4,57	4,59
23.06.2010	4,41	4,52	4,55	4,56	4,61	4,63
07.08.2010	4,47	4,56	4,60	4,62	4,67	4,66
19.09.2010	4,53	4,61	4,65	4,68	4,72	4,71
22.04.2011	4,57	4,69	4,71	4,74	4,75	4,75
20.08.2011	4,60	4,72	4,74	4,76	4,96	4,84
22.09.2011	4,64	4,75	4,76	4,78	5,04	4,83
15.04.2012	4,52	4,55	4,54	4,59	4,79	4,60
07.07.2012	4,47	4,47	4,46	4,49	4,67	4,54

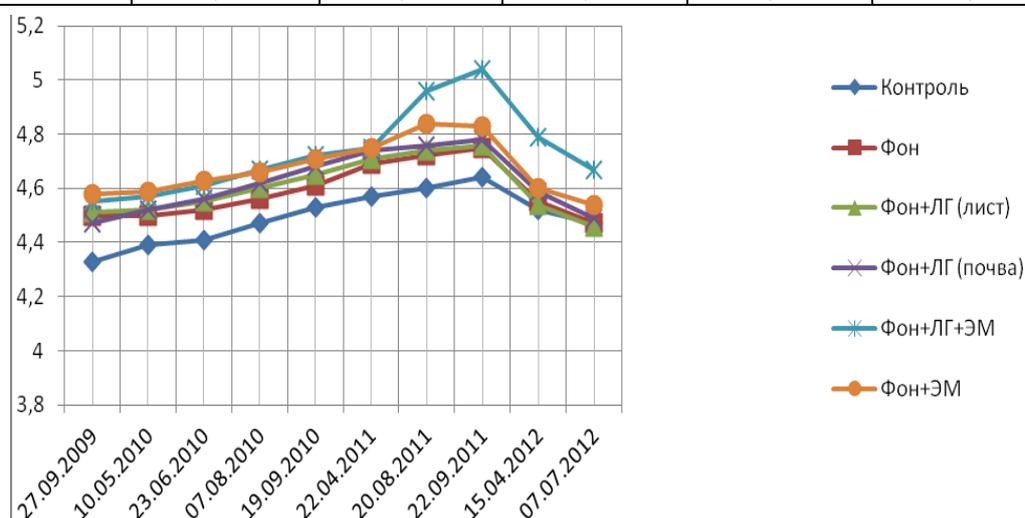


Рис. 1. Динамика гумуса в черноземе обыкновенном карбонатном по вариантам опыта с удобрениями

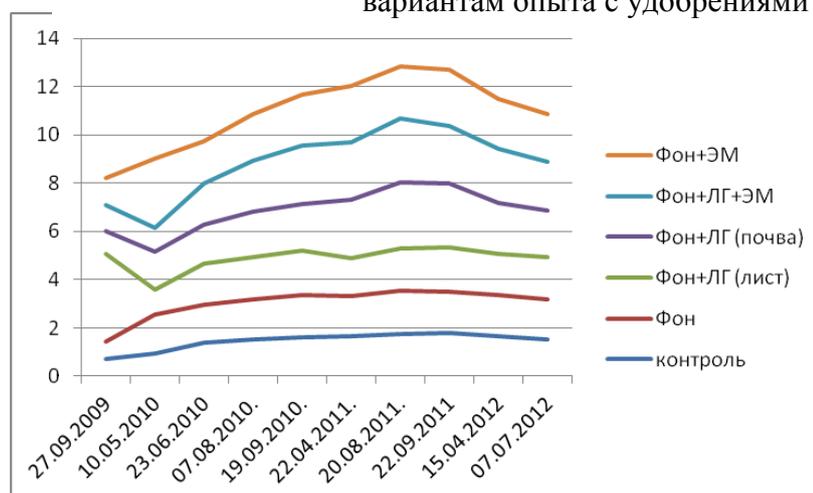


Рис.2. Динамика коэффициентов структурности в черноземе обыкновенном карбонатном

Наблюдается постепенный рост числа агрономически ценных агрегатов. Однако на делянках с внесением в почву биологически активных веществ (Фон+ЛГ, Фон+ЛГ+ЭМ, Фон+ЭМ) этот процесс идет интенсивнее, что видно при сравнении значений коэффициента структурности за 2009 и

2011 годы. После трехкратного внесения удобрений наблюдается небольшое

плато (период 20.08.2011-15.04.2012) и затем спад (период 15.04-07.07.2012), последний обусловлен прекращением внесения препаратов. Применение биологически активных веществ благоприятно сказывается на структурном состоянии почвы, даже через год после прекращения обработок коэффициент структурности на вариантах с биологически активными веществами выше, чем на контроле и фоне.

В июне и в начале июля 2010 года в Ростовской области температура воздуха составляла плюс 30—35 градусов тепла, очень сильная засуха и ветер не могли не сказаться отрицательно на состоянии почвы. По результатам сухого просеивания данная тенденция заметна слабо, но коэффициент водопрочности показал, что в период между первым и вторым внесением биодобавок наблюдается резкое снижение водопрочности агрегатов, связанное с погодными аномалиями, однако, в дальнейшем эта тенденция сглаживается, и мы наблюдаем увеличение этого показателя. Максимальная его величина отмечена на вариантах с микробиологическим препаратом и при внесении лигногумата в почву.

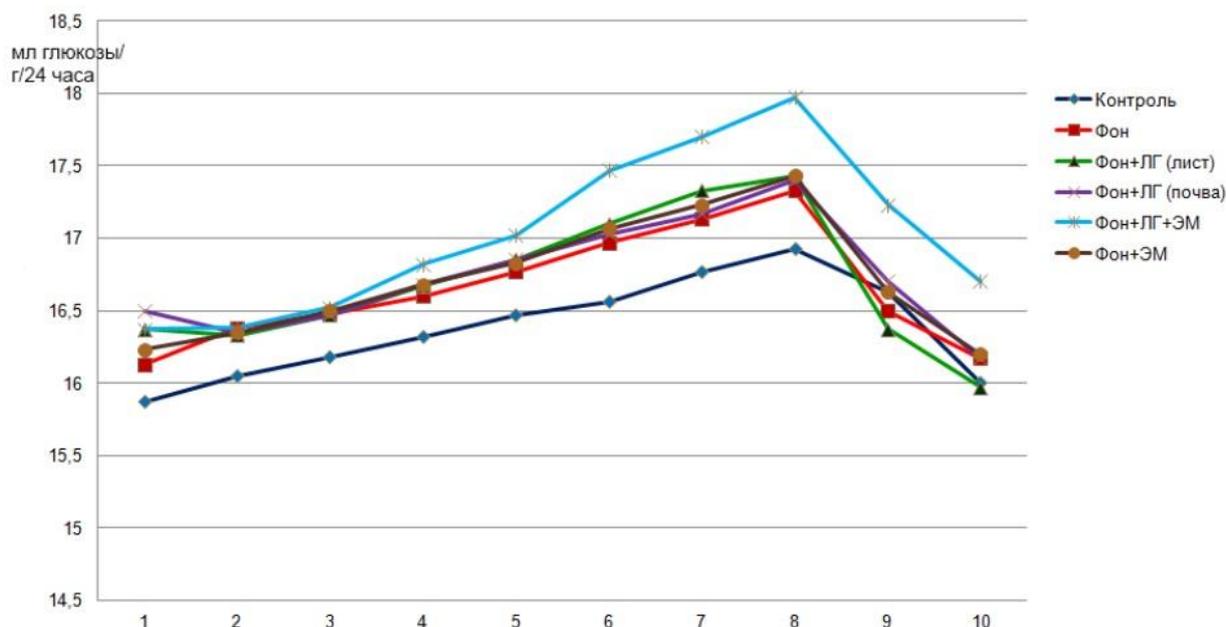


Рис. 3. Динамика активности инвертазы в черноземе обыкновенном карбонатном по вариантам опыта удобрениями и биодобавками:

1 – 27.09.2009, 2 – 10.05.2010, 3 – 23.06.2010, 4 – 07.08.2010, 5 – 19.09.2010, 6 – 22.04.2011, 7 – 20.08.2011, 8 – 22.09.2011, 9 – 15.04.2012, 10 – 07.07.2012

Данная закономерность объясняется опосредованным действием биологически активных веществ: препараты оказывают стимулирующее воздействие на почвенные микроорганизмы, возрастает биологическая активность почвы, что наглядно демонстрирует активность каталазы и инвертазы (рис.3).

Рост биологической активности почвы способствует повышению содержания гумуса за счет разложения корневых и пожнивных остатков, и улучшению структурного состояния почвы.

Литература:

1. Блинов В.А., Буригина С.Н., Шапулина Е.А. Биологическое действие эффективных микроорганизмов // Биопрепараты: Сельское хозяйство. Экология: Практика применения. – М.: Изд-во ООО "ЭМ-Кооперация", 2008. 37с.
2. Мотузова Г.В., Безуглова О.С. Экологический мониторинг почв. Учебник для вузов. М.: Академический проект, Гаудеамус, 2007. 237 с.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА МЕТОДОВ ЭКСТРАГИРОВАНИЯ АКТИВНЫХ КОМПОНЕНТОВ ГУМУСА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЫ

Богатырева Е.Н., Бирюкова О.М., Серая Т.М.

*РУП Институт почвоведения и агрохимии, Минск, Беларусь
seraya@tut.by*

При сельскохозяйственном использовании почв пахотных земель легко минерализуемые гумусовые вещества, способные к быстрой трансформации, в наибольшей степени характеризуют процессы минерализации и новообразования гумуса, формируя эффективное плодородие почв. В этой связи количественный и качественный учет агрономически активной группы гумусовых веществ и их рациональное воспроизводство приобретает немаловажное значение.

В настоящее время существуют различные методы фракционирования гумусовых веществ, входящих в состав активных компонентов почвенного гумуса. Однако единого унифицированного метода, наиболее информативно и надежно отражающего закономерности их трансформации в зависимости от комплекса проводимых агротехнических мероприятий при вовлечении почв в сельскохозяйственное производство, не существует. В своих исследованиях при мониторинге содержания активной части органического вещества для экстрагирования подвижных гумусовых веществ ($C_{\text{под.}}$) мы использовали 0,1 М NaOH-вытяжку (непосредственная вытяжка по схеме И.В. Тюрина); лабильных гумусовых веществ ($C_{\text{лаб.}}$) – нейтральный раствор пирофосфата натрия (0,1 М $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$) по методу К.В. Дьяконовой [3]; содержание водорастворимых органических веществ ($C_{\text{водн.}}$) определяли по методу И.В. Тюрина [1]; оптическую плотность – по упрощенному методу Т.А. Плотниковой и В.В. Пономаревой [2]. Замеры оптической плотности щелочной и пирофосфатной вытяжек были проведены при длине волны 430, водной вытяжки – при 380 нм.

Сравнительную оценку изменения содержания легко трансформируемых гумусовых веществ под влиянием применяемых органических удобрений проводили на основании опыта, заложенного в 2010 г. в ГП “Экспериментальная база им. Суворова” Минской области Республики

Беларусь на дерново-подзолистой супесчаной почве (pH_{KCl} 5,5-5,6, содержание гумуса – 2,21-2,41%, P_2O_5 – 155-205 мг/кг, K_2O – 227-246 мг/кг почвы). Исследования проводили в звене севооборота: кукуруза – яровой рапс – озимое тритикале. Дозы компостов и сапропелей (вар. 5-10) в опыте выровнены по азоту, внесенному с подстилочным навозом (вар. 3). Дозы жидкого навоза КРС, куриного помета, органического удобрения, получаемого на выходе биогазовой установки, (вар. 14, 16 и 18) по содержанию азота соответствуют дозе азота, внесенной с карбамидом (N_{150}) под кукурузу в варианте с минеральной системой удобрения. В вариантах 15, 17, 19 дозы органических удобрений по азоту равноценны двойной дозе минерального азота (табл. 1). Органические удобрения были внесены под первую культуру звена севооборота (кукурузу).

Для выявления характера изменения гумусного состояния почвы за короткий промежуток времени почвенные образцы для определения активных составляющих гумуса были отобраны через год после внесения органических удобрений. Определено, что в дерново-подзолистой супесчаной почве содержание водорастворимых органических веществ в зависимости от систем удобрения варьировало в пределах 232-293 мг/кг почвы при относительном содержании 1,55-2,11%. Наименьшее содержание этой фракции отмечено в варианте без удобрений, достоверный прирост водорастворимого углерода на 22-61 мг/кг почвы получен во всех вариантах с органоминеральной системой удобрения (табл. 1).

Интегральным показателем целесообразности использования любого метода является определение степени связи между количественным содержанием экстрагируемой фракции и урожайностью сельскохозяйственных культур. Корреляционный анализ показал, что в зависимости от систем удобрения взаимосвязь между содержанием водорастворимых органических веществ и продуктивностью звена севооборота описывалась полиномиальным уравнением регрессии; коэффициент корреляции составил 0,51 (табл. 2).

При использовании нейтрального раствора пиррофосфата натрия количество экстрагируемых активных компонентов гумуса в среднем по опыту было в 9,7 раза выше по сравнению с водной вытяжкой. Абсолютное содержание лабильного углерода, переходящего в пиррофосфатную вытяжку, составило 2318-2588 мг/кг почвы при вариации относительного содержания от 16,5 до 18,7%. При этом не выявлено достоверных различий в содержании лабильной фракции под влиянием разных систем удобрения. Корреляционная связь между содержанием лабильного углерода в дерново-подзолистой супесчаной почве и продуктивностью была слабой, коэффициент корреляции характеризовался самой низкой величиной из всех используемых экстрагентов.

При изучении закономерностей экстрагирования активных составляющих фракций гумуса 0,1 М раствором NaOH установлено, что данная вытяжка характеризовалась максимальной, в наших исследованиях, экстрагирующей способностью, извлекая из дерново-подзолистой супесчаной почвы в 22,4 и 2,3 раза больше гумусовых веществ, чем водная и пиррофосфатная вытяжки соответственно. Минимальное количество подвижных гумусовых веществ (4473 мг/кг почвы) отмечено в варианте без удобрений. Внесение минеральных удобрений способствовало увеличению подвижности почвенного гумуса на 26% (до уровня 5615 мг/кг почвы).

Таблица 1

Влияние органических и минеральных удобрений на содержание активных компонентов гумуса в дерново-подзолистой супесчаной почве

Вариант	С _{общ.} , % к почве	С _{водн.}		С _{лаб.}		С _{под.}	
		мг/кг почв ы	% от С _{общ.}	мг/кг почв ы	% от С _{общ.}	мг/кг почв ы	% от С _{общ.}
1. Без удобрений	1,28	232	1,82	2371	18,6	4473	35,0
2. N ₉₀₊₆₀ P ₆₀ K ₁₄₀ – фон	1,39	234	1,69	2318	16,7	5615	40,5
3. Подстилочный навоз КРС, 60 т/га	1,36	273	2,00	2469	18,1	5733	42,1
4. Фон + Подстилочный навоз КРС, 60 т/га	1,39	293	2,11	2413	17,4	5933	42,8
5. ТЛСНК*, 60 т/га	1,34	248	1,85	2469	18,4	5492	41,0
6. Фон + ТЛСНК, 60 т/га	1,42	257	1,82	2569	18,2	5974	42,2
7. ТЖДСНК*, 60 т/га	1,40	242	1,73	2498	17,9	5191	37,1
8. Фон + ТЖДСНК, 60 т/га	1,50	254	1,69	2512	16,7	5703	38,0
9. Фон + Сапропель кремнеземистый, 45 т/га	1,51	234	1,55	2555	16,9	5801	38,3
10. Фон + Сапропель органо-известковистый, 40 т/га	1,53	259	1,70	2588	17,0	5023	32,9
11. Вермикомпост, 15 т/га	1,33	273	2,05	2500	18,7	6299	47,2
12. Фон + Вермикомпост, 5 т/га	1,48	254	1,71	2453	16,6	5913	40,0
13. Фон + Вермикомпост, 15 т/га	1,40	293	2,08	2320	16,5	5924	42,2
14. Жидкий навоз КРС, 75 т/га	1,35	234	1,74	2337	17,4	5934	44,1
15. Жидкий навоз КРС, 150 т/га	1,35	244	1,80	2404	17,8	6263	46,3
16. Подстилочный куриный помет, 15 т/га	1,47	234	1,59	2469	16,8	5704	38,7
17. Подстилочный куриный помет, 30 т/га	1,47	240	1,63	2580	17,6	5794	39,5
18. ОУ* на выходе биогазовой установки, 30 т/га	1,35	254	1,88	2342	17,4	5339	39,7
19. ОУ на выходе биогазовой установки, 60 т/га	1,32	261	1,98	2328	17,7	5506	41,8
НСР ₀₅	0,09	21		278		536	

* ТЛСНК – торфо-лигнино-соломисто-навозный компост, ТЖДСНК – торфо-жомо-дефекато-соломисто-навозный компост; ОУ – органическое удобрение.

Таблица 2

Взаимосвязь между содержанием активных компонентов гумуса в дерново-подзолистой супесчаной почве и продуктивностью звена севооборота

Экстрагент	Уравнение регрессии	Коэффициент корреляции (r)
Дистиллированная H ₂ O (С _{водн.})	$y = -0,011x^2 + 7,318x - 836,3$	0,51
0,1 М Na ₄ P ₂ O ₇ , pH = 7 (С _{лаб.})	$y = 0,001x^2 - 7,726x + 9450$	0,47
0,1 М NaOH (С _{под.})	$y = -0,00002x^2 + 0,326x + 794,6$	0,65

При этом относительное содержание подвижных гумусовых веществ достигло 40,5% от общего углерода почвы против 35,0% в неудобренном варианте. Изучение трансформации подвижных гумусовых веществ показало, что одностороннее внесение органических удобрений независимо от их вида и доз оказало значимое влияние на активизацию данной фракции. Отмечено увеличение как абсолютного так и относительного содержания подвижного гумуса на 718-1826 мг/кг почвы и 2,1-12,2% соответственно по сравнению с вариантом без удобрений. При органоминеральной системе удобрения

содержание подвижных гумусовых веществ характеризовалось более высокими величинами по сравнению с вариантами, предусматривающими одностороннее применение органических удобрений. Исключение составил вариант с внесением минеральных удобрений на фоне вермикомпоста в дозе 15 т/га, в котором содержание подвижных гумусовых веществ достигло 5924 мг/кг почвы, что было на 375 мг/кг меньше, чем в варианте с применением только вермикомпоста.

Анализ полученных данных показал, что между содержанием гумусовых веществ, извлекаемых щелочной вытяжкой, и продуктивностью звена севооборота установлена более тесная корреляционная зависимость ($r = 0,65$), чем при использовании дистиллированной воды и нейтрального раствора пиррофосфата натрия в качестве экстрагентов и, следовательно, для исследуемой дерново-подзолистой супесчаной почвы щелочную вытяжку можно считать наиболее информативной. Определено, что по способности извлекать из почвы гумусовые вещества, используемые экстрагенты можно расположить в следующий ряд: дистиллированная вода $< 0,1 \text{ M Na}_4\text{P}_2\text{O}_7, \text{pH} = 7 < 0,1 \text{ M NaOH}$.

О целесообразности использования 0,1 М раствора NaOH для установления влияния различных систем удобрения на трансформацию активных компонентов гумуса свидетельствовала оптическая плотность гумусовых веществ, которая достаточно ярко дифференцирует активные фракции по степени конденсации ароматического ядра. Расчеты показали, что индекс оптической плотности водорастворимых органических веществ характеризовался наименьшими величинами (1,43-1,66), что обусловлено упрощенным строением органических веществ, извлекаемых водной вытяжкой. При использовании пиррофосфатной вытяжки индекс оптической плотности лабильных гумусовых веществ характеризовался максимальными параметрами и в зависимости от опытных вариантов находился на уровне 7,62-8,47. При определении оптической плотности подвижных гумусовых веществ обнаружено уменьшение значений $E_C^{\text{мг/мл}}$ в 1,3-1,7 раза, что указывало на меньшую степень конденсированности ароматического ядра и наличие более разветвленной алифатической структуры, чем у лабильных гумусовых веществ. По-видимому, нейтральным раствором пиррофосфата натрия извлекались не только «молодые» гумусовые вещества со слабоконденсированным ядром, но и «зрелые» гумусовые вещества, характеризующиеся большей глубиной гумификации.

Литература:

- 1. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во МГУ, 1961. 491 с.*
- 2. Пономарева В.В., Плотникова Т.А. Методические указания по определению содержания и состава гумуса в почвах (минеральных и торфяных). Л., 1975. 105 с.*
- 3. Методы определения активных компонентов в составе гумуса почв (Для проведения сравнительных исследований в длительных опытах, реперных участках и полигонах агроэкологического мониторинга). М.: ВНИИА, 2010. 34 с.*

ИЗУЧЕНИЕ ДИНАМИКИ СОДЕРЖАНИЯ УГЛЕРОДА ИЛИСТОЙ ФРАКЦИИ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЕ РАЗНОЙ СТЕПЕНИ ОКУЛЬТУРЕННОСТИ

Бойцова Л. В.

*Агрофизический научно-исследовательский институт Россельхозакадемии,
Санкт-Петербург
larisa30.05@mail.ru*

Органическое вещество почвы (ОВП), с одной стороны основной природный источник углеродсодержащих газов (прежде всего углекислого), с другой стороны, ОВП является резервуаром органических веществ, поступающих в почву через биомассу растений.

Почвенный гумус подразделяют на две основные части: лабильную (активную) и устойчивую (инертную). Активная часть образует химически и физически незащищенное ОВП способное к химическим и биохимическим преобразованиям, инертная часть слагает недоступное микроорганизмам по биохимическим, химическим характеристикам и (или) связанное минеральной частью ОВП. К инертной части органического вещества относят органический углерод, связанный с илистой фракцией почвы. Изучение его содержания в почве является одним из приоритетных направлений исследования органического вещества почвы. В условиях длительного сельскохозяйственного использования почв изменение содержания ОВП обусловлено, прежде всего, изменением содержания активной части гумуса. При длительном экстенсивном использовании почвы лабильная часть гумуса может пополняться за счет инертной, что вызывает деградацию почв. В настоящее время для оценки почвенного депонирования углерода в различных почвенных фракциях используют: определение общего содержания органического углерода, распределение ОВ по фракциям связанным с минеральными компонентами почвы и несвязанными с ними.

Цель исследования состояла в изучении динамики содержания органического углерода связанного с илистой фракцией в дерново-подзолистой супесчаной почве с разной степенью окультуренности.

Объектами исследований являлись участки агрофизического стационара Меньковского филиала ГНУ Агрофизический НИИ Россельхозакадемии (Гатчинский район, Лен. Обл.) со слабой и хорошей степенью окультуренности (участок 1; 2) [5]. Почва – дерново - слабоподзолистая супесчаная на красноцветных моренных отложениях [4]. Глубина пахотного слоя составляет 22-23 см. С 2003 по 2005 годы было внесено 0; и 520 т навоза на гектар, соответственно. Каждый из участков в 2006 году разбит на варианты с различными дозами минеральных удобрений: вариант без удобрений - контроль, вариант – N50K70, вариант – N70K90. Севооборот овощной, в 2011 году выращивались многолетние травы 2 – го года пользования: клевер луговой с тимофеевкой луговой. Раз в месяц (май-август) производился отбор почвенных образцов из слоя 0-10 см. Кроме того, на каждом из участков в

сентябре было заложено по почвенному профилю (участок 1: Апах, А2В, В1, В2, С и участок 2: Апах, А1А2, А2В, В1, В2, С), произведен отбор образцов из каждого горизонта. Определены следующие параметры: общий органический углерод (С_{ор.}) по методу Тюрина [1], и углерод илистой фракции почвы (Сил) по методам Ц. Камбардела, Е. Эллиотт [6]. Все определения выполнены в 3-х кратной повторности. Проведена статистическая обработка результатов с использованием программы MS Excel. Кроме того, рассчитаны коэффициенты обогащения: $E_{soc} = C_{\text{фракции}} / C_{\text{ор.}}$, где С фракции – содержание углерода фракции выраженное в % от массы фракции; С_{ор.} – содержание общего органического углерода, выраженное в % от массы почвы.

Для выделения илистой фракции почвы было применено ультразвуковое диспергирование [3]. После разделения частиц почвы методом седиментации, суспензию илстых частиц (ил < 0,001 мм) отбирают для последующего центрифугирования. Затем отделяют илстую фракцию от воды и высушивают ее при температуре 35-40⁰ С, в дальнейшем определяют в ней содержание углерода.

Результаты и обсуждение. Для начала периода наблюдений характерно минимальное содержание Сил в удобренных вариантах (таблица 1), что связано с деятельностью микроорганизмов, которые имеют избыток доступного азота в данный период и испытывают недостаток углерода. Этот недостаток они пополняют за счет углерода илистой фракции [2].

На участке 1 во всех вариантах наблюдается увеличение содержания Сил на 25 — 55% к окончанию вегетационного периода. На участке 2 в вариантах N₅₀ и N₇₀ установлено увеличение Сил в течение всего периода наблюдений на 20 – 30 %. Для этих вариантов хорошо окультуренной почвы прослеживается обратная зависимость динамики содержания углерода илистой фракции, по сравнению с таковой для общего органического углерода. Это, вероятно, можно объяснить тем, что лабильная часть органического углерода в данных вариантах интенсивно расходуется к окончанию вегетационного периода, что способствует уменьшению С_{ор.} Убывание содержания углерода илистой фракции на 15% к окончанию сезона отмечено лишь в варианте контроль участка 2. Установлено максимальное накопление Сил в вариантах с внесением азотных удобрений к окончанию периода наблюдений. Для оценки процесса накопления углерода в почве был использован коэффициент обогащения углеродом илистой фракции почвы. Если коэффициент обогащения (E_{soc}) > 1, происходит обогащение ОВ, если $E_{soc} < 1$, наблюдается истощение ОВ. Во всех изученных вариантах $E_{soc} > 1$, что свидетельствует о накоплении инертной части гумуса. В целом за сезон максимальные значения E_{soc} обнаружены на участке 1, что говорит о большей скорости накопления углерода в илистой фракции и более стабильном состоянии почвы на данном участке в данный промежуток времени. При сравнении по данному показателю удобренных вариантов и контрольных, наибольшие значения E_{soc} соответствуют удобренным вариантам (табл. 1).

Анализ почвенных профилей показал следующее. Максимальное накопление Сил наблюдается в горизонтах Апах, А1А2 (70-80 г Сил на кг ила), для обоих участков. Характерно уменьшение содержания Сил в 2-3 раза в горизонте А2В, по сравнению с Апах, А1А2. В горизонте В1 наблюдается падение содержания углерода, связанного с илом от 5 до 12,6 г Сил на кг ила (соответственно участок 1 и 2). На участке 2 в горизонте В2 наблюдается уменьшение Сил, на участке 1 происходит накопление Сил в данном горизонте (3,2 и 7,8 г Сил на кг ила, соответственно). В почвообразующей породе (горизонте С) в результате вертикальной миграции органических соединений вниз по профилю происходит накопление углерода в илистой фракции почвы обоих участков. В варианте с дозой 0 т/га это накопление существенно (до 30 г Сил на кг ила). Таким образом, максимальное количество Сил сосредоточено в трех верхних горизонтах не зависимо от степени окультуренности, а именно в горизонте Апах, А1А2 и А2В. В профиле овощного севооборота в варианте с дозой органических удобрений 0 т/га не сформировался высоко гумусированный подпахотный горизонт А1А2.

Таблица 1

Сезонное изменение содержания углерода связанного с илом и значения коэффициента обогащения в дерново-подзолистой супесчаной почвы разной степени окультуренности

Степень окультуренности	Доза азота, кг/га	Сил, г/кг ила				Е _{соч} , среднее за сезон
		Месяц				
		Май	Июнь	Июль	Август	
Слабая	0	5,64	5,59	5,33	7,05	3,22
	50	4,91	6,31	5,64	7,60	3,62
	70	4,88	5,48	5,04	7,04	3,66
Хорошая	0	7,68	7,78	8,24	6,58	2,80
	50	6,23	7,96	7,89	7,57	2,94
	70	6,75	8,22	7,04	8,77	3,23

Выводы. Все изученные варианты, за исключением варианта контроль участка почвы с хорошей степенью окультуренности, характеризуются депонированием углерода в илистой фракции почвы. Происходит пополнение инертной части гумуса к окончанию вегетационного периода, что свидетельствует о хорошем уровне агротехники в данных вариантах.

Максимальное накопление углерода в илистой фракции обнаружено в вариантах с внесением азотных удобрений. Однако накопление углерода в илистой части на участке со слабой степенью окультуренности несколько выше, чем на участке с хорошей степенью окультуренности.

Литература:

1. Аринушкина Е.В. *Руководство по химическому анализу почв.* М.: Изд-во МГУ, 1961. 491 с.
2. Бойцова Л.В., Пухальский Я.В. *Сезонная динамика углерода илистой фракции органического вещества в дерново-подзолистой супесчаной почве разной окультуренности // Актуальные проблемы почвоведения, экологии и*

- земледелия / Сб. докл. научно-практ. конф. Курского отделения МОО «Общество почвоведов имени В.В. Докучаева» - Курск, 2012. С. 13-14.
3. Моисеев К.Г., Бойцова Л.В., Гончаров В.Д. Способы выделения илистой фракции почв // *Агрофизика*. 2012. №1(5). С. 35-39.
 4. Моисеев К.Г., Рижия Е.Я., Бойцова Л.В., Зинчук Е.Г., Гончаров В.Д. *Корректировочные работы по крупномасштабному почвенному картографированию Меньковского филиала Агрофизического института Россельхозакадемии* // *Агрофизика*. 2013. №1(9). С.30-36.
 5. Оленченко Е.А., Рижия Е.Я., Бучкина Н.П., Балашиов Е.В. 2012 Влияние степени окультуренности дерново-подзолистой супесчаной почвы на ее физические свойства и урожайность сельскохозяйственных культур в агрофизическом стационаре // *Агрофизика*. 2012. №4(8). С. 8-18.
 6. Cambardella C.A., Elliott E.T.. *Particulate soil organic matter across a grassland cultivation sequence* // *Soil. Sci. Soc. Am. J.* 1992. 56(3). P.777–783.

**ГУМУСОВЫЙ ПРОФИЛЬ СЕРЫХ И АГРОСЕРЫХ ПОЧВ ЛЕСОСТЕПИ
Валеева А.А.¹, Копосов Г.Ф.¹, Александрова А.Б.², Файзрахманова Э.Р.¹**

¹*Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань
valeyabc@mail.ru*

²*Институт проблем экологии и недропользования АН РТ, Казань
adabl@mail.ru*

В настоящее время лесостепь является одной из самых аграрно-освоенных территориально-административных единиц Поволжья. Различные направления и интенсивность антропогенного почвообразования нашли отражение в профилно-генетической классификации почв России. В связи с этим распаханые варианты естественных почв выведены в отдельный параллельный ряд [3]. Несмотря на широкое признание антропогенного воздействия на изменение почв и почвообразования, удовлетворительный подход моделирования и количественной оценки такого воздействия остается неуловимым [5].

Содержание гумуса в почве является решающим признаком ее плодородия. Он тесно коррелирует со всеми физическими свойствами почвы и в значительной степени определяет биологические и химические процессы [2].

Сравнительно-генетическое исследование гумусового профиля серой почвы и его пахотного аналога проводилось на территории Янтыковского лесного массива, расположенный в пределах Лаишевского района Республики Татарстан. Почва серая типичная насыщенная мелкая неглубокоосветленная сильновыщелоченная тяжелосуглинистая на элювии пермских отложений. Гумусовый горизонт характеризуется средним содержанием гумуса (4,96%). Глубже содержание гумуса резко падает (табл. 1).

Профильное изменение содержания гумуса и кислотности серой
и агросерой почвы

Горизонт	Глубина взятия образца	Содержание гумуса, %	pH водный	pH солевой
Серая почва				
AУ	5-19	4,96	6,0	5,0
AEL	19-25	1,23	5,6	4,0
BEL	25-35	0,79	5,6	3,7
BT1	40-60	0,57	5,6	3,6
BT2	70-90	0,57	6,1	-
BC	105-115	0,45	7,2	-
C	125-135	0,35	8,2	-
Агросерая почва				
PУ1	0-15	3,65	6,4	-
PУ2	15-27	2,99	6,3	-
BEL	27- 40	1,21	6,0	-
BT1	40-56	0,74	5,6	4,4
BT2	55-75	0,69	6,1	-
BC	76-87	0,82	7,8	-
C	90-100	0,62	8,2	-

Важную роль в формировании гумусового профиля серых почв играет миграция органического вещества. Характерной особенностью средне- и тяжелосуглинистых почв является трещиноватость профиля. Вертикальные трещины, доходящие до материнской породы, служат транзитной системой для миграции гумусовых веществ из верхних горизонтов вниз по трещинам механическим выносом и в виде коллоидных растворов [4, 5]. В результате этого, структурные отдельности текстурных горизонтов покрыты перегнойными веществами в виде гумусовых кутан, которые проникают на всю глубину профиля. В переходном горизонте к материнской породе, в местах локализации карбонатов, морфологически наблюдается увеличение гумусовых кутан, хотя аналитически, увеличение содержания гумуса в горизонте BC серых почв, не обнаруживается (табл. 1).

Агросерая насыщенная среднепахотная тяжелосуглинистая на пермских отложениях был заложен в 790 м от естественного аналога в однотипных литолого-геоморфологических условиях. Почва характеризуется средневыщелоченным профилем, с низким содержанием гумуса (3,32%) в пахотном горизонте. Уменьшение содержания гумуса в пахотном горизонте связано с включением в состав пахотного горизонта почвенной массы малогумусных нижележащих горизонтов, быстрой минерализации органического вещества при распашке и сокращением поступления растительных остатков в почву.

Разрушение структуры, уплотнения верхних горизонтов, смена увлажнения и иссушения привели увеличению вертикальных трещин. В результате этого в пространстве текстурной части профиля, окружающее полигональные трещины, обнаруживаются натечные гумусовые агрокутаны, количество

которых, по мере приближения к материнской породе, увеличиваются. Появление их указывает на увеличение инфильтрации атмосферных осадков, что приводит к усилению суспензионного переноса веществ. Такие изменения агросерых почв указываются в публикации Ю.Г. Чендева [5]. Содержание гумуса в горизонте ВС агросерой почвы увеличилось вдвое по сравнению с естественным аналогом (табл.1).

Карбонаты в материнской породе служат почвенно-геохимическим барьером, тормозящие вынос минеральных, гумусовых и органоминеральных продуктов почвообразования. Вероятно, это связано с осаждением, как коллоидных растворов, так и механически вынесенных гумусовых веществ по транзитным трещинам. Ионы кальция, содержащиеся в больших количествах, могут вызывать разложение глинисто-органических комплексов, что сопровождается появлением нерастворимости и выпадением компонентов. Коагуляция некоторых диспергированных железо-органических и алюминий-органических комплексов возникает по причине достижения в глубоких горизонтах изоэлектрического рН амфотерных коллоидов [1].

Литература:

1. Дюшофур Ф. Основы почвоведения. Эволюция почв. М.: Прогресс, 1970. 591 с.
2. Кёршенс М. Значение содержания гумуса для плодородия почв и круговорота азота // Почвоведение. 1992. №10. С.122-132.
3. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
4. Русанов А.М., Анилова Л.В. Гумусообразование и гумус лесостепных и степных черноземов южного Предуралья // Почвоведение. 2009. №10. С.1184-1191.
5. Чендев Ю.Г., Александровский А.Л., Хохлова О.С. и др. Антропогенная эволюция серых лесостепных почв южной части среднерусской возвышенности // Почвоведение. 2011. №1. С.3-15.
6. Lin H.S. Three Principles of Soil Change and Pedogenesis in Time and Space // Soil Sci. Soc. Am. J. 2011. Vol.75, N.6. P.2049-2070.

БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ПОЧВ РАЗНОГО ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА В УСЛОВИЯХ НЕФТЯНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Вершинин А.А., Петров А.М., Акайкин Д.В., Игнатьев Ю.А.

*Институт проблем экологии и недропользования АН РТ, Казань
A-Vershinin@mail.ru*

Необходимость оперативного возвращения в хозяйственный оборот загрязненных нефтью и продуктами ее переработки (НП) земель, требует понимания происходящих в почвах процессов. Способность почв к преодолению негативного влияния углеводородов нефти зависит от ее структурного и гранулометрического состава, биохимической активности аборигенной микрофлоры, начальной дозы, длительности воздействия и

природы загрязнителя. Одним из объективных показателей, позволяющих оперативно оценить влияние поллютантов на функциональную активность почвенных микробиоценозов, является определение дыхательной активности почв [1, 2].

В ходе проведенной работы в условиях нефтяного загрязнения были исследованы особенности дыхательной активности дерново-подзолистых почв разного гранулометрического состава.

Опытные образцы с заданным содержанием НП готовились путем внесения в почвы различных количеств сернистой нефти Ямашинского месторождения Республики Татарстан. При испытании дерново-подзолистой тяжелосуглинистой (ДПТ) почвы были использованы варианты, содержащие 7.1, 9.0, 13.0, 16.7 и 20.0% нефти, дерново-подзолистой супесчаной (ДПС) почвы, концентрации 2.4, 4.8, 9.0%. Контролем служила чистая почва. Дыхательная активность почв устанавливалась газохроматографическим методом [3] на 8, 30 и 340 сутки после внесения нефти. Содержание углерода микробной биомассы (Смик.) рассчитывали по [4], коэффициент микробного дыхания (Q_r) вычисляли согласно [2].

Сравнение биологических характеристик чистых (контрольных) образцов изучаемых разновидностей дерново-подзолистых почв показало, что концентрация Смик. в контрольной тяжелосуглинистой почве была в 4.5 раза выше, чем супесчаной. Скорость базального ($V_{\text{базал.}}$) и субстрат-индуцированного ($V_{\text{сид.}}$) дыхания в более тяжелой почве также были в 4.1 и 4.4 раза выше, что исходно определяло более высокую устойчивость микробного сообщества ДПТ почвы к воздействию поллютанта.

Внесение в ДПТ почву нефти приводило к увеличению $V_{\text{базал.}}$ Максимальные величины эмиссии CO_2 были зафиксированы на 8 сутки в интервале начальных концентраций нефти 7.1-9.0%, на 30-е сутки эксперимента в вариантах с содержанием поллютанта – 13.0-16.7%. В опытах на ДПТ почве, даже при 20.0% начальном содержании нефти интенсивность $V_{\text{базал.}}$ в ходе эксперимента в 2.7-5.5 раз превосходила скорость выделения CO_2 в контрольных образцах, что свидетельствует об активной биодеградации компонентов нефти почвенным биоценозом и при высоком содержании НП.

При длительном воздействии НП (340 сут.) уровень $V_{\text{базал.}}$ на ДПТ почву был значительно ниже, чем в первый месяц после загрязнения и составлял 7.1-23.6 мкг $\text{CO}_2/\text{г}/\text{час}$. В первый месяц после внесения нефти в ДПТ почву в опытных образцах активность микробного сообщества была достаточно высокой. На 8 сутки эксперимента максимальные значения $V_{\text{сид.}}$ были зафиксированы в интервале концентраций 7.1-13.0%. На 30 сутки пик активности зарегистрирован при концентрации НП в почве 13.0%, при которой $V_{\text{сид.}}$ в опытных образцах превышала контрольные значения в 2.5 раза. Длительное воздействие НП (340 суток) приводило к понижению активности почвенных микробиоценозов. Интенсивность $V_{\text{сид.}}$ в опытных вариантах снижалась до значений 19.7 - 12.8 мкг $\text{CO}_2/\text{г}/\text{час}$.

Внесение нефти в ДПТ почву приводило к закономерному возрастанию Q_r от 0.15-0.29 в контроле до 0.45 - 0.52. на 8 сутки эксперимента. На 30 сутки в вариантах с начальным содержанием нефти 13.0 и 16.7 % наблюдалось увеличение значений Q_r до 0.60-0.77, что связано со снижением устойчивости почвенного микробного сообщества в условиях высокой деструктивной активности. Длительное воздействие поллютанта на почву (340 суток) приводило к повышению устойчивости микробиоценоза в варианте, содержащем 7.1%. Микробный пул почвы, исходно загрязненной нефтью в концентрации 13.0% и выше, при длительном воздействии поллютанта характеризовался нестабильностью и разбалансированностью почвенных обменных процессов.

Анализ экспериментальных данных не выявил существенных различий в характере $V_{\text{базал. ДПС}}$ почвы в первый месяц эксперимента. Повышение концентрации нефти в почве до 9.0%. приводило к увеличению $V_{\text{базал.}}$ до 9.2 мкг $\text{CO}_2/\text{г}/\text{час}$ и 10.4-10.7 мкг $\text{CO}_2/\text{г}/\text{час}$ соответственно на 8 и 30 сутки эксперимента. В случае длительного воздействия нефтяных компонентов (340 суток) на ДПС почву, как и на тяжелосуглинистой почве, наблюдалась прямая зависимость между $V_{\text{базал.}}$ и начальной концентрацией поллютанта.

Увеличение времени воздействия НП до 30 суток приводило к снижению $V_{\text{сид.}}$ в ДПС до значений сопоставимых с контрольным вариантом. При длительной инкубации (340 суток) характер воздействия остаточных концентраций нефти не менялся - активность микрофлоры в опытных и контрольных вариантах имела сопоставимые значения.

Анализируя изменения Q_r ДПС почв, следует отметить, что при начальной концентрации нефти 2.4% на протяжении всего эксперимента его значения изменялись незначительно и составляли 0.44-0.54. В ходе длительного эксперимента Q_r варьировал от 0.36 до 0.71 и от 0.23 до 1.17 при содержании поллютанта 4.8% и 9.0%, соответственно. Сравнение значений Q_r , полученных на ДПТ и ДПС почвах при начальном содержании нефти 9.0% показывает, что легкие почвы, в сравнении с тяжелыми, требуют более длительного периода или более интенсивных рекультивационных мероприятий для восстановления устойчивости микробного сообщества, нарушенного высокими концентрациями загрязнителя.

Расчет $S_{\text{мик.}}$ характеризующего потенциал почвенного микробного сообщества показал, что внесение НП в ДПТ почву сопровождалось 1.5-2.3 кратным увеличением $S_{\text{мик.}}$ в первый месяц эксперимента и снижением до уровня ниже контрольного при 340 суточной инкубации почв.

В ДПС почве $S_{\text{мик.}}$ через неделю после внесения поллютанта увеличилась пропорционально содержанию нефти в почве. На 30 и 340 сутки содержание $S_{\text{мик.}}$ в почвах имело сопоставимые значения.

На 30 сутки инкубации $S_{\text{мик.}}$ в опытных образцах почвы было выше чем, в контрольных, а на 340 сутки ниже, что может быть связано как с перестройкой микробного сообщества в условиях снижения содержания

органического субстрата, так и результатом действия нефтяных метаболитов – продуктов жизнедеятельности почвенного микробного сообщества.

Анализ полученных данных позволяет предположить, что при двукратном увеличении значений Q_r в первые 8-10 дней после загрязнения почвы нефтью и значениях Q_r , не превышающих 0.55, при длительном воздействии нефти, почвенное микробное сообщество сохранит высокую деструктивную активность и будет способно устранить отрицательные последствия воздействия поллютанта.

Сравнение начальных (после внесения нефти) и конечных (через 340 суток) концентраций, определенных методом ИК-спектрометрии нефтепродуктов, показало, что в ДПС почве в вариантах с начальной концентрацией нефти 7.1%, 9.0% и 13.0%, снижение содержания поллютанта составляло 28.2-29.9%, в вариантах 16.7% и 20.0% - 52.6% и 58.4%, соответственно. В супесчаной почве во всех испытанных вариантах снижение содержания нефтепродуктов имело сопоставимые величины и варьировало в интервале 42.5-49.6%.

Установлено, что при равной начальной концентрации нефти (9.0%) на супесчаной почве остаточное содержание нефтепродуктов было на 29.9% выше, чем на суглинистой дерново-подзолистой почве, что согласуется с данными о более высокой интенсивности дыхания на более тяжелых почвах.

Эксперименты показали, что в загрязненных тяжелосуглинистых и супесчаных дерново-подзолистых почвах протекают однонаправленные процессы, интенсивность которых определяется характеристиками почв. Темпы минерализации нефтепродуктов и активность микрофлоры в тяжелосуглинистой почве превосходили соответствующие показатели супесчаной почвы. Длительное воздействие нефти и продуктов ее трансформации приводило к более серьезным нарушениям устойчивости и стабильности микробного сообщества легких почв. Показано, что при начальном содержании нефти 9.0% легкие почвы требуют более длительного времени или более интенсивных рекультивационных мероприятий для восстановления нарушенных воздействием поллютанта почвенных микробоценозов.

Литература:

- 1. Благодатская Е.В., Ананьева Н.Д., Мякшина Т.Н. Характеристика состояния микробного сообщества почвы по величине метаболического коэффициента // Почвоведение. 1995. №2. С.205-210.*
- 2. Anderson T.-H., Domsch K.H. The metabolic quotient for CO₂ (q CO₂) as a specific activity parameter to assess the effect of environmental conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils // Soil Biol. Biochem. 1993. V.25. №3. P.393-395.*
- 3. Гарусов А.В., Алимova Ф.К., Селивановская С.Ю., Захарова Н.Г., Егоров С.Ю. Газовая хроматография в биологическом мониторинге почвы. Казань: Изд-во КГУ, 2006. 90с.*
- 4. Anderson T.-H., Domsch K.H. A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soils // Soil Biol. Biochem. 1978. V.10. №3. P.215-221.*
- 5. Hund K., Schenk B. The microbial respiration quotient as indicator for bioremediation processes // Chemosphere. 1994. V.28. №3. P.477-490.*

ОПТИМИЗАЦИЯ АЗОТНОГО И МИКРОЭЛЕМЕНТНОГО ПИТАНИЯ РАСТЕНИЙ В АГРОЦЕНОЗЕ КАК ФАКТОР УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ЗЕРНА

Гайсин И.А., Муртазин М.Г., Муртазина С.Г.

Казанский государственный аграрный университет, Казань

Производство продовольственной пшеницы, с высокими показателями качества является первостепенной задачей сельского хозяйства, но ее доля в общем объеме производимой пшеницы невелика. Применение азотных подкормок в значительной степени повышает качество зерна и является необходимым агроприемом для получения высококачественного зерна. Одной из причин ограничивающих возможность формирования качественного зерна является также недостаток микроэлементов, участвующих в азотном обмене, в частности меди и цинка. Медь и цинк являются функциональными компонентами ферментов. Они активизируют деятельность окислительно - восстановительных ферментов, участвующих в азотном и углеводном обменах.

Основная часть

Целью данной работы явилось изучение влияния некорневой подкормки растений яровой пшеницы хелатным микроудобрением, содержащим Cu и Zn (препаратом ЖУСС-3) отдельно и в сочетании с азотом на урожайность и качество зерна яровой пшеницы.

Полевые опыты проводили на опытном поле кафедры агрохимии и почвоведения Казанского ГАУ в четырехкратной повторности на делянках с учетной площадью 80 кв.м. на серой лесной почве с яровой пшеницей сорта Тулайковская. Опыт предусматривал изучение влияния некорневой подкормки растений азотом и медь, цинк содержащим составом (ЖУСС-3) в различных дозах на продуктивность яровой пшеницы. Некорневую подкормку проводили в фазе колошения препаратом ЖУСС-3 отдельно, а также в сочетании с азотной подкормкой. Расход рабочей жидкости составил 200 л/га.

Расчет удобрений – проводился балансовым методом под урожай зерна 30 ц/га. Основные элементы питания вносили из расчета азотных 60, фосфорных и калийных 50 кг/га д.в., с учетом агрохимической характеристики почвы в форме аммиачной селитры, нитрофоски.

В опытах испытывался медь, цинк содержащий удобрительный состав: ЖУСС-3. Препарат ЖУСС-3 имеет следующую характеристику: содержание меди 15-20 г/л, цинка 30-35 г/л. Содержание моноэтаноламина 150- 180 г/л, содержание лимонной кислоты 105-120 г/л. Водородный показатель рН 8-10.

Проведенные исследования показали, что некорневая подкормка растений хелатами меди и цинка отдельно и совместно с азотом повысила содержание азота и фосфора в зерне, но не повлияла на содержание калия в зерне, азота и фосфора в соломе (табл. 1). Максимальные показатели изменения химического состава урожая имеет место в варианте сочетания препарата с азотом.

Применение препарата ЖУСС-3 в дозе 2 л/га совместно с азотом обеспечило получение зерна с наиболее высоким содержанием азота и

фосфора. Оно составило, соответственно, 2.65 и 0.97% (на контроле 2.36 и 0.78%). Согласно изменению химического состава урожая и его величины изменяются показатели выноса элементов питания урожаем. Некорневая подкормка растений позволила повысить вынос основных макроэлементов урожаем яровой пшеницы. Наибольшие показатели хозяйственного выноса в опыте, как и следовало ожидать, получены при использовании препарата ЖУСС-3 в дозе 2 л/га совместно с азотом в дозе 30 кг/га, показатели хозяйственного выноса составили: азота 136.4 кг/га, фосфора 54.1 кг/га, калия 65 кг/га.

Таблица 1

Влияние некорневой подкормки растений препаратом ЖУСС-3 и азотом на химический состав урожая яровой пшеницы, %

Вариант	Зерно			Солома		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1. Контроль	2.36	0.78	0.51	0.60	0.34	0.80
2. ЖУСС-3 1 л/га	2.40	0.82	0.52	0.52	0.28	0.91
3. ЖУСС-3 2 л/га	2.47	0.88	0.54	0.53	0.29	0.94
4. ЖУСС-3 1 л/га +N30	2.59	0.95	0.54	0.51	0.29	0.93
5. ЖУСС-3 2 л/га +N30	2.65	0.97	0.53	0.52	0.28	0.92

Медь, цинксодержащий состав при некорневой подкормке растений совместно с азотом в дозе 30 кг/га повысил урожайность зерна на 0.37 – 0.48 т/га. Повышение урожайности достигнуто, прежде всего, за счет повышения массы 1000 зерен, достигая максимума (40г) в вариантах подкормки с ЖУСС-3 2 л/га + N30 против 30.4 г на контроле, аналогично изменяется масса 1000 семян в вариантах подкормки с препаратом ЖУСС отдельно, варьируя от 35.0 до 37.8 г.

Повышение качественных характеристик зерна (натуры, стекловидности, клейковины, сырого белка) является весьма актуальным в настоящее время. Микроэлементы, участвуя в физиологических процессах, улучшают качественные характеристики продукции [1, 2]. Применение хелатов меди и цинка оказывает положительный эффект и повышает качество урожая, наибольшее увеличение качественных показателей зерна наблюдается в варианте с применением препарата ЖУСС-3 в дозе 2 л/га совместно с применением азота в дозе 30 кг/га. При этом повышение составило: натуре 8 г/л, стекловидности 4 %, клейковины 5.9%, сырого протеина 1.2% и сбор белка увеличился на 148 кг/га (табл. 2).

Заключение. Применение хелатного микроудобрения совместно с азотом при некорневой подкормке растений яровой пшеницы в фазе колошения способствовало увеличению урожайности зерна на 0,48 т/га, улучшению его качественных характеристик, а также повышению экономической эффективности ее возделывания. Рентабельность производства зерна яровой пшеницы при этом повысилась на 31 %, в варианте применения препарата ЖУСС-3 отдельно себестоимость продукции минимальная и рентабельность

производства выше (50-70%), хотя урожайность ее и ниже, что свидетельствует об экономической целесообразности применения хелатного Cu, Zn содержащего микроудобрения отдельно и в сочетании с азотом в технологии возделывания яровой пшеницы.

Таблица 2

Влияние некорневой подкормки растений хелатами меди и цинка на показатели качества зерна яровой пшеницы

Вариант	Натура, г/л	Стекло-видность, %	Клейковина, %	Группа качества клейковины	Сырой протеин, %	Сбор белка, кг/га
1. Контроль	741	67	18.2	I	14.8	554
2. ЖУСС-3 1 л/га	742	69	18,6	I	15.0	588
3. ЖУСС-3 2 л/га	744	68	19.1	I	15.4	612
4. ЖУСС-3 1 л/га +N30	747	69	23.6	I	16.2	668
5. ЖУСС-3 2 л/га +N30	749	71	24.1	I	16.6	702

Некорневая подкормка препаратами ЖУСС-3 слабо отразилась на содержании микроэлементов в зерне (табл. 3), она хотя и повышает в зерне содержание меди и цинка, но эти показатели значительно ниже ПДК.

Таблица 3

Влияние некорневой подкормки растений хелатами меди и цинка на содержание тяжелых металлов в зерне яровой пшеницы, мг/кг

Вариант	Cu	Zn
1. Контроль	1.25	37.8
2. ЖУСС-3 1 л/га	1.5	40.3
3. ЖУСС-3 2 л/га	1.80	43.4
4. ЖУСС-3 1 л/га +N30	1.60	39.8
5. ЖУСС-3 2 л/га +N30	1.70	41.9
ПДК для зерна	10.0	50.0

Литература:

1. Гайсин И.А., Хисамеева Ф.А. Полифункциональные хелатные микроудобрения. Казань: Издательский дом «Медок», 2007. 230 с.
2. Муртазин М.Г., Хисамеева Ф.А., Сагитова Р.Н. Стимулирующее и защитное действие препаратов ЖУСС при обработке семян // Агрехимический вестник. 2006. №4. С.7-9.

ПРИМЕНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ СЭМПЛИНГА ПРИ ИЗУЧЕНИИ ЗАЛЕЖНЫХ ПОЧВ

Гиниятуллин К.Г., Шинкарев А.А.

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань

ashinkar@mail.ru

Самопроизвольное восстановление экосистем на залежах подзоны широколиственных лесов (на суглинистых почвах) начинается с пионерной стадии сукцессий – зарастания заброшенной пашни рудеральными и сеgetальными сорняками. В течение следующих нескольких лет на залежи появляются луговые многолетние растения, длиннокорневищные злаки и начинается формирование лугового фитоценоза. Если залежь используется под сенокосение или интенсивный выпас скота, препятствующих внедрению древесных культур, то на этой стадии сукцессии могут остановиться. При естественном восстановлении экосистем начинается внедрение в луговой фитоценоз древесных растений (к.п. березы и осины) и начинаются сукцессии древесных сообществ до климаксного состояния – дубравы. Однако даже за 100 лет растительность не достигает климаксной стадии, а максимальное биоразнообразие при этом характерно для стадии зарастания луга березовым лесом [1].

Эволюция залежной растительности неизбежно будет сопровождаться изменением степени контагиозности формирующихся сообществ, которые, следовательно, будут характеризоваться различной мозаичностью, обеспечивающей горизонтальную неоднородность поступления в почву органического вещества. С другой стороны, горизонтальное пространственное варьирование свойств в пределах отдельных почвенных разновидностей принимается, в настоящее время, как фундаментальное свойство почвенного покрова. Получается, что динамичная микропестрота залежной растительности будет сложным образом накладываться и сочетаться с микропестротой старопахотной почвы. Тогда возникает закономерный вопрос на какую микропестроту прежде всего ориентироваться при планировании проботбора при изучении пространственных закономерностей формирования гумуса под залежами?

Большинство работ связанных с изучением накопления гумуса под залежной растительностью строятся по принципу изучения «парных» объектов по профильным единичным образцам или образцам смешанным. Первый, сводится, в конечном итоге, к произвольной экстраполяции результатов получаемых по единичным объектам обследования на окружающую территорию или на аналогичные почвенные объекты, без какого-либо учета особенностей их пространственной структуры. Подходы, связанные с отбором смешанных образцов по методикам, разработанным для агрохимического обследования полей, также имеют ряд существенных методических недостатков при применении их к природным объектам. В то же время, в практике почвенных исследований известны примеры достаточно

эффективного применения различных подходов к рандомизованному отбору образцов для характеристики пространственной неоднородности как целинных, так и пахотных почв. Наконец, в мировой практике накоплен огромный методический опыт по репрезентативному отбору проб почвы (сэмплингу), составлению программ полевых испытаний и оценке качества почвы. Основополагающими являются стандарты ИСО/ТК 190 «Качество почвы», ИСО/ТК 207 «Экологическое управление», стандарты Американского агентства по охране окружающей среды, а также стандарты установленные Международным агентством по атомной энергетике [2], ориентированные, прежде всего, на изучение загрязненности почв. Поисковый подход к сэмплингу при изучении залежей можно ориентировать на отбор образцов, учитывающий неоднородность растительного покрова, а отбор по систематической решетке будет обеспечивать регулярное пространственное распределение образцов, без учета неоднородности растительного покрова.

Цель данной работы: Используя различные подходы к проведению сэмплинга, разработанные для характеристики пространственной неоднородности свойств почв или оценки их загрязненности, оценить связь показателей продуктивности залежной растительности и вторичного накопления гумуса в залежных светло-серых лесных почвах Предволжья РТ, с учетом их горизонтальной неоднородности.

В качестве объектов исследования использовали залежные светло-серые лесные почвы, расположенные в Верхнеуслонском и Камско-Устьинском районах РТ. Первый участок – залежь 25-30 лет злаково-разнотравный луговой фитоценоз зарастающий лесом: березой, осиной и единичной сосной. Данный фитоценоз характеризуется высокой степенью контагиозности и микропестроты. При изучении участка ориентировались на поисковый подход к отбору образцов, прикопки (7 шт.) закладывались на наиболее контрастных по растительности участках, выявляемых при обследовании территории по трансектам. Для определения продуктивности растительности отбирался почвенный монолит с произрастающей на ней растительностью размерами 30:30 см на всю глубину старопахотного горизонта. С монолита срезался слой дернины 0-4 см, в котором определялась надземная фитомасса и растительные остатки дернины. В основном монолите определялось содержание корней. Дополнительно, со стенок прикопки отбирались 2 образца из верхних и нижних слоев старопахотного горизонта (без дернины) для определения содержания гумуса. Второй участок – залежь 70-75 лет; стабильный разнотравно-злаковый луговой фитоценоз. Ранее участок подвергался систематическому сенокосению и не имеет признаков зарастания древесными растениями. Залежный фитоценоз характеризуется слабой контагиозностью. Микропестрота визуально не различима. При изучении объекта ориентировались на систематический отбор образцов. Закладывали гексагональную 7-ми точечную решетку, в узлах которой отбирали образцы фиксированного объема (250 см³). Образцы отбирали послойно через каждые 5 см на глубину до 35 см, включая

дернину. Всего было отобрано 49 образцов, в образцах определяли содержание гумуса и корневую массу.

Для подбора приемлемого аппарата корреляционного анализа оценивали соответствие распределения показателей продуктивности растительности и гумусного состояния нормальному закону по критерию Шапиро-Уилка. Для 25-30 летней залежи все показатели характеризуются нормальным распределением, поэтому для оценки связи между вторичным накоплением гумуса и продуктивности растительности использовали параметрический показатель – коэффициент корреляции Пирсона (табл. 1).

Таблица 1

Матрица корреляций между показателями содержания гумуса в старопашотном горизонте и продуктивности растительного покрова

	Содержание гумуса в верхнем слое, %	Содержание гумуса в нижнем слое, %	Разница в содержании и гумуса между верхним и нижним слоями, %	Вес надземной части растений и корней в дернине (0-4 см), г/м ²	Вес корней в А _{старопах} без дернины, г/кг почвы
Содержание гумуса в верхнем слое, %	1,00	0,55	0,64	0,38	0,72
Содержание гумуса в нижнем слое, %		1,00	-0,28	0,69	-0,06
Разница в содержании гумуса между верхним и нижним слоями, %			1,00	-0,22	0,88
Вес надземной части растений и корней в дернине (0-4 см), г/м ²				1,00	0,02
Вес корней в А _{старопах} без дернины, г/кг почвы					1,00

Наблюдается прямая сильная корреляционная связь между содержанием гумуса в верхней части старопашотного горизонта и содержанием корней в данном горизонте, а также между разницей в содержании гумуса между верхним и нижним слоями (которую можно условно отнести к новообразованному под залежью гумусу) и весом корней в старопашотном горизонте. Однако только во втором случае коэффициент корреляции статистически значим.

Для 70-75 летней залежи не все показатели гумусного состояния и продуктивности растительности соответствовали нормальному распределению (табл. 2). В зависимости от результатов проверки совокупностей на нормальность распределения наряду с параметрическим показателем связи – коэффициентом корреляции Пирсона использовали непараметрический показатель – коэффициент корреляции Спирмена. Анализ результатов

показывает, что между содержанием растительных остатков и корней в образцах и содержанием гумуса наблюдается прямая корреляционная связь. В слое 0-5 см (дернина) и в слое 25-30 см корреляция может оцениваться как средняя, статистически не значимая. В слоях 5-10 см, 10-15 см, 15-20 см 20-25 см и 30-35 см корреляция оценивается как сильная, а коэффициент корреляции как статистически значимый.

Таблица 2

Результаты оценки нормальности распределения по критерию Шапиро-Уилка и оценка корреляции содержания гумуса и корней в послойных образцах из 7-ми разрезов заложенных по систематической гексагональной решетке на залежи 70-75 лет

Глубина отбора образцов, см	Оценка нормальности распределения содержания гумуса		Оценка нормальности распределения содержания корней		Коэффициент корреляции	Значение коэффициента
	Значение статистики (W)	р-значение	Значение статистики (W)	р-значение		
0-5	0,86	0,14	0,91	0,41	Пирсона	0,58
5-10	0,97	0,90	0,99	0,98	Пирсона	0,78
10-15	0,88	0,21	0,65	0,00	Спирмена	0,75
15-20	0,82	0,06	0,99	1,00	Пирсона	0,77
20-25	0,93	0,55	0,90	0,35	Пирсона	0,76
25-30	0,87	0,17	0,80	0,04	Спирмена	0,64
30-35	0,77	0,02	0,83	0,07	Спирмена	0,75

Выводы: Различные подходы к проведению сэмплинга и к технике проботбора являются продуктивными при исследовании пространственных закономерностей формирования гумуса в залежных почвах. Они позволяют оценить связь показателей продуктивности залежной растительности и вторичного накопления гумуса с учетом их пространственной неоднородности. Однако при выборе способа проботбора необходим учет особенностей самих залежных фитоценозов.

Литература:

1. Люри Д.И., Горячкин С.В., Караваева Н.А., Денисенко Е.А., Нефедова Е.Т. Динамика сельскохозяйственных земель России в XX веке и постагрогенное восстановление растительности и почв. М.: ГЕОС, 2010. 416 с.
2. Soil sampling for environmental contaminants. Vienna: IAEA, 2004. 75 p.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГУМУСНОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕРНОЗЕМОВ ОБЫКНОВЕННЫХ ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ТЕРРИТОРИЙ (ООПТ) РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Гончарова Л.Ю., Селезнев А.Г., Симонович Е.И.
Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону
goncharova_1958@mail.ru

Ростовская область, расположенная на юго-востоке европейской части Российской Федерации, в южной части Восточно-Европейской равнины и частично в Северо-Кавказском регионе, занимает обширную территорию в речном бассейне Нижнего Дона. Площадь области составляет 100,9 тыс. км². Преобладающими почвами Ростовской области являются черноземы (62%) и каштановые почвы (23%). Североприазовские черноземы (черноземы обыкновенные южно-европейской фации) занимают 6,7% площади Ростовской области [4].

Черноземы обыкновенные сформированы под степной разнотравно-типчаково-ковыльной растительностью. Их гумусовый горизонт колеблется от 35 - 45 см (холодная восточно-европейская фация) до 80 - 140 см (теплая южно-европейская фация). Почвы имеют буроватый оттенок на общем темно-сером фоне и комковатую структуру горизонта АВ. Горизонт В (гумусовых затеков) часто совпадает с карбонатным горизонтом или В_к, или ВС_к. Структура этого горизонта призматическая, цвет буровато-палевый. Карбонаты представлены пятнами белоглазки и псевдомицелия, мучнистой пропитки С_к — палевая карбонатная почвообразующая порода. В профиле почв много кротовин [1]

Естественная эволюция почв неразрывно связана с эволюцией ландшафта, то есть с изменением экологических условий, в равновесии с которыми почва находится на определенном этапе педогенеза. Изменение факторов природной среды неизбежно приводит к изменению тех или иных свойств почвенного тела. В связи с усилением антропогенного воздействия на природу, все большая доля территории области становится неблагоприятной для жизни людей и для ведения сельскохозяйственного производства. Для мониторинга процессов деградации почв необходимы их природные аналоги в минимальной степени измененные антропогенными факторами. Такими аналогами являются почвы ООПТ [5].

Цель работы – изучение современного гумусного состояния черноземов обыкновенных карбонатных ООПТ Ростовской области.

Объекты исследований:

1. **Персиановская заповедная степь** (66 га) находится в 10 км к северу от г. Новочеркаска и представляет собой плакорную степь в верховье балки Хорули в междуречье реки Грушевка и балки Сухая Кадамовка. Слабоволнистая равнина, покрытая мощной толщей лессовых отложений, почва - чернозем обыкновенный. Как заповедник существует с начала XX века [3].

2. *Заповедная залежь «Приазовская степь»* (15 га) расположена на территории учебно-опытного хозяйства Южного федерального университета «Недвиговка» в 2 км на юг от автострады Ростов-Таганрог. Существует как залежь с 1939 г. Плакорная степь на водоразделе. Слабоволнистая равнина, покрытая мощной толщей лессовидных отложений. Залежный участок "Приазовская степь" является объектом, на котором восстановлена естественная растительность. Среди черноземов обыкновенных южно-европейской фации этот объект отличается наименьшей мощностью гумусового горизонта [3].

3. *Ботанический сад ЮФУ* - В 2006 году Комитет по охране окружающей среды и природных ресурсов администрации Ростовской области включил Ботанический сад в перечень особо охраняемых природных территорий (Постановление №418 от 19.10.2006). В настоящее время Ботанический сад занимает площадь 160,5 га с разнообразным рельефом, почвами, растительностью. Черноземы обыкновенные южно-европейской фации (североприазовские) на территории сада являются преобладающими почвами [3].

При выполнении работы использовались полевые и лабораторные методы исследований. В отобранных почвенных образцах из разрезов черноземов обыкновенных ООПТ Ростовской области было определено содержание гумуса по методу И.В. Тюрина и рассчитаны его запасы [2].

Наибольшее содержание гумуса отмечено в черноземе обыкновенном Персиановской заповедной степи – 5,00 %, что соответствует средней обеспеченности [6].



Рис. 1. Изучаемые особо охраняемые природные территории Ростовской области

Черноземы УОХ «Недвиговка» и Ботанического сада ЮФУ характеризуются низким содержанием гумуса (4,00 и 3,55% соответственно) (табл. 1). Наименьшее содержание гумуса отмечено в черноземах Ботанического сада ЮФУ, что объясняется их самым

малым периодом залежности - 26 лет, по сравнению с УОХ «Недвиговка» (75 лет). Персиановская заповедная степь является уникальным массивом сохранившейся целинной растительности и почвенного покрова Приазовья. Таким образом, черноземы обыкновенные Ботанического сада ЮФУ и УОХ «Недвиговка» в настоящее время все еще находятся в стадии восстановления.

По содержанию гумуса черноземы обыкновенные ООПТ можно ранжировать следующим образом: Персиановская заповедная степь -

Заповедная залежь «Приазовская степь» (Недвиговка) - залежь в Ботаническом саду ЮФУ (Ростов-на-Дону).

По запасам гумуса (т/га) в черноземах обыкновенных карбонатных закономерность, выявленная по содержанию гумуса, сохраняется: наибольшие запасы гумуса отмечены в Персиановской заповедной степи – 280,8 т/га, что соответствует очень высокому уровню обеспеченности. Черноземы Ботанического сада и УОХ «Недвиговка» характеризуются средними запасами гумуса.

По содержанию гумуса черноземы обыкновенные ООПТ можно ранжировать следующим образом: Персиановская заповедная степь - Заповедная залежь «Приазовская степь» (Недвиговка) - залежь в Ботаническом саду ЮФУ (Ростов-на-Дону).

Таблица 1

Содержание гумуса и морфометрические характеристики черноземов обыкновенных ООПТ Ростовской области

ООПТ	Мощность горизонта А, см	Мощность А+В см	Глубина залегания белоглазки, см	Гумус в гор. А, %	Запасы гумуса в гор.А, т/га
Ботанический сад ЮФУ	48	76	75	3,55	129,9
Персиановская заповедная степь	48	90	90	5,00	280,8
«Приазовская степь» Недвиговка	27	52	62	4,00	137,2

По запасам гумуса (т/га) в черноземах обыкновенных карбонатных закономерность, выявленная по содержанию гумуса, сохраняется: наибольшие запасы гумуса отмечены в Персиановской заповедной степи – 280,8 т/га, что соответствует очень высокому уровню обеспеченности. Черноземы Ботсада и УОХ «Недвиговка» характеризуются средними запасами гумуса.

Также нами был проведен сравнительный анализ морфологических характеристик черноземов обыкновенных разных ООПТ Ростовской области - мощности гумусово-аккумулятивного горизонта А, мощности гумусового горизонта (А+В) (табл. 1). По указанным характеристикам изучаемые почвы можно ранжировать следующим образом: черноземы обыкновенные Персиановской заповедной степи - черноземы обыкновенные Ботанического сада – черноземы обыкновенные Заповедной залежи «Приазовская степь» учебно-опытного хозяйства ЮФУ «Недвиговка».

Выводы

1. По содержанию гумуса залежные черноземы Ботанического сада и учхоза «Недвиговка» являются малогумусными (меньше 4%), а целинные черноземы Персиановской заповедной степи – среднегумусными.
2. По мощности гумусо-аккумулятивного горизонта А и по мощности гумусового горизонта (А+В) изучаемые почвы можно ранжировать

следующим образом: черноземы обыкновенные Персиановской заповедной степи - черноземы обыкновенные Ботанического сада – черноземы обыкновенные Заповедной залежи «Приазовская степь» учебно-опытного хозяйства ЮФУ «Недвиговка».

3. Для мониторинговых исследований рекомендуется в качестве эталона использовать целинный чернозем обыкновенный Персиановской заповедной степи, так как в других ООПТ процесс восстановления гумусного состояния черноземов разных периодов залежности протекает и в настоящее время

Литература:

1. Безуглова О.С., Хырхырова М.М. Почвы Ростовской области. Ростов н/Д: ЮФУ, 2008. 352 с.
2. Воробьева Л.А. Теория и практика химического анализа почв. М.: ГЕОС, 2006. 400 с.
3. Красная книга почв России: Объекты Красной книги и кадастра особо ценных почв / Науч. ред.: Добровольский Г.В., Никитин Е.Д. М.: МАКС Пресс, 2009. 576 с.
4. Крыщенко В.С., Замулина И.В., Голозубов О.М., Литвинов Ю.А. История и современное состояние районирования почвенного покрова Ростовской области // *Фундаментальные исследования*. 2012. № 5. Ч. 2. С. 415-421.
5. Мотузова Г.В., Безуглова О.С. Экологический мониторинг почв. М., 2007. 232 с.
6. Орлов Д.С., Садовникова Л.К., Суханова Н.И. Химия почв. М.: Высшая школа, 2005. 558 с.

**ВЭЖХ В ИССЛЕДОВАНИИ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА
НАЗЕМНЫХ ЭКОСИСТЕМ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА**

Горбачева Т.Т., Артемкина Н.А.

*Институт проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН,
Апатит, Мурманская обл.
gorbacheva@inep.ksc.ru*

Любые изменения в качественном и количественном составе органического вещества (ОВ) служат индикатором изменений, происходящих в наземных экосистемах, где оно распределено на абиотическом уровне между твердой и жидкой фазами. По имеющимся оценкам, атмосферный привнос ОВ в наземные экосистемы некоторых регионов Европы достигает 10 - 40 кг га⁻¹ [5], что сопоставимо с его выносом промывными водами, при этом именно атмосферный привнос некоторых компонентов признается их основным источником в почвенной матрице. В настоящее время изученность вопроса об индивидуальном составе и, главное, полноте определения состава ОВ атмосферных выпадений в лесной зоне, еще весьма слабая. Большие возможности для определения качественного и количественного состава ОВ атмосферных выпадений представляет метод высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ), использованной в данной работе.

Отбор проб атмосферных выпадений проводился нами ежемесячно в течение вегетационного периода 2003 г. на площадках интенсивного мониторинга, проводимого ИППЭС на территории Кольского полуострова с 1985 года. На данных площадках установлены стационарные осадкоприемники, представляющие собой трубы из поливинилхлорида черного цвета (для предотвращения деградации ОВ под действием солнечного излучения). В трубах просверлены отверстия для вентиляции; диаметр труб 14.5 см, что соответствует площади водосбора 0.0165 кв.м. Внутри трубы помещается полиэтиленовый пакет вместимостью до 3 литров, закрепляемый специальным колпаком. На каждой мониторинговой площадке установлено по 9 осадкоприемников (три повторности в межкروновых пространствах и шесть - в подкروновых, в том числе три – по краю кроны). В данной работе приводятся результаты исследования состава НАК атмосферных выпадений в межкроновых пространствах фоновых территорий (сосняк кустарничково-зеленомошный, 66°57'09,9"N, 29°36'38,9"E; сосняк кустарничково-лишайниковый, 66°57'41"N, 29°43,20"E; ельник зеленомошный, 66°56'23,1"N, 29°51'22,5"E; ельник зеленомошно-кустарничковый 66°50,45' N, 30°12,34'E).

Для большинства органических компонентов в окружающей среде наиболее характерна анионная форма [5]. Перед проведением исследований вод нами был проведен анализ ионного баланса атмосферных выпадений с начала заложения каждой из мониторинговых площадок, перечисленных выше. Согласно основным критериям, принятым в отношении состава жидких фаз наземных экосистем [2], разница между суммой катионов (K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , NH_4^+ и H^+) и суммой анионов минеральных кислот (SO_4^{2-} , Cl^- , NO_3^-), выраженных в нормальных концентрациях, принимается за концентрацию анионов органических кислот. На рисунке 1 приведено соотношение между суммой анионов минеральных кислот, полученной аналитическим определением, и суммой анионов органических кислот, полученной расчетным путем. Данные относятся к атмосферным выпадениям в межкроновых пространствах ельника зеленомошного, 66°56'23,1"N, 29°51'22,5"E. Год заложения площадки - 1998. Как видно из ионного баланса, противоионами катионной части атмосферных выпадений могут являться анионы и минеральных, и органических кислот, причем сумма анионов органических кислот в отдельные периоды может существенно превышать этот показатель в отношении минеральных кислот.



Рис.1. Соотношение анионов минеральных и органических кислот в атмосферных выпадениях в межкроновых пространствах ельника зеленомошного.

В связи с этим обстоятельством из широкого перечня органических соединений, потенциально присутствующих в атмосферных выпадениях, для исследования нами был выбран ряд низкомолекулярных алифатических кислот (НАК), роль которых в педогенезе широко признана, в том числе из-за их возможного присутствия в растворах, как в анионной, так и в молекулярной форме [4]. Перечень определяемых кислот и условия хроматографирования приведены в таблице 1.

Таблица 1

Хроматографические параметры определения НАК

Кислота	Концентрация, μМ	ПО, μМ	t _R , мин
Щавелевая (Щав)	5, 10, 25, 50, 250, 500	0.6	9.16
Лимонная (Лим)	25, 50, 250, 500	3.5	11.23
Винная (Вин)	25, 50, 250, 500	3.7	12.06
Яблочная (Ябл)	25, 50, 250, 500	5.5	13.64
Малоновая (Мал)	25, 50, 250, 500	6.0	14.28
Шикимовая (Шик)	5, 10, 25	0.2	17.36
Муравьиная (Мур)	50, 250, 500	20.2	18.91
Уксусная (Укс)	50, 250, 500	24.1	20.49
Фумаровая (Фум)	2.5, 5, 25, 50	0.4	23.61

Примечание. ПО - предел обнаружения; t_R - время удерживания компонента.

Анализ НАК проводили методом ВЭЖХ в изократическом режиме на жидкостном хроматографе «Стайер» («Аквилон», Москва) со спектрофотометрическим детектором UVV-104 (при длине волны 210 нм) и программным обеспечением «МультиХром». Предколонка Carbo-H⁺ (4×3 мм, «Phenomenex», размер частиц 8 мкм), колонка Rezex 8u 8% H. Org. Acid (300×7.8 мм, «Phenomenex», размер частиц 5 мкм). Элюент: 2% раствор H₃PO₄ (pH≈2.01). Скорость потока – 0.45 мл/мин, объем инъекции – 50 мкл, время хроматографирования – 26 мин. Пробы пропускали через фильтр (Millipore, Bedford, США, 0.45мкм, диаметр – 13 мм). За основу разделения была принята методика, представленная в работе [4]. При адаптации условий анализа для используемого нами оборудования были установлены пределы обнаружения каждого компонента и проведена калибровка. Наличие в растворе шикимовой кислот, относящейся к циклогексенкарбоновым кислотам, идентифицируемым совместно с НАК, подтверждалось методом тонкослойной хроматографии. Результаты анализов приведены в таблице 2.

Из летучих органических кислот муравьиная и уксусная кислоты признаются абсолютными доминантами в составе жидкой фазы атмосферы [1]. Их происхождение в атмосферных выпадениях даже на условно-фоновых территориях относят как к биогенным, так и антропогенным источникам [1]. Одним из предполагаемых механизмов реакций формирования кислот в атмосфере является окисление олефинов (ненасыщенных углеводородов), в частности, изопрена, под действием озона. Однако органические кислоты относятся к весьма лабильной фракции ОВ и быстро подвергаются

биодegradации. В атмосферных выпадениях наиболее низкомолекулярные кислоты типа упомянутой выше муравьиной, а также щавелевой, шикимовой, малоновой идентифицированы нами на уровне выше предела обнаружения в единичных случаях, а концентрация уксусной кислоты была ниже ее предела обнаружения, составляющего $24.1 \text{ мкмоль л}^{-1}$, что, вероятно, и обусловлено интенсивным декарбоксилированием указанных кислот. Лимонная и винная кислоты идентифицированы в большинстве проб. Вероятно, в исследуемых биогеоценозах отмечается постоянный привнос указанных кислот за счет активного функционирования микрофлоры филлосферной зоны в течение вегетационного периода. Известно, что *Aspergillus*, *Penicillium*, *Bacillus licheniformis* в процессе своей жизнедеятельности способны синтезировать лимонную кислоту [3]. Максимальный уровень суммарного содержания НАК в атмосферных выпадениях отмечен в августовский отбор, минимальный - в конце вегетационного периода, что позволяет предполагать существенное влияние на состав вод микробиологической активности филлосферной зоны лесного массива, в рамках которого установлены осадкоприемники.

Таблица 2

Концентрация низкомолекулярных алифатических кислот
в атмосферных выпадениях

Биогеоценоз	Срок отбора	Концентрация НАК, мкмоль л^{-1}						
		Щав	Лим	Вин	Ябл	Шик	Мал	Мур
сосняк кустарничково- зеленомошный	июль		38,9	8,5	15,7	+		
	август		61,1	13,2		+		
	сентябрь		8,9					
сосняк кустарничково- лишайниковый	июль	0,6	9,5			+	9,7	
	август		50,3	9,9	18,4	+		
	сентябрь		8,0					
ельник зеленомошный	июль		41,1	9,3		+		
	август		45,3	9,8		+		
	сентябрь		18,5			+		37,7
ельник зеленомошно- кустарничковый	июль		9,2					
	август		49,7	9,6	22,7			
	сентябрь	10,4	28,0			+		

Корреляция кислот с общим содержанием С слабая ($r= 0.26$, $n= 12$ для доминирующей лимонной кислоты, а доля С, относящейся к данной кислоте, не превышает 1% общего содержания С в растворе. Это говорит о необходимости расширения перечня определяемых органических соединений в составе атмосферных выпадений. Наиболее вероятный путь для дальнейших исследований - освоение аналитических методик определения фенолсодержащих кислот методами ВЭЖХ.

Литература:

1. Chebbi A. and Carlier P. *Carboxylic acids in the troposphere, occurrence, sources and sinks: A review // Atmos. Environ. 1996. V. P. 4233–4249.*

2. Clarke N., Zlindra D., Ulrich E., Mosello R., Derome J., Derome K., Konig N., Lovblad G., Draaijers G.P.J., Hansen K., Thimonier A., Waldner P. *Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. Part XIV: Sampling and Analysis of Deposition.* UNECE, ICP Forests, Hamburg, 2010/ 66 p.
3. Griffiths R.P., Baham J.E., Caldwell B.A. *Soil solution chemistry of ectomycorrhizal mats in forest soil // Soil Biol. Biochem.* 1994. V. 26. P. 331–337.
4. Van Hees P.A.W., Dahlen J., Lundström U.S., Boren H., Allard B. *Determination of low molecular weight organic acids in soil solution by HPLC // Talanta,* 1999, V. 48. P. 173-179.
5. Zsolnay A. , 2001. *The prediction of the environmental function of the dissolved organic matter in ecosystems. Final Report of the European Science Foundation Exploratory Workshop.* <http://www.esf.org/medias/0020L.pdf>.

ОРГАНИЧЕСКОЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ – ЗАЛОГ СОХРАНЕНИЯ ПОЧВЕННЫХ РЕСУРСОВ И УЛУЧШЕНИЯ ИХ ПЛОДОРОДИЯ

Григорьян Б.Р.^{1,2}, Кольцова Т.Г.¹, Сунгатуллина Л.М.¹

¹ *Институт проблем экологии и недропользования АН РТ, Казань
t@shmain.ru*

² *Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань
Boris.Grigoryan@kpfu.ru*

В большинстве развитых стран активно разрабатываются и осваиваются биологические методы ведения сельского хозяйства. Органические (экологические, биологические) методы ведения сельского хозяйства основаны на сокращении или полном отказе от синтетических минеральных удобрений и химических средств защиты растений, регуляторов роста растений, генетически модифицированных организмов при максимальном использовании биологических факторов повышения плодородия почв, подавления болезней, вредителей и сорняков, а также осуществления комплекса других мероприятий, не оказывающих негативного воздействия на состояние природной среды, но улучшающих условия формирования урожая. С целью повышения плодородия возделываемых сельскохозяйственных почв и урожайности растений активно внедряются эффективные севообороты, органические удобрения (навоз, компосты, пожнивные остатки, сидераты и др.), используются различные почвозащитные и противоэрозионные методы обработки почвы.

Реализация принципов органического земледелия и организация производства согласно требованиям стандартов по органическому сельскому хозяйству способствует сохранению и восстановлению плодородия почв, а также получению качественной и безопасной сельскохозяйственной продукции. В отличие от традиционного землепользования в органических агроэкосистемах внедряемые мероприятия направлены, прежде всего, на долгосрочную перспективу сохранения и повышения почвенного плодородия.

При органическом сельском хозяйстве основное внимание уделяется созданию условий для функционирования почвенной биоты, в особенности, микроорганизмов, разрушающих органические соединения и высвобождающие элементы питания для растений в процессе минерализации. Почвенные организмы, кроме того, способствуют формированию структуры почвы за счет продуцируемых ими в результате жизнедеятельности химических веществ, связывающих частицы почвы в почвенные агрегаты. Как известно, агрегированные почвы наиболее удобны при сельскохозяйственном возделывании, характеризуются лучшей инфильтрацией воды и дренажными свойствами. Внесение органических удобрений увеличивает содержание органического вещества и гуминовых кислот в почве, а также повышает катионообменную емкость, насыщая почву такими важными элементами питания для растений как калий, кальций и магний, пополняя запас питательных веществ. В дополнение к этому, органическое вещество увеличивает значение отрицательного заряда почв, повышая, таким образом, способность привлекать и удерживать катионы различных элементов питания. Проведенные нами исследования показали, что в почвах органических агроэкосистем наблюдается положительный баланс гумуса, значение которого с течением времени возрастает, содержание питательных элементов (калия, азота, фосфора) и значение кислотности оптимально для роста и развития местных сортов культурных растений.

По результатам наших исследований, установлено, что коэффициент педотрофности (отношение численности микроорганизмов, выросших на почвенном агаре к численности микроорганизмов, выросших на мясопептонном агаре), характеризующий степень минерализации органического вещества почвы, приблизительно в 2-3 раза ниже в почвах органических агроэкосистем по сравнению с почвами традиционной (с использованием пестицидов, минеральных удобрений, без оптимизации структуры агроландшафта) системы земледелия, что свидетельствует о высокой скорости истощения запасов гумуса в почвах при традиционном, интенсивном землепользовании.

Согласно нашим данным в почвах при традиционной системе земледелия отмечен низкий процент встречаемости свободноживущих азотфиксирующих микроорганизмов рода *Azotobacter*, являющихся чуткими индикаторами загрязнения и почвенного плодородия. В почвах органических агроэкосистем значение данного показателя находится в диапазоне 87-100%, значительно выше показатели общего числа почвенных микроорганизмов. Отмечено, что в сельскохозяйственных почвах органических агроэкосистем по сравнению с почвами при традиционной системе земледелия плотность почвенной мезофауны выше в 1,5-2,4 раза, плотность дождевых червей – в 3,5-6 раз, число таксономических групп почвенных беспозвоночных животных – в среднем в 2,3 раза, видовое богатство фауны жесткокрылых-герпетобионтов – в среднем в 1,5 раза. В целом, фауна напочвенных и почвенных организмов при органическом сельском хозяйстве отличается более стабильным,

разнообразным и длительно сохраняющимся составом сообществ живых организмов, способствуя устойчивому развитию агроэкосистемы и сохранению почвенных ресурсов [2].

Представленные данные согласуются с литературными. Известно, что 100% переход на органическое земледелие в Дании способствовал увеличению микробной биомассы на 77%, численности ногохвосток – на 37%, плотности дождевых червей – на 154% [3, 5]. Результаты проведенных 21-летних полевых исследований Швейцарского исследовательского института органического сельского хозяйства (FiBL) показали, что в органических агроэкосистемах повышается биологическая активность микроорганизмов, возрастает численность и биоразнообразие почвообитающих животных: в органических хозяйствах, по сравнению с традиционными, биомасса дождевых червей выше на 30-40%, а их плотность на единицу площади – на 50-80%. В органических агроэкосистемах на 100% больше жужелиц, 60-70% больше жуков-стафилинид, на 70-120% – пауков, общая биомасса почвенных микроорганизмов больше на 20-40%, более разнообразен (в 6 раз) растительный мир [4].

На конец 2011 г. по данным FiBL в мире насчитывалось 37,2 млн. га органических сельскохозяйственных угодий. Регионами с наибольшей площадью органических сельскохозяйственных земель являются Океания (12,2 млн. га, 33% органических сельскохозяйственных земель в мире) и Европа (10,6 млн. га, 29%). Лидерами по общей площади органических земель являются Австралия (12 млн. га), Аргентина (3,8 млн. га) и США (1,9 млн. га). В Европе по состоянию на конец 2011 г. насчитывалось 10,6 млн. га органических сельскохозяйственных угодий. К странам с наибольшим количеством органических сельскохозяйственных угодий относятся Испания (1,6 млн. га), Италия (1,1 млн. га) и Германия (1 млн. га) [6].

Несмотря на преимущества органического сельского хозяйства, в России данный вид агропроизводства развивается медленными темпами. Отсутствие сформированной законодательно-нормативной и терминологической базы, а также недостаточная осведомленность среди производителей и населения препятствуют широкому внедрению органического земледелия в России. Согласно данным FiBL и Международной федерации экологического сельскохозяйственного движения IFOAM к концу 2011 г. в России площадь органических сельскохозяйственных земель насчитывала 126848 га, что составляет 0,06% от общей площади страны, отмечено 49 производителей органической продукции [6]. Тем не менее на современном этапе экологизация сельского хозяйства рассматривается как стратегическое направление для обеспечения продовольственной безопасности России. В настоящее время проводится гармонизация требований по качеству и безопасности продуктов питания с Таможенным Союзом в связи со вступлением в ВТО, решаются вопросы о развитии органического сельского хозяйства, в частности, разработан проект федерального закона «О производстве органической сельскохозяйственной продукции и внесении изменений в законодательные акты Российской Федерации», комплексным планом мероприятий по

реализации Концепции развития национальной системы стандартизации РФ на период до 2020 года предусмотрена разработка национальных стандартов в сфере органического сельского хозяйства. К настоящему времени лабораторией агроэкологических разработок Института проблем экологии и недропользования сформулирована концепция создания системы производства, сертификации и оборота органической продукции в Республике Татарстан [1], составлен проект Технического Регламента «Экологическое сельскохозяйственное производство и маркировка экологической сельскохозяйственной продукции» для Республики Татарстан. В основу Технического Регламента положены основные регламентации стандартов по органической продукции Европейского союза в их последней редакции, измененные и адаптированные в соответствии с природно-климатическими и социально-экономическими особенностями Республики Татарстан.

Литература:

1. Григорьян Б.Р., Николаева Т.Г., Кулагина В.И., Сунгатуллина Л.М. Концепция создания системы производства, сертификации и оборота экологически чистой продукции в Республике Татарстан // *Июль Татарстана*. 2009. № 3-4. С.36-40.
2. Григорьян Б.Р., Николаева Т.Г., Сунгатуллина Л.М. Изменение биологических параметров почвенной экосистемы в агробиоценозах в условиях различных систем земледелия // *Георесурсы*. 2011. №2(38). С. 9-13.
3. Maturaba Y., N. Hasegawa, H. Fukui. Incidence of fusarium root rot in asparagus seedlings infected with Arbuscular mycorrhizal fungus as affected by several soil amendments. *J. Japan Soc. Hort. Sci.* 2002. N 71 (3). P.370-374.
4. *Organic Farming Enhances Soil Fertility and Biodiversity: Results from a 21 Year Old Field Trial / Switzerland: Research Institute of Organic Farming (FiBL). Frick, 2000. Dossier No. 1. 96 p.*
5. Scow K.M., O. Somasco, H. Ferris, N. Gunapala, S. Lau, R. Venette, R. Miller, C. Shennan. Transition from conventional to low-input agriculture changes soil fertility and biology // *Cal. Agric.* 1994. No 48. P.20-26.
6. *The World of Organic Agriculture. Statistics and Emerging Trends 2013 // International Federation of Organic Agriculture Movements (IFOAM) (Bonn, Germany) and Research Institute of Organic Agriculture (FiBL) (Frick, Switzerland). BioFach, 2013.*

ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ СОДЕРЖАНИЯ ГУМУСА В ПОЧВАХ ЛЕСОСТЕПИ И ПРОБЛЕМА ЕЕ РАЗДЕЛЕНИЯ (НА ПРИМЕРЕ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН)

Давлятшин И.Д.

Казанский государственный аграрный университет, Казань

Закон природной зональности, установленный В.В. Докучаевым и впервые оповещенный в работе «К учению о зонах природы» (1899), представляет основной закон биосферы, определяет основные направления развития научных

дисциплин, относящихся к группе географических наук. Количественный и качественный состав гумуса служит главным критерием выделения почвенно-географических зон и подзон, а также определения типовой и подтиповой принадлежности почв.

Основное направление, стадии и темпы развития природного тела – почвы, обусловлено ее местоположением на географической оболочке Земного шара, то есть зональной принадлежностью. Именно все это определяет особенности обмена веществ и энергии, устойчивость и темпы разложения минералов горной породы и поступающего органического вещества, синтез новых минералов и специфического органического вещества гумуса.

В лесостепной зоне выделяются два почвенных типа – серые лесные почвы и черноземы лугово-степные, характеризующиеся коэффициентами увлажнения около единицы, что формирует пестроту почвенного покрова на уровне типов и подтипов, определяет варьирование направления и скорость процессов, особенно гумификации. В конечном итоге проявляется экстразональность почвенного покрова всей лесостепной зоны.

Почвенные свойства и морфологические признаки закономерно дифференцируются по подтипам, что нами рассматриваются на примере интегрального показателя плодородия – содержания гумуса (табл. 1).

В республике 5 почвенно-географических подзон представлено полностью, а две (на севере и на юге) представлены лишь частично.

Содержание гумуса по меридиональной линии в пределах пахотного горизонта возрастает от 2,08 до 7,18%. Эта закономерность сохраняется для остальных расчетных слоев - полуметровой и метровой толщи.

Таблица 1

Содержание гумуса в пахотных почвах зонального ряда

Индекс почв	Ширина подзон	%			т/га		
		0-30 см	0-50 см	0-100 см	0-30 см	0-50 см	0-100 см
П ^д	25	2,08	1,54	1,00	80,2	102,5	138,4
Л ₁	30	2,64	1,99	1,28	101,2	130,9	173,8
Л ₂	30	3,70	2,77	1,61	137,3	176,9	210,9
Л ₃	30	4,83	3,40	2,04	164,9	200,3	251,1
Ч ^{оп}	30	6,87	5,58	3,38	233,0	324,5	403,9
Ч ^в	30	7,63	6,52	4,16	257,2	376,7	493,9
Ч ^т	25	7,18	6,53	4,52	239,7	371,	527,7

Примечание. В таблице использованы общепринятые индексы подтипов почв

В таблице 2 дана сравнительная оценка разницы содержания гумуса между зональными подтипами почв.

Между выщелоченными черноземами и светло-серыми лесными почвами в содержании гумуса в пахотном горизонте разница составляет 4,99%. Такая разница формируется на территории, растянутой с севера на юг до 120 км. Средняя разница содержания гумуса от одного подтипа к другому равна 1,25%. Вместе с тем такая разница между подзонами дифференцированная, наименьшая разница приурочена к паре черноземы выщелоченные - черноземы

оподзоленные. Отсюда видно, что в типичных условиях почвообразования по мере движения на 1 км содержание гумуса изменяется в среднем на 0,042%.

Таблица 2

Сравнительная оценка разницы в содержании гумуса

Сопряженные зональные подтипы почв	Ширина подзон, км	Разница в содержании гумуса между почвами, %			Изменение содержания гумуса на 1 км, %		
		0-30 см	0-50 см	0-100 см	0-30 см	0-50 см	0-100 см
Л ₂ -Л ₁	30	1,06	0,78	0,33	0,042	0,031	0,011
Л ₃ -Л ₂	30	1,13	0,63	0,43	0,038	0,021	0,014
Ч ^{оп} -Л ₃	30	2,04	2,18	1,34	0,068	0,073	0,045
Ч ^в -Ч ^{оп}	30	0,76	0,94	0,78	0,025	0,031	0,026
Л ₁ -Ч ^в	120	4,99	3,75	2,88	0,042	0,031	0,024

Аналогичные расчеты по запасам гумуса также подтверждают рассмотренную закономерность (табл. 3).

Таблица 3

Сравнительная оценка разницы в запасах гумуса (т/га)

Сопряженные зональные подтипы почв	Ширина подзон, км	Разница в запасах гумуса между почвами, т/га			Изменение запасов гумуса на 1 км, т/га		
		0-30см	0-50см	0-100см	0-30см	0-50см	0-100см
Л ₂ -Л ₁	30	36,1	46,0	37,1	1,20	1,53	1,24
Л ₃ -Л ₂	30	27,6	23,4	40,2	0,92	0,78	1,34
Ч ^{оп} -Л ₃	30	68,1	124,2	152,7	2,27	4,14	5,09
Ч ^в -Ч ^{оп}	30	24,2	240,9	90,1	0,81	2,01	3,00
Л ₁ -Ч ^в	120	156,0	240,9	353,9	1,30	2,01	2,95

Фактический материал показывает, что между черноземами оподзоленными и темно-серыми почвами имеется существенно отличная от других пар разница в содержании гумуса, что и подчеркивает необходимость разделения лесостепной зоны на две части. На севере должны выделяться зона серых лесных почв, а на юге – зона лугово-степных или лесостепных черноземов. Вместе с тем разделение лесостепной зоны на две части не исключает явление экстразональности в почвенном покрове этих двух зон. Ведущим критерием выделения на зоны и подзоны является преобладание в составе покрова соответствующих зональных почвенных типов и подтипов.

Лесостепная почвенно-географическая зона имеет четкую дифференциацию, как по составу почв, так и по параметрам распределения и изменения показателей морфометрических измерений. Именно эти особенности проявляются в использовании зональных почв в сельском хозяйстве, как в качестве средства производства, так и в их охране от деградации. Два почвенных типа – серые лесные почвы и черноземы лугово-степные также дифференцируются по мероприятиям и приемам по защите почв от водной эрозии и дефляции, по проблеме регулирования почвенного плодородия в современном интенсивном земледелии.

УГЛЕРОДМИНЕРАЛИЗУЮЩАЯ АКТИВНОСТЬ СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЫ ПРИ ОРГАНИЧЕСКОЙ И МИНЕРАЛЬНОЙ СИСТЕМАХ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ³

Зинякова Н.Б., Семенова Н.А.

*Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения
РАН, Пушкино gosvm@rambler.ru*

Содержание и качество почвенного органического вещества являются лимитирующими плодородие почвы факторами. Использование разных систем удобрения вызывает разнонаправленные изменения фракционно-группового состава почвенного органического вещества (ПОВ). Менее известными остаются вопросы влияния минеральной и органической системы удобрения на минерализующую активность почвенных микроорганизмов и минерализационную способность самого ПОВ. В краткосрочном обороте, обеспечивающем энергией внутрипочвенные процессы и почвенное «дыхание», участвует лишь часть ПОВ, образующая его активный пул. Размер активного (потенциально-минерализуемого) пула и скорость, с которой осуществляется минерализация, представляют собой два ключевых параметра биологического качества ПОВ. Роль большого, но малоактивного пула ПОВ нередко ниже, чем меньшего по размеру, но быстро оборачиваемого пула. Информативным в этом плане параметром является индекс углеродминерализующей активности ($УА = C_0 \cdot k$, мг/100 г в сутки) почвы, который отражает одновременно и размер пула (C_0 , мг/100 г) и скорость минерализации (k , сутки⁻¹) ПОВ. Параметры C_0 и k устанавливали по результатам 150 суточного инкубирования почвы и количественного учета выделяющегося $C-CO_2$.

Первой задачей было определить влияние системы удобрений на УА серой лесной почвы производственных агроценозов и залежей Заокского района Тульской области. Образцы почвы отобраны на 12-и полях 5-и хозяйств, практикующих органическую, органо-минеральную и минеральную систему удобрения культур с умеренными дозами под зерновые культуры и с повышенными при возделывании культур по Митлайдеру.

Самые близкие значения УА серой лесной почвы залежи и пашни были при органической системе удобрения культур: отношение индексов УА почвы залежи к пашни составляло 1.2 (рис. 1).

При органо-минеральной системе удобрения УА почвы была в 1.6 раза меньше, чем под залежью, при минеральной – в 1.8, а при применении минеральных удобрений в гряды по Миттлайдеру – в 2.5. В неудобренных междурядьях снижение УА было не столь сильным, чем в грядках.

Вторая задача – оценить УА серой лесной почвы при внесении возрастающих норм минеральных и органических удобрений. Исследования проводили в микрополевым опыте с сахарной свеклой, внося возрастающие дозы минеральных удобрений в интервале от 90 до 360 кг NPK/га и органических в виде свежего навоза КРС – от 25 до 100 т/га.

³ Работа выполнена при поддержке РФФИ. Проект № 11-04-00364-а.

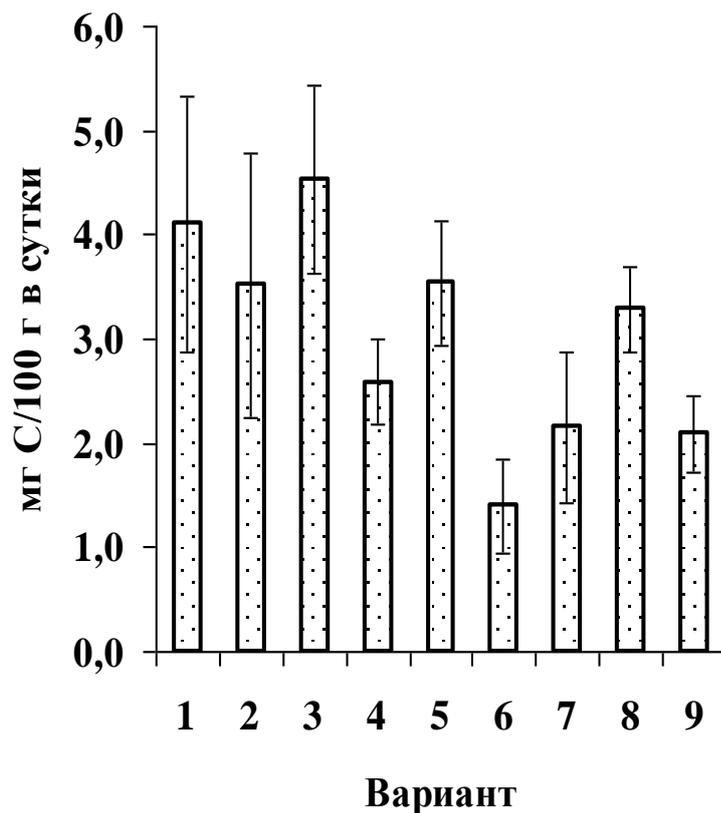


Рис.1. Углеродминерализующая активность (УА) серой лесной почвы под залежью и пашней с разными системами удобрения. 1-Залежь (контроль варианту 2); 2-Органическая система; 3-Залежь (контроль варианту 4); 4-Минеральная система; 5-Залежь (контроль вариантам 6 и 7); 6-Минеральная система по Миттлайдеру (гряды); 7-То же (межгрядья); 8-Залежь (контроль варианту 9); 9-Органо-минеральная система.

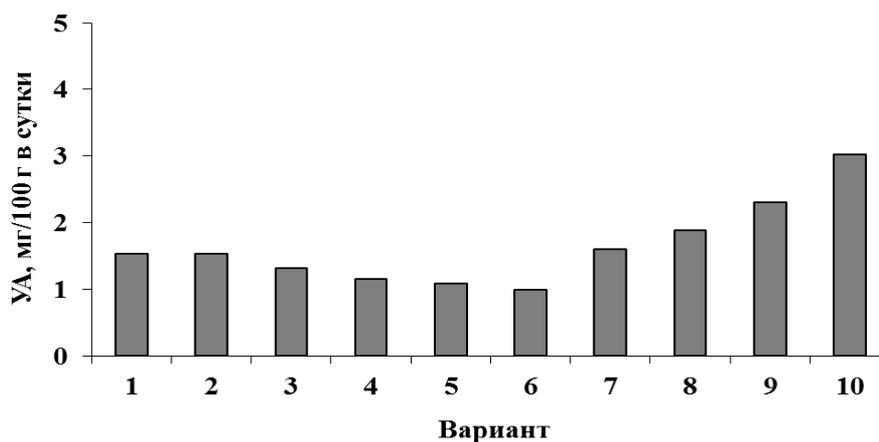


Рис. 2. Углеродминерализующая активность (УА) серой лесной почвы с внесением минеральных и органических удобрений. 1 – Чистый пар, 2 – Без удобрений (контроль), 3 – (NPK)90, 4 – (NPK)180, 5 – (NPK)270, 6 – (NPK)360, 7 – Навоз 25 т/га, 8 – Навоз 50 т/га, 9 – Навоз 75 т/га, 10 – Навоз 100 т/га.

На рисунке 2 отчетливо видно, что УА почвы в вариантах с минеральными удобрениями была ниже, чем на контроле и чем выше была доза минеральных удобрений, тем сильнее снижался индекс УА. Эти данные согласуются с положением, что минеральные удобрения отрицательно в целом действуют на минерализационные процессы, стимулируя минерализацию лишь в органических почвах с С/N шире 20 или в обогащенных растительными остатками. Совершенно иная закономерность была свойственна вариантам с органическими удобрениями, применение которых сопровождалось реальным увеличением минерализационной активности органического вещества в 1.1-2.0 раза по сравнению с контролем.

Таким образом, использование минеральной системы удобрения – одна из причин уменьшения углеродминерализующей активности почвы. Такой эффект может быть обусловлен, во-первых, недостаточным поступлением свежего органического материала; во-вторых, более быстрой утилизацией активного органического вещества микроорганизмами в условиях хорошего обеспечения элементами питания, вносимыми с минеральными удобрениями; в-третьих, большей физико-химической стабилизацией активного органического вещества, инициируемой минеральными удобрениями; и, в-четвертых, отрицательным действием химических солей на микробное сообщество. Обогащение минерализуемого пула органическими удобрениями в случае органо-минеральной системы и, особенно органической, положительно сказывается на минерализационной активности почвы.

ИЗУЧЕНИЕ СТРУКТУРЫ ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ ЛОКАЛЬНО ПЕРЕУВЛАЖНЕННЫХ ЧЕРНОЗЕМОВ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ МЕТОДОМ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНО-ТЕРМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Ильина Л.П.

*Институт аридных зон Южного научного центра РАН, Ростов-на-Дону
iljina@ssc-ras.ru*

В последнее время в степных ландшафтах Нижнего Дона при интенсивном развитии процессов локального переувлажнения происходит формирование своеобразных комплексов мочаристых почв. Следует отметить, что в черноземной зоне мочаристые почвы занимают площадь более 10 млн.га. Переувлажнение и часто сопутствующее ему засоление почв становится причиной деградации высокопродуктивных черноземов и вывода земель из сельскохозяйственного использования [1, 3].

Чтобы лучше понять природу гуминовых кислот почв был использован современный метод дифференциально-термического анализа. Исследовались образцы почв разной степени гидроморфизма: чернозем обыкновенный солончаковатый - черноземно-луговая мочаристая почва - лугово-болотная мочаристая почва. По генетическим горизонтам согласно общепринятой

методике[5] были выделены препараты гуминовых кислот. Для термоанализа использовали установку «Дериватограф» (Венгрия). Термический анализ выполнен при изменении температуры от комнатной до 1000°C , скорость повышения температуры 10° в минуту, в качестве эталона использовали прокаленную Al_2O_3 [4,5].

В результате проведенного дифференциально-термического анализа подтверждено двухкомпонентное строение гуминовых кислот: периферическая часть включает алифатические цепочки различной длины и функциональные группы, а центральная часть представлена более устойчивыми формами алифатических цепей, отдельными циклами и ароматическими кольцами, бензоидными структурами. На термограммах все эффекты можно разделить на три области (рис. 1.)

1. Область удаления адсорбционной воды ($80-120^{\circ}\text{C}$). Начало эффектов наблюдается уже при $50-60^{\circ}\text{C}$, что связано с обезвоживанием препаратов гуминовых кислот. Здесь также возможен распад боковых цепей – карбоксилирование и расщепление скелета алифатических цепей.

2. В области температур $200-400^{\circ}\text{C}$ происходит термическое разрушение боковых алифатических цепочек, отщепление функциональных групп и частичное окисление образовавшихся продуктов, т.е. происходит разрушение структурных компонентов, входящих в состав периферической части молекул гуминовых кислот. Этот процесс сопровождается дегидратацией и декарбоксилированием.

3. В области температур $400-600^{\circ}\text{C}$ происходит разрушение более устойчивых алифатических цепей (предположительно соединяющихся между собой ароматическими кольцами), отщепление более устойчивых функциональных групп, а также отдельных циклов и ароматических колец. При температурах выше 600°C могут происходить деструкция конденсированной ароматики, выделение углерода и его окисление. Это подтверждается ранее

проводимыми работами по химии гумуса [2,4,6].

Все термограммы исследуемых почв имеют эндоэффекты в области $90-120^{\circ}\text{C}$ (удаление адсорбционной влаги) и от трех до пяти экзоэффектов (рис.1).

Для всех гуминовых кислот верхних почвенных горизонтов имеется сходство, однако вниз по профилю отмечены и различия. По сравнению с черноземом обыкновенным солончаковатым мочаристые почвы имеют хорошо выраженные экзоэффекты в области

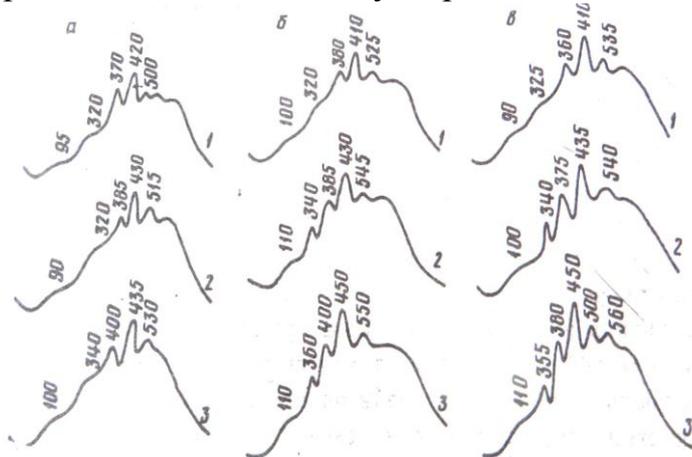


Рис.1. Кривые ДТА: а - чернозема обыкновенного солончаковатого (1 – 0-20 см; 2- 20-45 см; 3- 45-68 см); б – черноземно-луговой-мочаристой почвы (1 – 0-20 см; 2- 20-35 см; 3- 35-48 см); в – лугово-болотной мочаристой почвы (1 – 0-20 см; 2- 20-40 см; 3- 40-60 см)

температур 340-360⁰С, отмечено увеличение температуры разложения гуминовых кислот, особенно в области 500-560⁰С, в среднем на 30-40⁰С. Все это подтверждает, что реакция разложения более термоустойчивого компонента протекает при более высоких температурах.

Сходство основных термических эффектов исследуемых почв в ряду по нарастанию степени гидроморфизма позволяет утверждать, что гуминовые кислоты мочаристых почв очень близки по своему составу к гуминовым кислотам чернозема. Однако они отличаются большей термостабильностью. Не менее выразительные особенности, связанные с глубиной по профилю, где выявлена общая тенденция к повышению устойчивости препаратов гуминовых кислот.

Следовательно, гуминовые кислоты верхних горизонтов почв не являются столь зрелыми как гуминовые кислоты нижележащих горизонтов, что объясняется тем, что в верхнюю часть почвенного профиля поступает большое количество свежих растительных остатков, накапливаются лабильные новообразованные гумусовые вещества, несущие признаки исходных продуктов [2]. В результате кривые ДТА до некоторой степени сглаживаются за счет наложения нескольких близко расположенных эффектов. В гуминовых кислотах из нижней части почвенного профиля ароматическая и алифатическая части в значительной степени обособлены, каждая из них вступает в реакцию в строго определенном интервале температур [4]. На основании кривых ДТА индивидуальных соединений установлено, что термическая устойчивость веществ возрастает с увеличением количества циклических структур в их составе, а также с увеличением степени конденсированности циклов. Поскольку исследуемые препараты гуминовых кислот мочаристых почв разрушались при более высоких температурах, чем гуминовые кислоты чернозема обыкновенного, можно полагать, что они в большей степени обогащены циклическими (в том числе и бензоидными) фрагментами. Это указывает на возможные пути сохранения стабильного состояния системой гумусовых веществ в изменяющихся гидротермических условиях, при наличии процессов засоления и переувлажнения через отбор наиболее устойчивых форм гумуса.

Литература:

1. *Ильина Л.П. Качественный состав гумуса локально переувлажненных почв склонов Нижнего Дона // Вестник Южного научного центра РАН. 2006. Т.2. №2. С. 68-74.*
2. *Ильина Л.П. О гуминовых кислотах мочаристых почв Восточного Донбасса // Почвоведение. 1992. № 1. С. 84-88.*
3. *Минкин М.Б., Калинин В.П., Назаренко О.Г. Мелиорация мочаристых почв Восточного Донбасса. М.: Изд-во. ТСХА, 1991. 131 с.*
4. *Орлов Д.С. Гумусовые кислоты почв. М.: Изд-во МГУ. 1974. 332 с.*
5. *Орлов Д.С., Гришина Л.А. Практикум по биохимии гумуса. М., 1981. 271 с.*
6. *Шурыгина Е.А., Ларина Н.К., Чубарова М.А., Кононова М.А. Дифференциально-термический и термовесовой анализы гумусовых веществ почв // Почвоведение. 1977. № 1. С. 83-90.*

ГУМУСОВЫЙ ПРОФИЛЬ ПОЧВ КАК НОСИТЕЛЬ ИНФОРМАЦИИ ОБ ИСТОРИИ ЕЕ ФОРМИРОВАНИЯ

Каллас Е.В.

*Национальный исследовательский Томский государственный
университет, Томск
lkallas@sibmail.com*

В настоящее время вопросы, связанные с информационной функцией гумуса почв, довольно широко обсуждаются в научной литературе. Как известно, гумус является отправной точкой процессов формирования и функционирования почв, в создании плодородия и обеспечении его устойчивости. За последнее столетие, благодаря работам И.В. Тюрина, Ваксмана, М.М. Кононовой, В.В. Пономаревой, Т.А. Плотниковой, Д.С. Орлова, Л.Н. Александровой, М.И. Дергачевой и многих других исследователей, накоплен огромный материал, всесторонне характеризующий гумус разных типов почв и касающийся вопросов его происхождения, формирования состава, свойств отдельных компонентов и т.д.

Групповой и фракционный состав, соотношение основных компонентов, элементный состав гуминовых кислот и другие характеристики гумуса неодинаковы в разных слоях почвенного профиля, что обусловлено различной интенсивностью и направленностью процессов гумусообразования при формировании тех или иных горизонтов почвы в связи с их разновозрастностью и неравнозначностью условий природной среды. Как было выявлено ранее, гумусовые вещества можно использовать в качестве маркера стадий, фаз формирования и этапов изменения природной среды, поскольку формирование комплексов ГК–ФК обуславливается термодинамическим потенциалом первых и тесно связано с биоклиматической обстановкой их формирования и функционирования [1, 2]. Гумус отражает, кодирует и сохраняет информацию обо всех изменениях физико-географических условий на протяжении периода образования и развития почвы от нуля-момента до настоящего времени [3]. Как показали ранее проведенные исследования [2], гумусовый профиль (понимаемый с позиции разработанной М.И. Дергачевой концепции) по сравнению с морфологическим почвенным профилем более рефлекторен и фиксирует в своем строении все изменения природной среды, даже в том случае, когда характерное время недостаточно для формирования морфологически выраженного признака. Часто стадии и фазы почвообразования не выявляются в морфологическом облике почв, однако четко фиксируются в гумусовом профиле в виде смены количественных характеристик группового и фракционного состава гумуса и соотношения его основных компонентов. В гумусовом профиле отражаются не только глобальные изменения природной среды, но и региональная (фациальная) и локальная специфика биоклиматических условий, в связи с чем, отмечается частая смена типов гумусовых профилей на небольших по площади территориях.

В данной работе анализируются гумусовые профили серых лесных почв, сформированных в подтаежной зоне Западной Сибири. Почвы прошли сложную историю развития, связанную со смещением ландшафтных границ вследствие изменения климата. В переходной полосе (эктоне) от тайги к степи выделяется два основных этапа в развитии почв [4, 5]: остепнение в раннем и среднем голоцене и облесение в позднем голоцене. В ксеротермическую эпоху с сухим и теплым климатом происходило расширение площадей степной растительности, особенно на водоразделах и обогреваемых южных склонах, где формировались почвы по черноземному и лугово-черноземному типу. В атлантическом и суббореальном периодах голоцена степи распространялись значительно дальше к северу, чем в настоящее время. Позднее, в результате похолодания и некоторого увеличения осадков, произошло смещение ландшафтных границ к югу, что отмечается многими исследователями на территории от юга средней тайги до лесостепи включительно [6], и в почвенном покрове начинают доминировать серые лесные почвы. Изменения природной среды нашли отражение в свойствах этих почв, в частности в характеристиках их гумусовых профилей.

Полученные при изучении гумуса серых лесных почв Томской подтайги материалы позволяют отметить следующие особенности. Гумусированность почвенного мелкозема не всегда уменьшается с глубиной однозначно, часто на разных глубинах выделяются слои с относительно повышенным накоплением общего органического углерода. В этих же слоях отмечается возрастание гуматности, что, однако, не всегда отражается в морфологическом облике почв. Спецификой гумусовых профилей является наличие в них нескольких зон (слоев), характеризующихся существенно различным соотношением компонентов гумуса, что указывает на сложную историю формирования почв. Как правило, наиболее широкие отношения углерода гуминовых кислот к углероду фульвокислот приурочены к глубинам 25–40 или 40–55 см (нижней части гумусово-аккумулятивного или гумусово-элювиального горизонтов). При общей тенденции уменьшения величины $C_{гк}:C_{фк}$ вниз по профилю выделяются зоны(слои), характеризующиеся как относительно более широким, так и более узким отношением (рис.1). Этот факт объясняется неодинаковой гидротермической обстановкой в процессе формирования гумуса в разных слоях гумусового профиля.

Мощность слоя преобладания гуминовых кислот над фульвокислотами, как правило, соответствует мощности гумусово-аккумулятивной и гумусово-элювиальной толщи и составляет 35–45 см. Относительное содержание гуминовых кислот в верхней части гумусового профиля исследованных почв колеблется в широких пределах (23–56% от $C_{общ}$).

Доля фульвокислот в групповом составе гумуса изученных почв характеризуется тенденцией увеличения вниз по профилю, что является закономерным для почв лесного типа почвообразования с периодически промывным типом водного режима. Однако часто обнаруживаются осложнения этой тенденции: при сохранении общего тренда изменения ФК наблюдаются

флуктуации в разных слоях почвенного профиля, что обусловлено изменением особенностей увлажнения на протяжении периода формирования почвенных профилей и отражает смену фаз в процессе почвообразования. В целом, доля фульвокислот в верхней части гумусового профиля колеблется в пределах 20–45% и увеличивается к низу до 45–68%.

Во фракционном составе ГК доминируют гуматы кальция (фракция 2). На их долю приходится более половины этого компонента, который имеет характерный тип распределения по профилю: максимальная доля приурочена к нижней части горизонта $A_1+A_{1A_2}$ (28–35%), с глубиной отмечается тенденция к уменьшению. Содержание бурых ГК (фракция 1) составляет 3–17% от $C_{\text{общ}}$. Являясь новообразованным компонентом гумусовых веществ, эта фракция характеризует современный процесс гумусообразования, который в исследованных почвах протекает в верхней 50–60-см толще, в нижележащих слоях свободные и непрочно связанные с полуторными оксидами ГК не обнаружены. Гуминовые кислоты фракции 3 (прочно связанные с полуторными оксидами и почвенными минералами) участвуют в формировании системы гумусовых веществ лишь в верхней 60-см толще, количество их невелико (4–10% от $C_{\text{общ}}$). Доля свободных, так называемых «агрессивных», фульвокислот (фракция 1а) в верхних горизонтах почв составляет 1–4%, на фоне тенденции увеличения с глубиной отмечаются незначительные флуктуации.

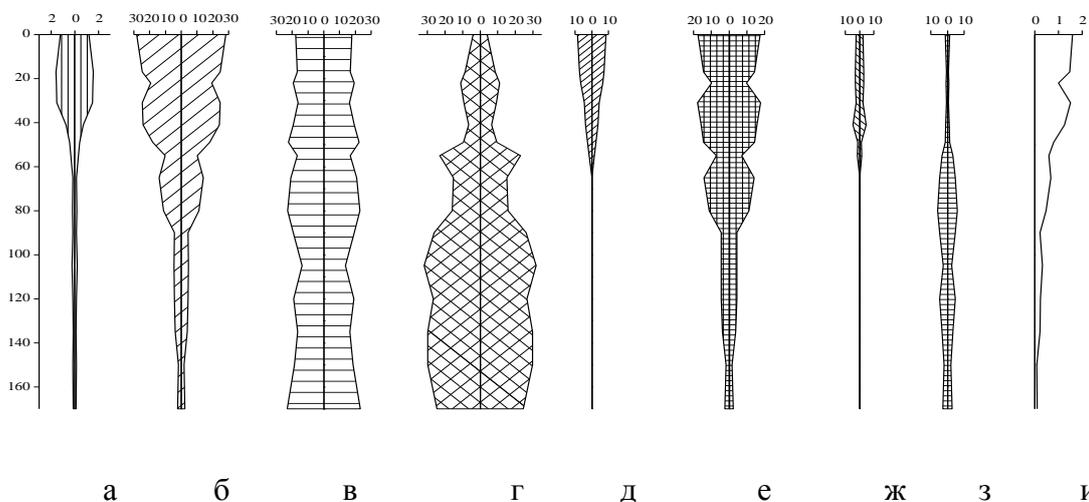


Рис. 1. Гумусовый профиль серой лесной оподзоленной среднесуглинистой почвы (разрез 5). Условные обозначения: а – содержание органического углерода, % к почве; содержание углерода групп и фракций гумусовых веществ, % к общему углероду: б – гуминовые кислоты (ГК), в – фульвокислоты (ФК), г – негидролизующие формы гумуса, д – ГК фракции 1, е – ГК фракции 2, ж – ГК фракции 3, з – ФК фракции 1а, и – $C_{\text{ГК}}:C_{\text{ФК}}$

Сложность гумусовых профилей большинства исследованных серых лесных почв проявляется в наличии двух, а иногда и трех зон (слоев) с относительно широким соотношением $C_{\text{ГК}}$ и $C_{\text{ФК}}$, повышенной долей гуминовых кислот в составе гумуса, особенно гуматов кальция, и относительно пониженной долей фульвокислот. Первый максимум обнаруживается в современном гумусово-аккумулятивном горизонте, он обусловлен относительно повышенными долями гуминовых кислот фракций 1 и 2 и

невысоким содержанием фульвокислот. Второй максимум $C_{ГК}:C_{ФК}$ отмечается на глубине 20–40 или 40–55 см, он также связан с увеличением гуматов кальция в составе гуминовых кислот. В редких случаях выделяется третий максимум на глубине 110–120 см или ниже. Гумус в этом слое характеризуется повышенным содержанием гуминовых кислот фракции 2, а иногда и фракции 3. Неоднородность гумусового профиля обусловлена не только изменениями содержания гуминовых и фульвокислот по профилю, но и разной степенью прочности связи ГК и ФК между собой, а также с минеральной частью почвы, что отражается в показателях величины негидролизующих форм гумусовых веществ.

В гумусовом профиле исследованных почв наиболее сложным является распределение гуминовых кислот, связанных с кальцием, которое позволяет выявить несколько зон с относительно повышенными и пониженными долями этого компонента. Распределение этой фракции по гумусовому профилю может свидетельствовать о том, что в истории развития почв имела место не только современная лесная стадия почвообразования, но и, возможно, черноземная или лугово-черноземная (лугово-болотная), а также разные фазы, обусловленные колебаниями тепло- и влагообеспеченности.

Таким образом, гумусовые профили исследованных почв отражают былые стадии и фазы гумусо- и почвообразования, что выражается в наличии нескольких зон(слоёв) с иным соотношением компонентов гумуса. Формирование почв соответствует полигенетичной модели, что обусловлено изменением климата в голоцене и, как следствие, смещением растительных зон. Гумус нижней части гумусово-элювиального горизонта с относительно повышенным накоплением органического углерода и гуматов кальция, наиболее широким отношением $C_{ГК}:C_{ФК}$ и пониженным содержанием свободных фульвокислот мог формироваться в более тёплых и менее влажных, по сравнению с современными, условиях, что позволяет, несмотря на отсутствие каких-либо морфологически выраженных признаков, говорить о наличии здесь второго (реликтового) гумусового горизонта.

Литература:

- 1. Дергачева М.И. Отражение эволюции природной среды в гумусовых профилях почв // Степи Евразии / Матер. Междунар. симпозиума. Оренбург, 1997. С. 130–131.*
- 2. Каллас Е.В. Гумусовые профили почв озерных котловин Чулымо-Енисейской впадины. Новосибирск: Гуманитарные технологии, 2004. 170 с.*
- 3. Дергачева М.И. Археологическое почвоведение. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 1997б. 228 с.*
- 4. Караваева Н.А., Соколова Т.А., Целищева Л.К. Почвообразовательные процессы и эволюция гидрогенных почв подтайги – южной тайги Западной Сибири в голоцене // Процессы почвообразования и эволюции почв. М.: Наука, 1985. С. 139–201.*

5. Александровский А.Л. Изменение почв и природной среды на юге России в голоцене // *OPUS: Междисциплинарные исследования в археологии*. М.: ИА РАН, 2002. Вып. 1–2. С. 109–119.
6. Александровский А.Л., Александровская Е.И. *Эволюция почв и географическая среда*. М.: Наука, 2005. 223 с

ПУЛ ЛИГНИНОВЫХ ФЕНОЛОВ РАЗНЫХ УРОВНЕЙ СТРУКТУРНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ПОЧВ⁴

Ковалев И.В., Ковалева Н.О.

Факультет почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва
kovalevMSU@mail.ru

Комплексная ароматическая структура, гидрофобные свойства лигнина, высокая биохимическая стабильность лигнина и его склонность к конденсации за счет образования устойчивых С-С связей определяют уникальную роль этого биополимера в процессах гумификации и планетарном круговороте углерода. При этом вопросы о географических закономерностях распространения лигнинов в почвах, о содержании и механизмах трансформации и путях стабилизации лигнинов в различных почвенных типах и на всех иерархических уровнях структурной организации почв до сих пор остаются открытыми.

Объекты и методы исследования: евразийские леса из сосны, лиственницы, кедра, ели, пихты; южнотаежные березо-осиновые леса и агроэкосистемы, в том числе и осушенные, Коломенского ополья Московской области; дубово-липовые широколиственные леса («Тульские засеки») на серых почвах; березовые колки лесостепи и агроэкосистемы Брянской области на агросерых почвах; типичный чернозем (Курский биосферный заповедник, Кисловодская котловина); тропический лес Амазонии на красноземах (Бразилия); аридные экосистемы вертикальных природных зон Тянь-Шаня; гумидные экосистемы Северного Кавказа. Апробированная методика мягкого щелочного окисления органического вещества оксидом меди в азотной среде с последующим использованием хроматографии тонкого слоя [2, 4] является наиболее перспективной для анализа содержания и состава лигнина в объектах наземных экосистем: не только в тканях растений, но и в дневных и погребенных почвах, включая минеральные малогумусные горизонты, в конкреционных новообразованиях, агрегатах, гранулометрических фракциях почв, препаратах гуминовых кислот. Щелочное окисление образцов оксидом меди дало 11 фенолов, которые сгруппированы по их химической природе в 4 структурных семейства: ванилиновые (V), сиригиловые или сиреневые (S), п-

⁴ Исследования выполнены при финансовой поддержке DAAD в Байройтском университете ФРГ, грантов РФФИ №№ 08-04-00809-а, 09-04-00747-а, 11-04-00453-а

кумаровые (С) и феруловые фенолы (F). Сумма продуктов окисления (VSC) отражает общее содержание лигнина в образце.

Результаты исследования. Очевидно, что скорость и характер трансформации лигнина в почвах определяются не только биохимическими условиями гумусообразования, но и типом растительных тканей, анатомической структурой источника этого биополимера. Мы подтвердили существующие закономерности и обнаружили в наших образцах 3 известных типа лигнина [2, 4]: 1) хвоя и древесина хвойных с ванилиновыми (гваяциловыми) фенолами в качестве основной структурной единицы, при этом впервые установлен химический состав лигнина из тканей можжевельника; 2) не древесные ткани лиственных деревьев, состоящие из ванилиновых и сиригиловых фенолов; 3) травы, представляющие не только ванилиновые (гваяциловые) и сиригиловые, но и кумаровые и феруловые фенолы, последние при этом преимущественно сосредоточены в тканях злаков. Выделение продуктов окисления лигнина из подстилок разных типов растительных ассоциаций показало, что различия лигниновых параметров в них менее контрастны, чем в тканях растений, а содержание лигнина значительно ниже по сравнению с живыми растительными тканями. Хотя композиционно подстилки повторяют характерные для живых тканей закономерности [2, 4]. Значимо установлено, что наибольшее содержание лигниновых фенолов свойственно не надземным, а подземным тканям растений [2, 4].

Преращения лигнина в почвах определяются гидротермическими условиями среды и физико-химическими свойствами почв, активностью микробиоты. Установлено, что наибольшее суммарное (VSC) количество продуктов окисления лигнина в рассматриваемых горизонтальных рядах почв приурочено к почвам естественных биогеоценозов с наивысшей биопродуктивностью: серая лесная почва Тульских заповедников, черноземы Курского заповедника, красноземы тропического леса Амазонии. В почвах вертикального ряда наблюдается параболический характер распределения лигнина в ряду: от подножия к вершинам с максимумом содержания лигнина в субальпийских черноземовидных почвах [2, 4].

В условиях мезо- и микрорельефа стабилизация и консервация лигниновых полимеров в виде высококонденсированных многоядерных ароматических структур всегда приурочена к аккумулятивным позициям ландшафта [1]. Для характеристики интенсивности разложения и трансформации лигнина в почвах используется отношение кислоты/к альдегидам в единицах ванилина или сиригнила как меры степени окисленности молекулы. Это отношение используется в расчете степени измененности боковых цепочек лигнина по отношению к растительным тканям (параметр Т, %) [1, 4]. Значимо показана линейная зависимость увеличения степени измененности боковых цепочек лигниновых структур в ряду от светло-серых почв (5-8%) к черноземам (10-12%) и, достигая максимальных значений в красноземах – до 30-50 %. Линейная зависимость величины степени трансформации лигнина от гидротермических параметров среды также хорошо проявляется и в горных

экосистемах. В гумидных условиях Северного Кавказа степень трансформации боковых цепочек лигнина составляет 5% для чернозема и 1,5 % для субальпийских почв. В аридных условиях Средней Азии – 20 % в горных черноземах и 3 % в альпийских луговых почвах. Полученные результаты не противоречат нашим данным о гуматном характере гумуса в почвах Тянь-Шаня, по сравнению с преимущественно фульватным – в почвах Северного Кавказа. Таким образом, интенсивная минерализация лигнина и быстрый распад сложных структур до мономеров и олигомеров наблюдается в почвах с высокой биологической активностью – в черноземах, красноземах, а механизм встраивания неизменных пространственно вытянутых лигниновых структур в молекулу гуминовых кислот должен преобладать в почвах гумидных ландшафтов.

На уровне почвенного профиля наибольшее суммарное количество продуктов окисления (VSC) лигнина в рассматриваемых рядах почв приурочено к верхним гумусово-аккумулятивным горизонтам – до 12–18 мг/г $C_{орг.}$, наименьшее (1–4 мг/г $C_{орг.}$) – к нижним частям профилей. В гумусовых горизонтах количественно преобладают альдегиды, а в иллювиальных – кислоты. Последнее, вероятно, обусловлено большей подвижностью кислот в профиле почв. Вероятно, именно ванилиновая кислота обладает наибольшей миграционной способностью в профилях таежных почв, внося свою долю в пул органических кислот, формирующих подзолистые и глеевые горизонты.

Агрегатный уровень организации почвенной массы демонстрирует, что на поверхности агрегата в окислительных условиях наблюдается меньшее количество продуктов окисления лигнина и более высокая степень его окисленности (более высокие величины отношения (кислоты/альдегиды) в ванилиновых и сиригиловых единицах, нежели внутри агрегата, где складывается восстановительная обстановка и преобладают факультативные анаэробные микроорганизмы.

На уровне элементарных почвенных части: содержание лигниновых фенолов с уменьшением размера частиц количество лигнина в них значительно снижается ($p < 0,001$) – в 10 раз по сравнению с фракциями крупных частиц. Однако именно к наиболее мелким илистым и пылеватым фракциям приурочены величины максимальной степени окисленности и степени трансформации боковых цепочек биополимера. Можно предположить, что молекулы биополимера инкрустируются глинистыми минералами и становятся недоступными для микроорганизмов. Вероятно, этим и обусловлена высокая корреляция лигнина и величиной удельной поверхности почв ($r = 0,95$). Интересно отметить, что именно к мелким фракциям характерно и наибольшее содержание биофильных элементов: углерода, азота, серы.

На молекулярном уровне. *Лигниновые продукты окисления в гуминовых кислотах почв разных экосистем.* Показано, что с увеличением степени трансформации лигнина в ряду «ткани растений – подстилка – почва – гуминовые кислоты – погребенные гуминовые кислоты» увеличивается количество ароматических кислот по отношению к альдегидам во всех типах

объектов независимо от общего количества лигнина в них и достигает максимума в препаратах гуминовых кислот из погребенных почв [2, 4]. Тем самым, наши результаты подтверждают положение о нарастающем карбоксилировании лигниновых остатков как о главном процессе их трансформации в гумус. С помощью количественного анализа лигниновых фенолов и ^{13}C -ЯМР-спектроскопии также доказывается, что лигнин высших растений принимает участие в формировании специфических соединений гумуса почв, входя структурными фрагментами в алифатическую часть молекулы (пики при 56 ppm), так и в ароматическую часть молекул гуминовых кислот (пики при 147 ppm) [3]. Коэффициент корреляции между содержанием лигнина (VSC) в гумусовых горизонтах почв гумидных ландшафтов и площадью пика лигнинового происхождения в алифатической части ^{13}C -ЯМР-спектра при 56 ppm – 0,94 ($P = 0,95$). В гуминовых кислотах почв лесостепи, сформированных на лессе, а также в черноземах вклад ароматических лигниновых фрагментов в 2 раза больше в ядерной, чем в периферийной частях молекулы. Коэффициент корреляции между содержанием лигнина (VSC) в гумусовых горизонтах почв семиаридных ландшафтов и площадью пика лигнинового происхождения в ароматической части ^{13}C -ЯМР-спектра при 147 ppm – -0,93 [3]. Подобное распределение площади пиков характерно и для Fe-Mn ортштейнов. В погребенных горизонтах площадь пиков соединений лигниновой природы в ядерной части молекул гуминовых кислот в 5 раз превышает их площадь пика для гуминовых кислот дневных горизонтов, что подтверждает теорию керогенообразования. Особенность гуминовых кислот оглеенных горизонтов в том, что в них площади пиков лигниновых структур, одинаковы в ароматической и алифатической частях молекул ГК. Сравнение ^{13}C -ЯМР-спектров нативных препаратов лигнина выделенных из разных пород древесных и травянистых растений со спектром молекулы гуминовой кислоты [3] позволило впервые обнаружить, что, во-первых, количество пиков, наследуемых гуминовой кислотой от растительной ткани значительно больше, отчетливо диагностируется при 102, 115, 119, 131, 152, 160 ppm. Во-вторых, набор пиков разнороден в спектрах разных растений и, соответственно в молекулах гуминовых кислот разных почв он тоже должен быть разным. В-третьих, лигнин древесных растений южной тайги становится источником более развитых пространственно вытянутых с развитой алифатической частью молекулы гуминовой кислоты (мощные хорошо вытянутые пики), а феруловые и кумариловые фенолы степных растений формируют пространственно компактные структуры гуминовых кислот черноземов. Таким образом, ароматические структуры лигнина вносят свой вклад в процессе гумусообразования на всех иерархических уровнях структурной организации почв.

Литература:

1. Ковалев И.В., Ковалева Н.О. Биохимия лигнина в почвах периодического переувлажнения (на примере агросерых почв ополей Русской равнины) // Почвоведение. 2008. №10. С.1205-1216.

2. Ковалев И.В., Ковалева Н.О. Лигнин в почвах как молекулярный индикатор палеорастворимости // Роль почв в биосфере / Тр. Ин-та экологического почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова. Вып. 13. М.: МАКС Пресс, 2013. С. 29–50.
3. Ковалев И.В., Ковалева Н.О. Новое в исследовании лигнина (по данным ^{13}C ЯМР-спектроскопии в ГК почв разных природных зон) // Роль почв в биосфере / Тр. Ин-та экологического почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова. Вып. 13. М.: МАКС Пресс, 2013. С. 67–91.
4. Ковалева Н.О., Ковалев И.В. Биотрансформация лигнина в дневных и погребенных почвах разных экосистем // Почвоведение. 2009. № 11. С. 84–96.

ИЗОТОПНЫЙ МЕТОД В ИЗУЧЕНИИ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА⁵

Ковда И.В.¹, Моргун Е.Г.², Голубева Н.И.³, Гонгальский К.Б.⁴

Институт географии РАН, Москва; Московский государственный университет, Москва; Южный научный центр РАН, Ростов-на-Дону;

*⁴Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н.Северцова РАН, Москва
ikovda@mail.ru*

Введение. Изотопный состав растительности и его связь с экологическими условиями играет ключевую роль в изотопной индикации почвенных процессов и при реконструкции условий среды почвообразования. В связи с этим задачей нашего исследования было получение фактического материала по изотопному составу углерода основных видов растительности и изотопного состава углерода органического вещества (ОВ) почв юга Европейской территории России. Отбор образцов для получения обзорной картины географических закономерностей изотопного состава углерода нами был проведен как с учетом широтной почвенно-биолиматической зональности по территории центра и юга Восточно-Европейской равнины, так и с учетом высотной поясности.

Объекты и методы. Зональный отбор образцов проведен вдоль трансекты от лесостепной зоны Липецкой области на севере ($T_{\text{ср.год.}}$ 4.5°C, осадки 480 мм/год) до полупустынной зоны в районе Маныча, Ростовская область (9.4°C, 300 мм/год). Общая протяженность «зональной» трансекты более 1000 км. Почвы представлены черноземами обыкновенными, выщелоченными, слитыми, лугово-черноземными, каштановыми почвами, солонцами и солончаками.

Высотные закономерности изучены на примере трансекты в Западном Предкавказье (респ. Адыгея, Краснодарский край). Перепад абсолютных высот составил около 1700 м от ~100 до ~1800 м над уровнем моря в диапазоне природных зон от степи до субальпийских лугов. Общая протяженность «высотной» трансекты около 110 км. Она включает 16 точек, охватывая не

⁵ Работа выполнена при поддержке Программы Президиума РАН № 13

только горную, но и предгорную и равнинную, территории. Вдоль трансекты происходит существенное изменение климатических условий: среднегодовая температура воздуха находится в диапазоне от +7.1 до +10.5 °С, средняя температура июля меняется от +12 до +22 °С, средняя температура января от -2 до -5 °С, среднегодовое количество осадков от ~560 до ~1130 мм/год. Почвы представлены черноземами, серой лесной, аллювиальными, бурыми лесными и горно-луговыми почвами с различной степенью слитости.

Отобраны образцы почвы, подстилки, растительного опада, наземной растительности. В зрелых и мощных почвах «зональной» трансекты почвенные образцы отобраны в толще 0-5- см. Вдоль «высотной» трансекты почвенные образцы отбирались из верхних горизонтов почв (0-20 см). При наличии нескольких генетических горизонтов в пределах этой толщи образцы отбирались по генетическим горизонтам. Для определения изотопного состава углерода растительности отобраны наземные образцы травянистых растений. У древесных растений и кустарников отобраны образцы листьев. Проанализирован усредненный образец, характеризующий растительное сообщество, а также проанализированы отдельные виды растений. Определения изотопного состава С органического вещества почв и растительности проведено на масс-спектрометре IRMS Finnigan Delta V Plus. Результаты выражены в промиллях (‰ V-PDB).

Результаты и обсуждение. Состав стабильных изотопов углерода органического вещества в пределах верхних 50 см почвы «зональной» трансекты меняется в пределах от -27.68 ‰ до -21.33 ‰ т.е. на 5.93 ‰. (табл.1). Средние значения $\delta^{13}\text{C}$ утяжеляются от -26.7 ‰ в лесостепных почвах и -26.1 ‰ – -26.5 ‰ в предгорных черноземах Ставропольского и Краснодарского края до -24.2 и -24.9 ‰ в наиболее жарких и засушливых условиях ключевых участков Ростовской области «Ростов» и «Маныч».

Таким образом, состав стабильных изотопов органического вещества почв в слое 0-50 см в целом отражает природные зональные биоклиматические зоны Восточно-Европейской равнины. Происходит облегчение изотопного состава углерода с уменьшением среднегодовой температуры, среднемесячной температуры июля и ростом среднегодового количества осадков.

Распределение $\delta^{13}\text{C}$ в органическом веществе верхних горизонтов почв, опаде и образцах растительности вдоль «высотной» трансекты показаны на рисунке 1. Отмечается облегчение изотопного состава при увеличении абсолютных высот в диапазоне от 100 м до 900 м над. ур. моря, и последующее утяжеление от 900 м до 1800 м, более явно выраженные в составе углерода растительности и опада, и менее выраженные в составе углерода органического вещества. Это может свидетельствовать в пользу того, что в почве все же имеют место процессы фракционирования изотопного состава органического вещества почв при трансформации растительности.

Результаты определения изотопного состава углерода по отдельным видам растений представлены в таблице 2. За исключением солянки, относящейся к растениям С4-типа фотосинтеза и имеющей $\delta^{13}\text{C} = -14.34$ ‰, все остальные

травянистые и древесные породы, папоротники и мхи характеризуются облегченным изотопным составом углерода в диапазоне значений $\delta^{13}\text{C}$ от -23.71‰ до $\sim -33\text{‰}$, характерных для растений С3-типа фотосинтеза. При этом явных закономерностей между местом отбора образцов растительности и климатическими условиями либо зонально-высотным положением не прослеживается. Можно лишь в целом отметить более легкий состав в листьях и хвое древесных пород по сравнению с большинством травянистых видов. Полученные результаты, вероятно, объясняются известным фактом обогащения легким изотопом ^{12}C биомассы фотосинтезирующих органов (листья, хвоя, стебли) [1]. Углерод гетеротрофных органов, включая корни, в среднем на $1-3\text{‰}$ тяжелее, что находит отражение в более тяжелом составе углерода органического вещества почв.

Таблица 1

Краткая характеристика природных условий и изотопного состава органического вещества почв ключевых участков в слое 0-50 см

Ключевой участок, растительность	Т ср.год °С	Т июля °С	Осадки, мм/год	$\delta^{13}\text{C}$, ‰	Средн. $\delta^{13}\text{C}$, ‰
Липецк, лесостепь	4,5	18,9	450-510	-26,6... -26,92	-26,76
Курск, лесостепь	5,2	18,9	580	-26,6... -26,8	-26,7
Воронеж, степь	5,4	20,5	450-600	-25,02... -26,09	-25,55
Днепропетровск, степь	8,5	21	510	-25,13... -26,26	-25,69
Ростов, степь	8,6-8,9	23	360-480	-23,75... -26,14	-24,95
Ставрополь, степь	9	22	550	-24,88... -27,31	-26,1
Краснодар, степь	10-10,5	22,5	660-710	-25,41... -27,68	-26,55
Маныч, сухая степь	9,4	24	300	-21,33... -27,24	-24,29

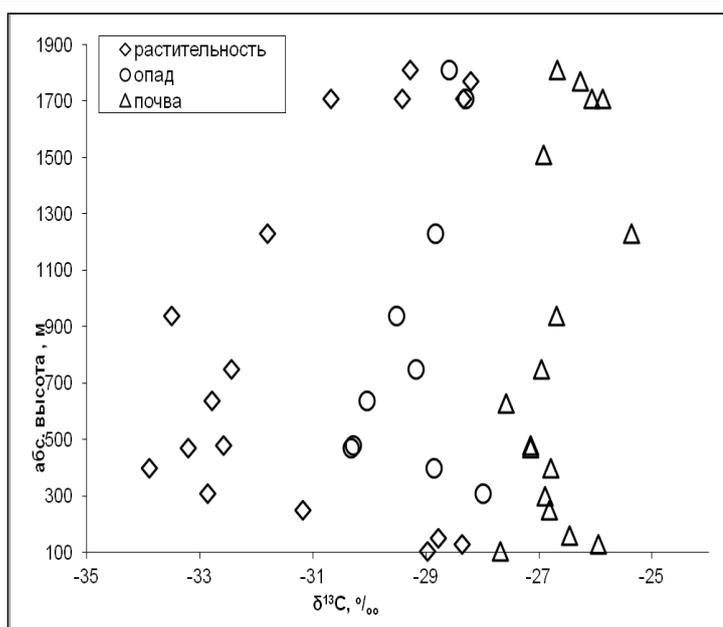


Рис. 1. Изменение изотопного состава углерода ($\delta^{13}\text{C}$ в ‰) органического вещества почв, опада и растительности по «высотной» трансекте

Изотопный состав углерода ($\delta^{13}\text{C}$, ‰) хвои и листьев древесных пород и кустарников, и усредненных образцов травянистых видов и мхов

Вид	$\delta^{13}\text{C}$, ‰	Вид	$\delta^{13}\text{C}$, ‰
пихта	-30,72	типчак	-27,36
сосна	-28,49	бузульник	-29,24
бук	-31,15...-33,04	полынь австрийская	-25,06...-30,08
граб	-31,98	полынок	-29,24
ясень	-31,37	полынь Лерха	-29,04
дуб	-33,17	кипрей	-30,41
клен	-31,22	клевер пашенный	-27,76
береза	-30,55	житняк гребенчатый	-29,45
осина	-32,58	шалфей	-27,86
рябина	-27,85	сныть	-27,12
лещина	-32,13	осока	-32,72
боярышник	-31,96	камыш	-25,58
ежевика	-32,26	осока короткоопушенная	-27,35
остролист	-27,79	ситник	-25,82
плющ	-33,91	тысячелистник	-27,22
щитовник	-29,78	колокольчик	-28,61
зеленый мох	-26,95...-28,62	солерос	-23,71
		солянка	-14,34

Заключение. Представленные материалы подтверждают наличие географических закономерностей изменения изотопного состава углерода органического вещества почв, а также восполняют недостаток фактического материала, характеризующего изотопный состав углерода органического вещества почв и растительности центра-юга Европейской территории России

Литература:

1. Ивлев А.А., Пичужкин В.И., Пинаев А.С., Гончарова О.В. О причинах изотопных различий углерода гетеротрофных и автотрофных органов растений // Известия ТСХА. Вып.1. 2011. С. 42-48.

ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ СОВРЕМЕННЫХ И ПОГРЕБЕННЫХ ГУМУСОВЫХ ГОРИЗОНТОВ ПОЧВ ЮГА ПРЕДБАЙКАЛЬЯ

Козлова А.А.

*Иркутский государственный университет, Иркутск
allak2008@mail.ru*

Элементный состав гуминовых кислот (ГК) – важнейшая и устойчивая идентификационная характеристика. Сведения о составе используют для определения уровня конденсированности, “зрелости” ГК, он является отражением условий почвообразования и зависит в первую очередь от химического состава разлагающихся растительных остатков и условий гумификации [5].

Объектами изучения послужили современные и погребенные гумусовые горизонты дерновой лесной почвы со вторым гумусовым горизонтом по классификации-1977 (стратозема серогумусового на погребенной почве по классификации-2004) и чернозема выщелоченного мощного по классификации-1977 (стратозема темногумусового по классификации-2004). Почвы расположены в понижениях микрорельефа – западинах, что нашло отражение в морфологии и названии почв. Образование западин связано с палеокриогенным растрескиванием, имевшим место в конце позднего плейстоцена, когда в результате резкого похолодания климата образовались полигональные структуры, разбитые трещинами, заполненными жильным льдом. В дальнейшем, при потеплении климата, многолетняя мерзлота деградировала, а на месте вытаявшего жильного льда возникли псевдоморфозы, или мерзлотные клинья в рельефе проявленные как западины [1]

Почвы, развитые в этих условиях, разновозрастны и гетерогенны [2]. Судя по небольшой мощности органогенных горизонтов, составляющей около 20 см от поверхности, спорово-пыльцевому комплексу, отражающему современный растительный покров, можно предполагать молодость верхней толщи почв, возраст которой равен нескольким сотням или первым тысячам лет. Темноцветный погребенный горизонт, возможно, образовался в оптимальную фазу голоцена под мезофильной травянистой растительностью, его возраст, судя по данным радиоуглеродного датирования, соответствует бореально-атлантическому времени (6–4,5 тыс.л.н.), характеризующемуся значительным потеплением [4].

Поскольку биоклиматические условия формирования современных и погребенных горизонтов различны, то заметны и отличия в их морфологии и свойствах, и, прежде всего, в составе гумуса и элементном составе ГК, что и явилось целью данного исследования. Определение элементного состава гуминовых кислот выполнено на элементном анализаторе «CHNS EA-1112 NEOLAB». Выделение гуминовых препаратов осуществлялось по методике, предложенной М.И. Дергачевой [3].

Полученные данные показывают, что ГК исследуемой дерновой лесной почвы обладают высокой зольностью и гигроскопической влажностью, причем современные гумусовые горизонты содержат меньше золы и больше гигроскопической влаги, чем погребенные. ГК дернового горизонта характеризуется повышенным содержанием углерода и водорода, пониженным кислорода и азота, по сравнению со среднестатистическими данными [5]. Погребенный горизонт содержит больше углерода и водорода, но меньше кислорода и азота, чем дерновый (табл. 1).

Таблица 1

Элементный состав гуминовых кислот дерновой лесной почвы понижения

Разрез	Горизонт	Зола, %	Влага гигроскопическая, %	Массовые проценты на сухое, беззольное вещество			
				C	H	O	N
3	Ad	9,4	15,3	57,0	5,8	33,8	3,4
	[A]	11,0	14,6	62,1	3,7	31,4	2,7

Более наглядно представляется роль отдельных элементов в построении молекул ГК при вычислении атомных отношений (табл. 2).

Таблица 2

Элементный состав гуминовых кислот дерновой лесной почвы в атомных (мольных) процентах

Разрез	Горизонт	Содержание атомов в %				Атомные отношения			Степень окисленности (ω)
		C	H	N	O	H/C	O/C	C/N	
3	Ad	37,0	44,7	1,9	16,4	1,21	0,44	19,8	-0,32
	[A]	46,9	33,6	1,7	17,8	0,72	0,38	27,2	0,04

Дерновый горизонт характеризуется низкой обуглероженностью ГК, высокой долей водорода, превышающей содержание углерода. Величина атомного отношения H/C 1,21, что указывает на значительную развитость боковых цепей и присутствие линейных связей групп – C-H, CH₂ и CH₃. По-видимому, образующиеся в процессе разложения простые соединения, активно участвуют в формировании периферической части молекул [5].

ГК погребенного гумусового горизонта отличаются высокой обуглероженностью и низкой долей водорода. Согласно Д.С. Орлову [5] если для углеводов отношения H/C порядка 0,8–1,0 позволяют предполагать преобладание ароматических структур, то при отношениях H/C 1,4 приходится признавать превалирование алифатических цепочек. Атомное отношение H/C в погребенном горизонте, равное 0,72, говорит о наличии бензоидных структур в ядерной части молекулы [5], что объясняется более теплыми условиями формирования этого горизонта в отличие от современного.

Содержание кислорода в современном горизонте низкое, в погребенном оно немного увеличивается. Величина O/C приближается к средним значениям для ГК почв Европейской части [5], Южного Урала [3] Западного Забайкалья [6] и в современном горизонте она равна 0,44, в погребенном – 0,38. Степень окисленности ГК дернового горизонта – отрицательная, что говорит об избытке водорода и отвечает восстановленному характеру вещества. В погребенном горизонте соединение имеет положительную степень окисленности, что говорит об избытке кислорода и высокой степени окисленности ГК [5]. Насыщенность гуминовых кислот азотом низкая и очень низкая по сравнению с почвами Европейской части [5], Южного Урала [3] и Западного Забайкалья [6]. Его доля в современном горизонте составляет 1,9 %, величина C/N –19,8, а в погребенном –1,7 %, отношение C/N расширяется до 27,2.

При изучении элементного состава гуминовых кислот современных и погребенных гумусовых горизонтов чернозема понижения не выявились различия, которые наблюдались в ГК дерновых лесных почвах. Полученные данные показывают, что эти объекты имеют близкие значения зольности и гигроскопической влажности, что говорит о сходных биоклиматических условиях формирования этих горизонтов (табл. 3).

В целом у них высокое содержание углерода и водорода, пониженное кислорода и азота, по сравнению с черноземом европейской части России.

Таблица 3

Элементный состав гуминовых кислот чернозема понижения

Разрез	Гори зонт	Зола, %	Влага гигроскопическая, %	Массовые проценты на сухое, беззольное вещество			
				С	Н	О	N
7	Ad	7,9	15,2	61,7	4,9	30,2	3,2
	A	7,9	15,6	61,1	4,7	31,1	3,0
	[A]	7,6	14,7	62,0	4,4	30,7	2,9

Элементный состав ГК существенно изменяется, если его вычислить в атомных процентах. Значительно более рельефно выявляется роль отдельных элементов: на первом месте по количеству атомов стоит углерод, немного уменьшаясь в современном горизонте (табл. 4).

Таблица 4

Элементный состав гуминовых кислот чернозема в атомных (мольных) процентах

Разрез	Гори зонт	Содержание атомов в %				Атомные отношения			Степень окисленности (ω)
		С	Н	N	О	Н/С	О/С	С/N	
7	Ad	42,3	40,2	1,9	15,6	0,95	0,37	22,3	-0,21
	A	44,2	37,5	1,8	16,5	0,85	0,37	24,2	-0,10
	[A]	44,9	36,2	1,8	17,1	0,81	0,38	24,6	-0,04

Атомы водорода занимают 36–40 % от общего числа в молекуле, отношение Н/С меньше 1, как в ГК современных горизонтов, так и погребенных, что указывает на преобладание ароматических структур [5]. Содержание кислорода очень низкое, при этом величина О/С приближается к средним значениям для ГК почв Европейской части [5] Южного Урала [3], Западного Забайкалья [6]. Исследуемые черноземы имеют отрицательную степень окисленности гуминовых кислот, что отвечает восстановленному характеру и отличает их от черноземов Европейской части, в которых ГК более окислены [5]. По сравнению с черноземами других регионов [5], насыщенность гуминовых кислот исследуемых почв азотом низкая. Доля азота во всех 3-х образцах препаратов ГК не превышает 2 %, отношение С/N.

В результате проведенных исследований установлено, что современных и погребенные гумусовые горизонты почв западин имеют заметные отличия в элементном составе гуминовых кислот. Причем наиболее существенно они проявились в дерновой лесной почве, чем черноземе, дерновый горизонт которой сформирован в современных условиях почвообразования. Он содержит меньше золы и больше гигроскопичен, по сравнению с погребенным, но самое главное отличие это отношение Н/С, которое в дерновом горизонте больше 1, что указывает на значительную развитость боковых цепей. В погребенном гумусовом горизонте отношение Н/С меньше 1, что говорит о преобладании ароматических структур, над алифатическими и объясняется более теплыми

условиями формирования этого горизонта в отличие от современного (дернового).

При изучении элементного состава ГК современных и погребенных гумусовых горизонтов чернозема подобных различий не наблюдалось. Они имеют схожее строение, что говорит о близости биоклиматических условий их формирования. ГК современного гумусового горизонта чернозема оказались более обуглероженными, окисленными и дегидратированными по сравнению с ГК дерновой лесной почвой. Следует отметить, что ГК черноземов и погребенного горизонта дерновой лесной почвы имеют сходный элементный состав, что подтверждает распространение на данной территории в оптимуме голоцена степных ландшафтов и высокогумусных почв.

Литература:

1. Величко А.А. *Природный процесс в плейстоцене*. М.: Наука, 1973. 256 с.
2. Геннадиев А.Н. *Почвы и время: модели развития*. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1990. 228 с.
3. Дергачева М.И., Некрасова О.А., Лаврик Н.Л. *Гуминовые кислоты современных почв Южного Урала: Препринт-Д-36*. Новосибирск, 2002. 24 с.
4. Кузьмин В.А., Чернегова Л.Г. *Состав органического вещества почв Верхнего Приангарья со сложным гумусовым профилем // Гуминовые вещества в биосфере*. М.–СПб., 2003. С. 151–152
5. Орлов Д.С. *Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации*. М.: Изд-во МГУ, 1990. 325 с.
6. Чимитдоржиева Г.Д., Цыбикова Э.В. *Элементный состав ГК длительносезонно-промерзающих почв Забайкалья // Гуминовые вещества в биосфере: Тез. докл. II междунар. конф.* М.–СПб., 2003. С. 181–182

СЕРЫЕ И ТЕМНО-СЕРЫЕ ПОЧВЫ ВОЛЖСКО-КАМСКОЙ ЛЕСОСТЕПИ

Копосов Г.Ф.¹, Валеева А.А.¹, Александрова А.Б.²

¹*Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань
valeyabc@mail.ru*

²*ГБУ Институт проблем экологии и недропользования АН РТ, Казань
adabl@mail.ru*

Серые лесостепные почвы являются отражением когда-то существовавшей естественной среды лесостепи, к настоящему времени тотально антропогенизированной и, следовательно, в какой-то мере отражающие заданный природой процесс естественного лесостепного почвообразования. Размещение, состав, строение и состояние лесных компонентов лесостепи, запечатленное в строении, составе и свойствах почв, подчеркивают специфичность течения лесного почвообразования в условиях антагонизма со степным почвообразованием, обуславливающим формирование в этой специфической биоклиматической зоне двух зональных типов почв.

Первое обобщение материалов по серым лесным почвам для всей лесостепи было выполнено И.В. Тюриным (1930, 1939гг). Он привел собственные данные о составе гумуса серой слабоподзоленной почвы лесостепи и пришел к важному для понимания ее генезиса заключению, что гумус этой почвы является современным, и не обнаруживает признаков «остаточного» гумуса черноземов [1].

Целью работы является систематизирование массовых данных серых лесных почв Волжско-Камской лесостепи с целью их количественного описания таксономических единиц в виде виртуальных образов. Был создан реестр данных из 118 разрезов естественных серых лесных почв, систематизированные согласно классификации 1977 года.

Характерная для серых лесных почв текстурная дифференциация профиля почв, прежде всего, определяется гранулометрическим составом почвообразующих отложений, с которым тесно связано закрепление органического вещества и создание наиболее благоприятной почвенной структуры [2,3]. Следовательно, первым этапом анализа являлось исследование генеральной совокупности почв по ГС.

Содержание глины в гумусовом горизонте генеральной совокупности серых лесных почв изменяется от 20,3 до 66,2%, причем от 4,3 до 37,4 % её приходится на илистую фракцию (рис.1-И). Светло-серые почвы в сравнении с другими подтипами характеризуются гранулометрической неоднородностью. Это объясняется тем, что индивидуумы этой таксономической группы представлены почвами, формирующимися в пределах природных районов, в которых почвообразующими толщами являются как продукты выветривания пермских и неогеновых мергелей, так и древние аллювиальные отложения, трансформированные эоловыми процессами. Низкие значения содержания физической глины (20–26%) наблюдаются в светло-серых лесных почвах, в состав которых входят представители, формирующиеся на преобразованных эоловым путем аллювиальных отложений древних долин рек Волги, Камы и их

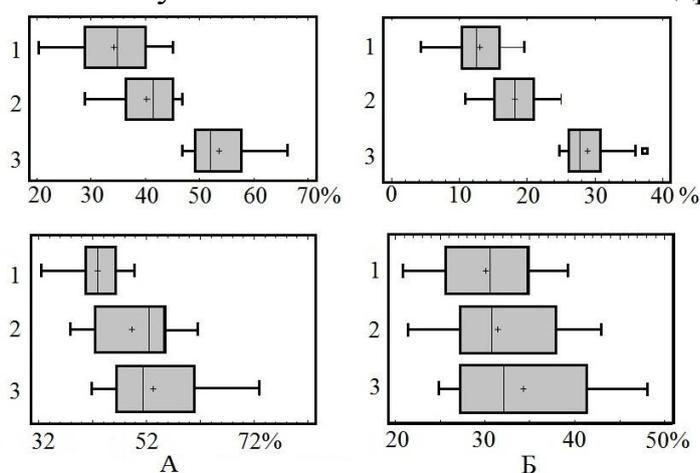


Рис.1. Статистическое положение подтипов серых лесных почв по содержанию физической глины (А) и илистой фракции (Б) в гумусовом горизонте (I) и почвообразующей породе (II). 1-светло-серые, 2-серые, 3- темно-серые

крупных притоков. Они достоверно отличаются от других представителей светло-серых лесных почв по содержанию физической глины ($t_{ст} = 9,90$ $t_{кр} = 2,88$) и илистой фракции ($p=0,016$).

Темно-серые лесные почвы обособляются в индивидуально группу. Для них свойственно наиболее высокие значения содержания физической глины (47-67%), причем они с очень высоким уровнем

вероятности ($p=7,39 \cdot 10^{-12}$) отделяются от светло-серых. Относительно большее содержание глины способствует стабилизации и накоплению органического вещества в почвах [4].

Серые лесные почвы, формируются на отложениях с содержанием частиц $<0,01\text{мм}$ 29–47%, и занимают промежуточное положение, перекрывая диапазон размещения как светло-серых, так и темно-серых почв, причем отчетливо тяготея к светло-серым почвам.

Иллювиальные горизонты по содержанию физической глины достоверно обособляются только в серых и темно-серых почвах ($t_{ст}=3,13$ $t_{кр}=2,67$) (табл.1)

Таблица 1

Достоверность различия средних величин содержания физической глины и ила в горизонтах профиля подтипов серых лесных почв (значимые различия выделены жирным шрифтом)

Горизонт	Фракция $<0,01\text{мм}$			Фракция $<0,001\text{мм}$		
	Светло-серые	Серые	Темно-серые	Светло-серые	Серые	Темно-серые
A1	$p=0,00$			$t_{ст}=5,17$ $t_{кр}=2,66$		
				$t_{ст}=10,9$ $t_{кр}=2,66$		
A1A2	$t_{ст}=3,15$ $t_{кр}=2,98$		-	$t_{ст}=1,66$ $t_{кр}=3,05$		-
BA2	$p=0,09$			$t_{ст}=2,38$ $t_{кр}=2,72$		
		$t_{ст}=6,08$ $t_{кр}=2,67$		$t_{ст}=4,44$ $t_{кр}=2,69$		
B1	$p=0,01$			$t_{ст}=1,02$ $t_{кр}=2,70$		
		$t_{ст}=3,13$ $t_{кр}=2,67$		$t_{ст}=2,52$ $t_{кр}=2,68$		
B2	$t_{ст}=2,52$ $t_{кр}=2,74$			$t_{ст}=0,71$ $t_{кр}=2,70$		
		$t_{ст}=3,03$ $t_{кр}=2,70$		$t_{ст}=1,27$ $t_{кр}=2,69$		
BC	$p=0,02$			$t_{ст}=0,66$ $t_{кр}=2,74$		
		$p=0,13$		$t_{ст}=1,73$ $t_{кр}=2,72$		

Содержание физической глины в почвообразующей породе являет собой непрерывный ряд от 32 до 73% (рис. 1-II). Вследствие этого достоверно обособляются только светло-серые и темно-серые ($p=0,001$) почвы. Достоверных различий по содержанию илистой фракции в почвообразующих породах в разных подтипах обнаружено не было ($p=0,326$). Это позволяет сделать предположение о литологической целостности почвообразующего материала, а дифференциацию толщ приписывать комплексу природных процессов, центральное место среди которых принадлежит почвообразованию.

Достоверные различия в профильном изменении содержания гумуса, обменных оснований и рН водной вытяжки представлены в таблице 2.

Разброс свойств гумусового горизонта серых лесных почв вдоль компонент представлен на рисунке 2. Первая главная компонента (ГК) наиболее сильно коррелирует со значениями содержания гумуса, илестых фракций, поглощенных оснований и описывает 74% общей дисперсии признаков. Увеличение числа используемых признаков приводит к снижению дисперсии. Вторая ГК коррелирует с мощностью гумусового горизонта, описывая 16% дисперсии.

Таблица 2

Достоверные различия в профильном распределении некоторых физико-химических свойств серых лесных почв (значимые различия выделены жирным шрифтом).

Горизонт	Содержание гумуса			Сумма обменных оснований			рН водный		
	Светло-серые	Серые	Темно-серые	Светло-серые	Серые	Темно-серые	Светло-серые	Серые	Темно-серые
A1	$p=6,54 \cdot 10^{-11}$			$p=3,05 \cdot 10^{-9}$			$t_{ст}=1,85$ $t_{кр}=2,67$		
		$p=0,00$			$p=0,00$			$t_{ст}=2,70$ $t_{кр}=2,65$	
A1A2	$t_{ст}=2,89$ $t_{кр}=2,90$		-	$t_{ст}=3,22$ $t_{кр}=3,05$		-	$t_{ст}=0,93$ $t_{кр}=3,11$		-
BA2	$p=0,15$			$t_{ст}=3,95$ $t_{кр}=2,73$			$p=0,05$		
		$p=0,00$			$t_{ст}=5,98$ $t_{кр}=2,70$			$p=0,00$	
B1	$t_{ст}=2,52$ $t_{кр}=2,69$			$t_{ст}=3,58$ $t_{кр}=2,71$			$p=0,45$		
		$p=0,00$			$p=0,04$			$p=0,00$	
B2	$t_{ст}=0,73$ $t_{кр}=2,74$			$p=0,00$			$t_{ст}=1,27$ $t_{кр}=2,81$		
		$t_{ст}=5,40$ $t_{кр}=2,69$			$p=0,16$			$t_{ст}=6,99$ $t_{кр}=2,06$	
BC	$t_{ст}=1,68$ $t_{кр}=2,95$			$t_{ст}=5,19$ $t_{кр}=2,88$			$t_{ст}=0,21$ $t_{кр}=2,86$		
		$t_{ст}=2,25$ $t_{кр}=2,89$			$t_{ст}=2,26$ $t_{кр}=2,86$			$p=7,19 \cdot 10^{-7}$	
C	$p=0,22$			$t_{ст}=3,62$ $t_{кр}=2,94$			$p=0,03$		
		$t_{ст}=2,23$ $t_{кр}=3,25$			$t_{ст}=2,56$ $t_{кр}=2,95$			$p=0,00$	

Основная часть серых лесных почв находится в положительной области факторной плоскости ГК1 ближе к светло-серым лесным подтипам. Они имеют близкое с ними морфологическое строение, но отличаются количественной основой рассматриваемых признаков гумусового горизонта. Близкое

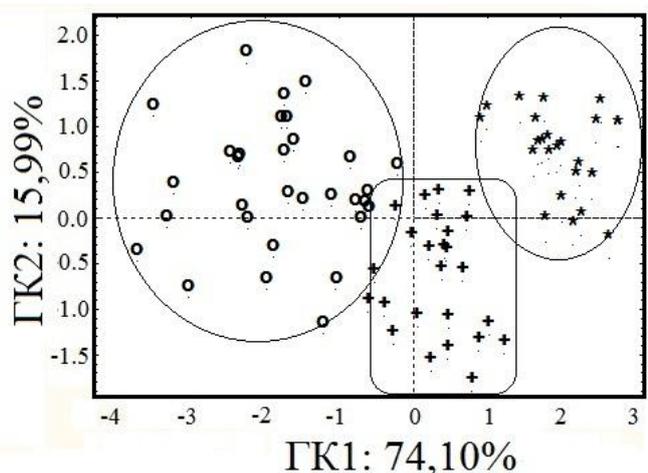


Рис.2. Визуализация подтиповых свойств гумусового горизонта серых лесных почв в факторной плоскости ГК1 (содержание илистых фракций, поглощенных оснований, гумуса) и ГК2 (мощность гумусового горизонта): I – светло-серые лесные, II – серые лесные, III – темно-серые лесные

расположение в отрицательной области с темно-серыми лесными почвами связано с формированием их на более тяжелых почвообразующих отложениях по сравнению с большинством представителей серых лесных почв. Характеризуются повышенным содержанием гумуса (7,03-7,80%) и обменных оснований (27-35 мг·экв/100 г). Основным препятствием к отнесению их в состав темно-серых лесных почв является малая мощность гор. A1 (от 14 до 18 см) и наличие гор. A1A2.

Близость морфологического строения, дифференциации профиля, отсутствие статистических различий профильного распределения мелкодисперсных

частиц, гумуса, рН, а также близкое расположение на факторной плоскости суммарной вариации почвенных свойств гор. А1 позволяет объединить светло-серые и серые лесные почвы в тип серые почвы, и рассмотреть совокупность в аспекте классификации 2004. Значимые количественные различия некоторых свойств в гумусовом горизонте связаны с особенностями почвообразующих пород, которые определяют интенсивность процессов почвообразования.

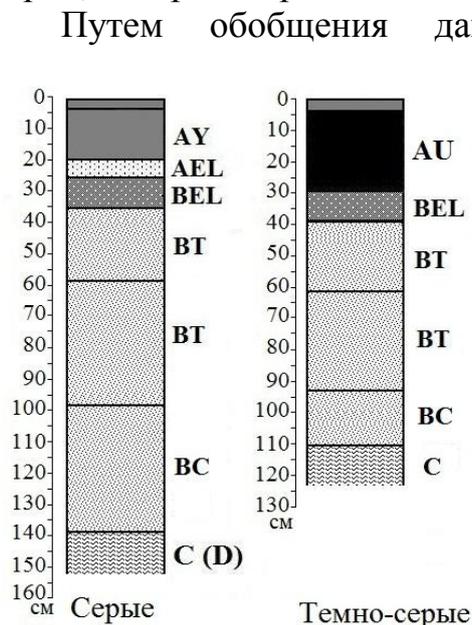


Рис.3. Центральный (виртуальный) образ серых и темно-серых лесных почв

Для поиска и выбора виртуального образа в естественных условиях были заложены 15 разрезов естественных почв. Используя виртуальный образ в качестве типового стандарта, из всех заложённых разрезов естественных почв были выбраны по одному представителю серых и темно-серых почв, с наиболее сходным морфологическим строением профиля с виртуальным образом (эталон).

Реальный представитель эталона серых почв расположен на территории Янтыковского лесного массива находящегося в Лаишевском районе РТ (N55°36.938'; E49°37.481', абс. высота 182 м). Почва серая типичная насыщенная мелкая неглубокоосветленная сильно выщелоченная тяжелосуглинистая почва на элювии пермских отложений. Гумусовый горизонт характеризуется средним содержанием гумуса (4,96%) и повышенным содержанием поглощенных оснований (18,5 мг·экв/100гр). Реакция среды верхнего горизонта среднекислая. В текстурной части профиля реакция среды очень сильнокислая, в основном за счет обменного водорода и алюминия ($H^+2,46$ м·Экв/100 гр; $Al^{3+}0,40$ м·Экв/100 гр). На глубине 40-60 см находится горизонт накопления вымытых из вышележащей толщи веществ, характеризующийся максимальным содержанием тонкодисперсных частиц. Кутаны, по мере приближения к карбонатным материнским породам, становятся темнее. Локальное вскипание в местах скопления карбонатов отмечается с глубины 107 см.

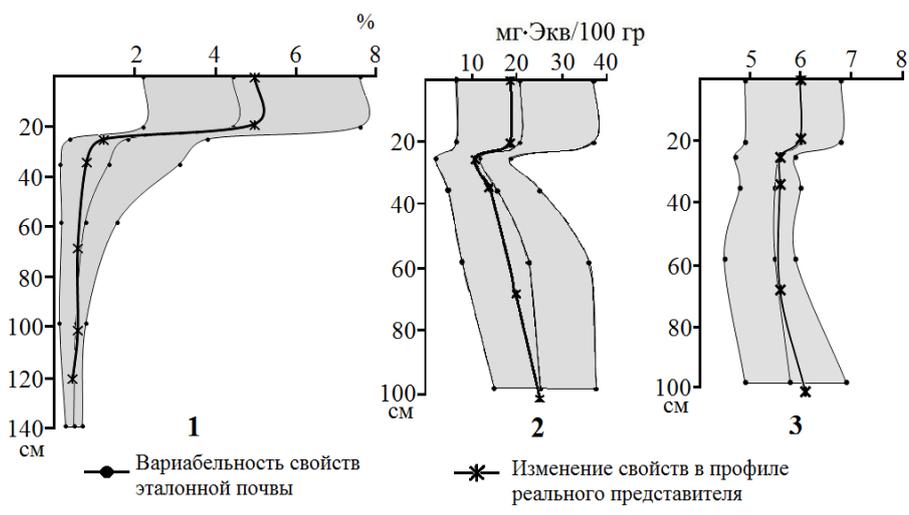


Рис.4. Профильное изменение содержания гумуса (1), обменных оснований (2) и рН водной вытяжки (3) в виртуальном образе серой почвы и его реальном представителе

Профильное изменение содержания гумуса (рис.4.1), обменных оснований (рис.4.2) и актуальной кислотности (рис.4.3) в реальном представителе находится в близком диапазоне к средним значениям эталона серой почвы.

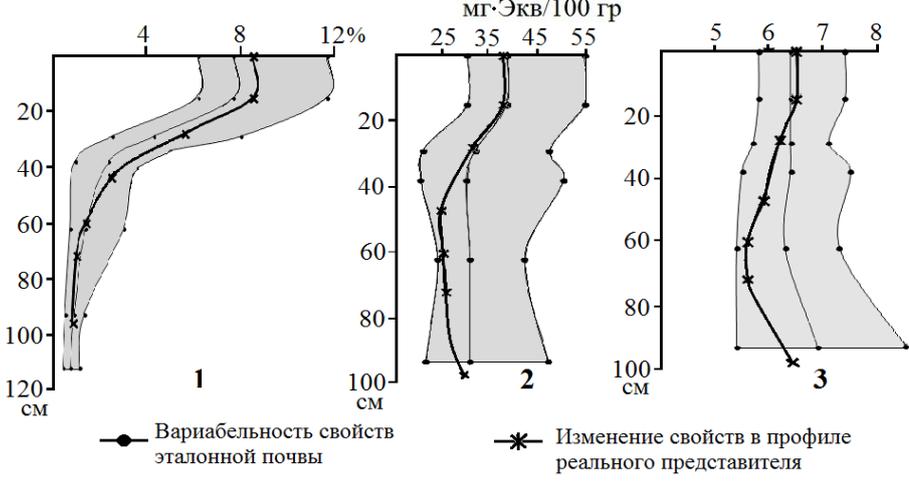


Рис.5. Профильное изменение содержания гумуса (1), обменных оснований (2) и рН водной вытяжки (3) в виртуальном образе темно-серой почвы и его реальном представителе

Представитель образа темно-серых почв расположен на территории Билярского лесхоза Алексеевского района РТ (N 54⁰54.584'; E 50⁰33.985', абс. высота 175м). Почва типичная насыщенная средне мелкая средне выщелоченная тяжелосуглинистая на карбонатной глине. Иловато-крупнопылеватый тяжелосуглинистый гумусовый горизонт (23см) обладает комковато-зернистой структурой, высоким содержанием гумуса (8,5% в верхнем 15 см) и очень высоким содержанием поглощенных оснований (37,6 м·экв/100гр). Реакция среды верхнего горизонта нейтральная, на глубине 40-80см средне- и сильно кислая (5,6-5,3). В субэлювиальном горизонте (BEL) отмечается белесая присыпка. В нижней части профиля наблюдаются кутаны, которые по мере приближения к материнской породе становятся темнее.

Локальное вскипание в местах скопления карбонатов отмечается с глубины 72 см.

Профильное изменение содержания гумуса в реальном представителе близко к средним величинам рассматриваемого свойства в статистическом образе (рис.5-1). Содержание обменных оснований и величина актуальной кислотности в гумусовом горизонте также сходна со средними значениями образа темно-серой почвы (рис. 5-2,3). В субэлювиальном и текстурном горизонтах сумма обменных оснований и кислотность приближается к крайним лимитам типа темно-серых почв. Кислотность обусловлено в основном присутствием обменного водорода в ППК (H^+ 0,26 м·Экв/100 гр). В горизонтах ВС и С данные свойства приближаются к среднестатистическим величинам.

Таким образом, на основе 118 представителей этих почв осуществлено формализованное систематизирование под углом зрения различий их состава по содержанию частиц <001 мм и частиц <0,001 мм в гумусовом горизонте. Содержание физической глины в гумусовом горизонте серых почв составляет 20-47% (илистой фракции 4-25%), в темно-серых почвах содержание физической глины 47-66% (илистой фракции 25-37%).

На базе исходной генеральной совокупности созданы центральные (виртуальные) образы серых и темно серых почв, используя которые разработаны формализованные рамочные шаблоны, предназначенные для практики полевой идентификации этих почв.

Обосновано положение реальных представителей серых и темно-серых почв в совокупности свойств. Показано, что близкое строение профиля серой и темно-серой почвы к статистическому образу характеризуется свойствами, приближенными к средним величинам эталонов.

Литература:

1. *Ахтырцев Б.П. Серые лесные почвы центральной России. Воронеж: Изд-во ВГУ, 1979. 232 с.*
2. *Кёршенс М. Значение содержание гумуса для плодородия почв и круговорота азота // Почвоведение. 1992. №10. С.122-132.*
3. *Шеин Е.В. Гранулометрический состав почв: проблемы методов исследования, интерпретации результатов и классификаций // Почвоведение. 2009. №3. С.309-317.*
4. *Jenkinson, D.S. Studies on the decomposition of plant material in soil // J. Soil Sci. 1977. Vol. 17. P. 280-302.*

ПОЛИДИСПЕРСНАЯ СИСТЕМА ПОЧВ: ОПРЕДЕЛЕНИЕ, КОНСТАНТЫ
ДИНАМИЧЕСКОГО РАВНОВЕСИЯ И ИХ СВЯЗЬ С ГУМУСНОСТЬЮ
ФРАКЦИЙ И ПОЧВЫ (СООБЩЕНИЕ 1)

Крыщенко В.С.

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону

inir82@mail.ru

Введение. Полидисперсная системы почв (ПСП) – это целостная совокупность условно неделимых биокосных и косных элементов (массы ЭПЧ, ультра- и микроагрегатов менее 1 мкм, 1-10 мкм, суммы частиц менее и более 10 мкм), объединенных механизмом обратной связи (агрегирование↔диспергирование), сопровождаемой дублирующим механизмом (инертные↔лабильные компоненты), реагирующих на изменение среды смещением динамического равновесия, с последующим стремлением к устойчивому состоянию.

Любое движение (равновесие) является относительным. Его следует рассматривать лишь по отношению к какому-либо телу или условно неделимой массе. Нельзя указывать, например, для почвы, что существует равновесие вообще, можно определить равновесие по отношению к какой-то «точке отсчета», «системе координат» или «эталоноу сравнения».

Многофакторность почвообразования и динамика погоды и климата способствуют тому, что один и тот же почвенный образец во времени мы застаем в различных состояниях равновесия (табл. 1 графа 8). При интерпретации данных гранулометрического состава такого характера возникает методологическая проблема – как «сравнить несравнимое», когда все элементы ПСП переменны и их содержание непредсказуемо. Переменно как содержание ила и пыли в физической глине, так и сама масса этой фракции в разновидностях почв, т.е. переменные в переменной. В этом случае при моделировании «поведения» ПСП нами использовалась общенаучная аксиома – «ищите постоянные величины среди множества переменных». Они записаны в самой почве, выявляются в результате анализа ее дисперсности и могут служить «точкой отсчета» или эталоном сравнения.

Постоянные (константные) величины в анализе дисперсности почв играют важную роль. Сравнивая константу и фактические данные дисперсности почвенных образцов, можно оценить, насколько дисперсность испытуемого образца удалена от «идеального состояния равновесия».

Некоторые концептуальные положения дисперсности и гумусности почв. Всю информацию о единстве дисперсности и гумусности почв можно условно разделить на три блока: первый затрагивает проблему интерпретации данных гранулометрического состава почв и характеристику ПСП; второй – специфику показателя «содержание гумуса на 100 г почвы» как функции двух переменных; третий – экспериментальное подтверждение наличия детерминированной (матричной) связи констант динамического равновесия (K)

с показателями «содержание гумуса в физической глине» (x) и «содержание гумуса почвы в целом» (y).

Первый блок. Дисперсность является фундаментальной характеристикой почв, которая прямо или опосредованно определяет практически все их свойства. Распространенной характеристикой дисперсности почв выступает гранулометрический состав. Обычно он интерпретируется с двух позиций – статического и динамического равновесия.

В первом случае, как правило, констатируется простой факт наличия в почве того или иного количества частиц (фракций) различного размера на момент взятия почвенного образца. Систематического мониторинга изменения дисперсности не осуществляется. Для определения разновидности почв основное внимание заостряется на содержании частиц менее 10 мкм. При сравнении количества физической глины в образцах, как правило, делается вывод, что гранулометрический состав почв мало изменяется во времени. Это справедливо, но не совсем корректно: сумма ила и пыли может не меняться, но доли их в физической глине переменны (табл. 1, графы 3 и 4).

Во втором случае, при оценке динамики гранулометрического состава, основное внимание обращается не на количество в почве тех или иных частиц, а на парные их отношения между собой во времени, на функционирование ПСП. В этом случае необходимы иные показатели и параметры, характеризующие динамику ПСП. Замечено, что по сезонам и годам одному и тому же содержанию физической глины в почвенном образце соответствуют переменные значения илы и пыли. Более того, проявляется ярко выраженная смена группового состава физической глины – с иловатой она переходит в пылеватую и обратно (табл. 1, графы 3 и 4).

В связи с этим, возникает необходимость характеризовать ПСП по двум векторам дисперсности - по классам и группам почв (схема 1). По классам почв через коэффициент – k_1 следует контролировать гумус-аккумулирующую массу физической глины (Z) и относительно индифферентную, почти безгумусовую массу физического песка (γ), (схема 1, I и II). Так как $Z+\gamma=100$, то $k_1=100/Z=1+\gamma/Z$. Для классов с преобладанием физического песка (схема 1, III и IV) $k_1=100/\gamma=1+Z/\gamma$. Группы представляют собой отношения разнокачественных масс илистой (α_ϕ) и пылеватой фракций (β_ϕ) в физической глине, связанных через коэффициент k_2 . Если в физической глине преобладает ил (схема 1, I и III), то k_2 и $k'_2=Z/\alpha_\phi=1+\beta_\phi/\alpha_\phi$. Если преобладает пыль (для II и IV), - то $k'_2=k''_2=Z/\beta_\phi=1+\alpha_\phi/\beta_\phi$. Шкалу ранжирования групп почв можно задать и с помощью показателя степень насыщенности (V , %) физической глины илом – $V_\alpha=100\alpha_\phi/Z$ или пылью – $V_\beta=100\beta_\phi/Z$, введя $Z=100$. В этом случае доля ила и пыли будут оцениваться по отношению к постоянной величине – к 100 г физической глины. Выбор той или иной формулы расчета определяется преобладающей фракцией. Значения V_α и V_β варьируют от 50 до 100 %. На момент взятия образца он может попадать в один из четырех квадратов матрицы. Отношение элементов в каждом из них специфично.

Схема 1. Вероятные парные отношения элементов в полидисперсной системе почв (ПСП) и константы динамического равновесия

		ГРУППЫ ПОЧВ															
		Иловатая						Пылеватая									
		Сильное	Среднее			Оптимальное		Среднее		Сильное							
		$V_\alpha \gg V_\beta$	$V_\alpha > V_\beta$			$V_\alpha \approx V_\beta$		$V_\beta > V_\alpha$		$V_\beta \gg V_\alpha$							
			10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	V_β				
КЛАССЫ ПОЧВ	глинистые	Сильное	$Z \gg \gamma$	10	90	I						II					V_α
				20	80												
				30	70												
		Среднее	$Z > \gamma$	40	60												
				50	50												
				60	40												
	опесчаненные	Среднее	$\gamma > Z$	70	30	III						IV					
				80	20												
				90	10												
		Сильное	$\gamma \gg Z$	10													
				0													
γ	Z																

Константы равновесия		Эталон равновесия – «идеальное» состояние равновесия системы: отношение элементов детерминировано $K=1$	
I	II	I	II
Эталон сравнения – $\alpha_{dt}=0,01Z^2$, при Z от 25 до 70 %		$k_1=100/Z=1+\gamma/Z$	
$K=k_1/k_2=100\alpha/Z^2=1$	$K=k_1/k'_2=100\beta/Z^2=1$	$k_2=Z/\alpha_\phi=1+\beta_\phi/\alpha_\phi$ $V_\alpha=100\alpha_\phi/Z, \%$	$k'_2=Z/\beta_\phi=1+\alpha_\phi/\beta_\phi$ $V_\beta=100\beta_\phi/Z, \%$
III	IV	III	IV
Эталон сравнения – $\beta_{dt}=0,01Z\gamma$, при $Z \square 25\%$		$k'_1=100/\gamma=1+Z/\gamma$	
$K=k'_1/k'_2=100\alpha/Z$ $\gamma=1$	$K=k'_1/k''_2=100\beta/Z\gamma=1$	$k'_2=Z/\alpha_\phi=1+Z/\gamma$ $V_\alpha=100\alpha_\phi/Z, \%$	$k''_2=Z/\beta_\phi=1+\alpha_\phi/\beta_\phi$ $V_\beta=100\beta_\phi/Z, \%$

Характеристика, позволяющая совокупно отразить дисперсность почвенных образцов – это значения парных отношений – $K=k_1/k_2=V/Z$. Ранее нами было установлено, что на момент взятия почвенного образца, он может прибывать в одном из трех возможных состояний динамического равновесия: при $K=1$, $K>1$ или же $K<1$ [1, 2]. Именуются эти показатели как константы динамического равновесия ПСП (*К-ПСП*). Здесь же возникает вопрос, а почему константы?

Напомним, что равновесие можно определить лишь по отношению к какой-то «системе координат», «эталоноу сравнения» или «идеальному» состоянию равновесия системы. В качестве эталона рационально использовать «идеальное» состояние равновесия ПСП, где $K=1$. При этом между дисперсными элементами системы устанавливаются парные детерминированные отношения: $k_1=k_2$; $V=Z$; $100\alpha_\phi=Z^2$; $100\beta_\phi=Z\gamma$ и $\alpha_\phi=\alpha_{dt}$. Подставив для k_1 , k_2 , и V их значения получим ряд равенств - $K=k_1/k_2=100\alpha_\phi/Z^2=1$. Тот же результат получим и в отношении $K=V_\alpha/Z=100\alpha_\phi/Z^2=1$. Если в физической глине опесчаненных почв (схема 1, III и IV) преобладает илистая фракция, тогда $K=k'_1/k'_2=100\alpha_\phi/Z\gamma$, а в случае преобладания пылевой фракции $K=k'_1/k'_2=100\beta_\phi/Z\gamma$. Для любого индивидуального образца можно создать (рассчитать) математическую модель его дисперсности при наличии в нем содержания физической глины. Содержание ила (α_{dt}) в почвенном образце в состоянии «идеального» равновесия при $K=1$ будет равно квадрату массы физической глины (Z), деленному на 100, т.е. $\alpha_{dt}=0,01Z^2$. На единицу массы физической глины приходится 0,01 массы ила. При «идеальном» равновесии содержание пыли равно $\beta_{dt}=0,01Z\gamma$.

Из последних двух равенств следует, что по классам почв содержание ила в физической глине будет изменяться по экспоненциальному закону, а пылевая составляющая - по параболическому. В интервале содержания физической глины от 40 до 60 % парабола образует плато: пыль практически не изменяется $\beta_{dt}=24,5\pm 0,5$ (табл. 1 графа 6). Это значит, что пылевая фракция не может выступать «эталоном сравнения» в анализе ПСП в указанном интервале. В качестве «эталоноа сравнения» в интервале варьирования физической глины от 25 до 70%, выступает илистая фракция. Содержание ила для конкретного значения физической глины - величина постоянная. Например, при $Z=60\%$, $\alpha_{dt}=0,01\times 60^2=36\%$, а $\beta_{dt}=0,01\times 60\times 40=24\%$. Допустим, что $Z=40\%$, тогда $\alpha_{dt}=16\%$, а вот содержание пыли будет тоже – $\beta_{dt}=24\%$.

В области опесчаненных ($Z<25\%$) и тяжелоглинистых ($Z>70\%$) почв экспериментальных данных еще не достаточно, что затрудняет исследования. В этих классах использование α_{dt} в качестве эталона не всегда корректно. Экспериментальное и расчетное значение гумуса в физической глине не согласуются. В указанных интервалах использовался второй «эталон сравнения» - $\beta_{dt}=0,01Z\gamma$. По отношению к нему вычислялись константы динамического равновесия ПСП. В этом случае аналитические и расчетные значения содержания гумуса в физической глине совпадают.

Итак, динамическое равновесие почвенных образцов можно оценить относительно эталоноа сравнения: массы ила (α_{dt}), в интервале Z 25-70% и по отношению массы пыли (β_{dt}), в интервале $Z<25\%$ и $Z>70\%$. Сравнивая с

эталоны дисперсности фактические значения ила (α_{ϕ}) и пыли (β_{ϕ}), можно рассчитать константы динамического равновесия любого почвенного образца. Для образцов с иловатой физической глиной константа равновесия равна – $K = \alpha_{\phi}/\alpha_{dt}$, а с пылеватой – $K = \beta_{\phi}/\alpha_{dt}$. Для опесчаненных и глинистых соответственно – $K = \alpha_{\phi}/\beta_{dt}$ и $K = \beta_{\phi}/\beta_{dt}$. Значение констант равновесия ограничено и варьирует от 0,5 до 2.

Таким образом, для описания состояний равновесия ПСП следует сопоставлять два ряда дисперсности почвенных образцов: реальный и «идеальный» (табл. 1, графа 2-4, 5, 6). Реальные показатели сокращенного гранулометрического анализа (по Качинскому – суточная и минутная пробы) соизмеряются относительно эталонов (α_{dt} и β_{dt}) этого же почвенного образца. Эталоны – это постоянные величины для конкретного значения физической глины и, потому, считаем оправданным название «константы динамического равновесия ПСП». Используя метод двух дисперсных рядов – реального и идеального, удастся стандартизировать и унифицировать исследования ПСП. Константы динамического равновесия почвенного образца, вычисленные на данный момент времени, могут использоваться как «точка отсчета» при мониторинге свойств почв и идентификации почвенных образцов.

Второй блок. Специфика показателя «содержание гумуса на 100 г почвы» (y) как функция двух переменных. Во-первых, если бы гумус равномерно распределялся по всем гранулометрическим фракциям (по всей массе) и групповой состав его был однороден, тогда показатель y можно было бы воспринимать однозначно. Однако в природе почв имеет место иная закономерность – неравномерное и разнокачественное по фракциям распределение гумуса: одна масса, частицы менее 10 мкм, селективно концентрируют в себе большую его часть – 85–95%, тогда как вторая, фракции более 10 мкм, – индифферентная, почти безгумусовая масса. С учетом изложенного следует, что показатель y – это опосредованное через нормирующий коэффициент, отражение концентрации гумуса физической глины, но механически «разбавленной» безгумусовой массой физического песка в n раз. Или же иначе, это среднее содержание гумусовой и безгумусовой масс почвенного образца. В настоящее время эффект такого «разбавления» не учитывается.

Во-вторых, в показателе y «записана» и другая информация – о переменной дисперсности физической глины через динамику ил↔пыль. В этом процессе отражаются закономерности функционирования ПСП. Устойчивость и динамика системы, вероятно, ограничивается пределом насыщения ($V, \%$) физической глины илом↔пылью около 75%. Оптимальная, статистически наиболее вероятная насыщенность физической глины илом-пылью в тяжелых суглинках ($Z=40-60\%$), составляет $54,5 \pm 5\%$. Избыток ила в физглине способствует течению анаэробных процессов, понижению окисляемости гумуса и агрегированию массы. Повышенная пылеватость, наоборот, усиливает течение аэробных процессов, переводу инертного гумуса в лабильный и диспергированию микроагрегатов. Между агрегированием и диспергированием массы устанавливается состояние динамического равновесия.

Таблица 1

Сезонная и годовая динамика дисперсности и гумусности чернозема
обыкновенного карбонатного ботанического сада ЮФУ
(аналитик Волынец О.В.)

Горизонт и глубина взятия образца, см	Фактическое содержание фракций, %			Базовое содержание фракций, %		Насыщенность физической глины илом (пылью), %	Константы динамического равновесия	Содержание гумуса, %			Насыщенность физической глины гумусом, %	
	<0,0 1мм	<0,001 мм	0,001- 0,01 мм	<0,001 мм	0,00 1- 0,01 мм			В поч ве	В физическо й глине			W*
									Ан али	Рас чет		
z	α_{ϕ}	β_{ϕ}	α_{dt}	β_{dt}	V	K	y	x	x _p	W*		
Взятие образца 30.05.09												
A 10-25	45,3	23,8	21,5	20,5	24,8	52,8	1,160	4,6	5,3	5,3	11,3	
AB25-60	43,1	22,5	20,6	18,5	24,5	52,2	1,211	4,9	6,0	5,9	13,6	
B 60-80	41,3	21,3	20,0	17,0	24,3	51,3	1,242	3,5	4,4	4,3	10,4	
Взятие образца 10.07.09												
A 10-25	43,9	24,7	19,2	19,2	24,6	56,3	1,282	5,2	6,9	6,6	15,0	
AB 25-60	42,8	14,9	27,9*	18,3	24,5	65,1	1,524	3,3	5,0	5,0	11,7	
B 60-80	41,5	13,6	27,9*	17,2	24,3	67,2	1,620	2,6	4,2	4,2	10,1	
Взятие образца 27.10.09												
A 10-25	44,0	10,4	33,6*	19,3	24,6	76,4	1,735	3,6	6,3	6,2	14,0	
AB 25-60	44,0	13,4	33,6*	19,3	24,6	76,4	1,735	4,3	6,8	7,4	16,8	
B 60-80	41,1	11,3	29,8*	16,8	24,2	72,5	1,764	2,1	3,7	3,7	9,0	
Взятие образца 06.05.10 (засушливый год)												
A 10-25	40,7	17,0	23,7*	16,5	24,2	58,2	1,429	3,6	4,1	5,1	12,5	
AB 25-60	43,6	18,2	25,4*	19,1	24,5	58,2	1,335	3,1	3,6	4,1	9,4	
B 60-80	39,6	16,6	23,0*	15,9	24,0	57,6	1,443	н/о	-	-	-	
Взятие образца 10.07.10 (засушливый год)												
A 10-25	41,7	22,9	18,5	17,1	24,3	55,3	1,247	3,4	4,1	4,3	9,9	
AB 25-60	44,7	13,5	31,2*	20,0	24,7	69,8	1,561	3,0	3,6	4,6	10,2	
B 60-80	43,3	11,5	31,8*	18,7	24,6	73,4	1,695	н/о	-	-	-	
Взятие образца 27.10.10 (засушливый год)												
A 10-25	42,1	18,2	23,9*	17,7	24,3	56,7	1,348	3,1	3,7	4,1	9,7	
AB 25-60	41,8	19,5	22,3*	17,4	24,3	53,3	1,276	2,9	3,4	3,7	8,8	
B 60-80	43,6	18,8	24,8*	19,0	24,5	56,8	1,304	н/о	-	-	-	
Взятие образца 20.06.11												
A 10-25	42,6	16,0	26,6*	18,1	24,4	62,9	1,139	3,8	4,9	4,2	9,8	
AB 25-60	43,7	14,4	29,3*	19,0	24,6	67,0	1,319	3,3	3,6	4,3	9,8	
B 60-80	43,5	16,3	27,2*	18,9	24,5	62,5	1,159	2,8	3,4	3,2	7,3	
Взятие образца 27.10.11												
A 10-25	43,6	27,8	16,1	19,0	24,6	63,0	1,447	4,0	5,8	5,9	13,4	
AB 25-60	43,0	27,4	15,6	18,5	24,6	63,7	1,447	3,0	5,0	4,4	11,7	
B 60-80	44,9	28,2	16,7	20,2	24,7	62,7	1,396	2,1	3,3	2,9	7,5	

*- пылеватая составляющая в физической глине преобладает над илистой ($\beta_{\phi} > \alpha_{\phi}$)

В заключении отметим, что показатель «содержание гумуса на 100 г почвы» не следует воспринимать однозначно, хотя мы и привыкли к этому. Он несет в себе две неопределенности, две переменных величины: первое – это функция, отражающая концентрацию гумуса в физической глине (x) и, второе, – это функция эффекта «разбавления» этой концентрации гумуса, почти безгумусовой массой физического песка. Играет важную роль также и переменная дисперсность физической глины (K). Выразим функциональную связь – $y=f(K, x)$. Парная связь x с y нормируется переменной дисперсностью почвенных образцов, выраженную через K . Такая функция именуется нормирующей.

Литература:

1. Крыщенко В.С., Рыбьянец Т.В., Бирюкова О.А., Кравцова Н.Е. Компенсационный принцип анализа гумус-гранулометрических соотношений в полидисперсной системе почв // Почвоведение. 2006. №4. С. 473-483
2. Крыщенко В.С. Рыбьянец Т.В., Замулина И.В. Бирюкова О.А. Моделирование взаимосвязи элементов полидисперсной системы почв с использованием эталона сравнения // Труды института геологии Дагестанского НЦ РАН. Сборник научных статей. Махачкала, 2012. № 61. С. 22-33

ПОЛИДИСПЕРСНАЯ СИСТЕМА ПОЧВ: ОПРЕДЕЛЕНИЕ, КОНСТАНТЫ ДИНАМИЧЕСКОГО РАВНОВЕСИЯ И ИХ СВЯЗЬ С ГУМУСНОСТЬЮ ФРАКЦИЙ И ПОЧВЫ (СООБЩЕНИЕ 2)

Крыщенко В.С.

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону

inir82@mail.ru

В сообщении 1 были рассмотрены два блока, характеризующие единство дисперсности и гумусности почв: характеристику самой полидисперсной системы и проблемы интерпретации гранулометрического состава почв, а также специфику показателя «содержание гумуса на 100 г почвы» как функции двух переменных. Рассмотрим третий блок – экспериментальное подтверждение наличия детерминированной (матричной) связи констант динамического равновесия (K) с показателями «содержание гумуса в физической глине» (x) и «содержание гумуса почвы в целом» (y)

Для экспериментов были использованы образцы сухостепных, степных и лесостепных автоморфных почв, с иловатой (Ростовская область) и пылеватой (Кабардино-Балкария) физической глиной. Привлекались и литературные данные. Также проводился мониторинг изменения дисперсности по сезонам и годам почв Ботанического сада ЮФУ в 2009-2011 годах. Гранулометрический анализ выполнялся по Н.А. Качинскому, с пирофосфатной пробоподготовкой. Фракция физической глины отбиралась с того же цилиндра, где выполнялся гранулометрический анализ. Суспензия 50-70 мл накапливалась в фарфоровые чашки, с последующим выпариванием на водяной бане. В остатке физической

глины и почвы в целом определялось содержание гумуса по И.В. Тюрину. Результаты проделанной работы представлены в таблице 1. Всего было проанализировано около 150 почвенных образцов.

В период исследования в Ботаническом саду все три года были относительно жаркими. Аномально сухим выдался 2010 год. С мая по октябрь выпало около 50 мм осадков, при годовой норме около 450 мм. В 2011 году количество осадков приблизилось к годовой норме. Специфика климата отразилась в динамике дисперсности почв.

Третий блок. Необходимо экспериментально подтвердить наличие детерминированной связи констант динамического равновесия ПСП, с показателями гумусности физической глины и почвы в целом.

Первоначально отметим, что из данных таблицы 1 очевидна несостоятельность бытующего мнения о «гранулометрическом покое» в почвах. Содержание физической глины мало изменялось в 2009-2011 годах. Но внутри этой фракции происходил процесс смены группового состава: в начале эксперимента (30.05.2009) в физической глине ил преобладал над пылью, что типично для данной почвы. Осенью 2009 г. и в 2010 г. наблюдается преобладание пылевой фракции в физической глине, а затем вновь ПСП «возвращается» к исходному иловатому состоянию равновесия (осень 2011 г.). Синхронно с динамикой дисперсности (K) наблюдается изменение гумусового состояния почвы в целом (y) и ее физической глины (x).

При интерпретации данных, характеризующих динамическое равновесие ПСП имеется особая специфика, отличающаяся от общепринятой в почвоведении. В настоящее время, не задумываясь, обычно сравнивается между собой содержание гумуса одного почвенного образца с этим же показателем другого, или же соизмеряются значения физической глины, емкости катионного обмена и т.д., по принципу «больше – меньше». При анализе равновесия ПСП возникает центральный вопрос: «А правомочно ли подобное сравнение?»

В динамически равновесной ПСП все характеристики ее не обособлены друг от друга, а парно связаны между собой в единую функциональную цепь зависимости по принципу: концентрация гумуса в физической глине (аргумент – x) ↔ константы динамического равновесия ПСП (нормирующий коэффициент дисперсности между x и y) ↔ содержание гумуса в почве (функция – y). В этом случае нельзя вырвать показатель из общей цепи связи и сравнивать его с себе подобным другого почвенного образца. Необходимо еще доказать, возможно или нет сравнение однородных показателей? Рассмотрим эту проблему на конкретном примере.

В естественной ПСП существует две цепи парных отношений гумусности с дисперсностью почв: 1. Двойная связь: содержание гумуса в почве ↔ константы динамического равновесия (нормирующий коэффициент дисперсности); 2. Тройная связь: содержание гумуса в почве ↔ константы динамического равновесия ↔ концентрация гумуса в физической глине.

Таблица 1

Динамика дисперсности и гумусности чернозема обыкновенного карбонатного ботанического сада ЮФУ (аналитик Волынец О.В.)

Горизонт и глубина взятия образца, см	Фактическое содержание фракций, %			Базовое содержание фракций, %		Насыщенность физической глины илом (пылью), %	Константы динамического равновесия	Содержание гумуса, %			Насыщенность физической глины гумусом, %
	<0,0 1мм	<0,00 1 мм	0,001- 0,01 мм	<0,001 мм	0,00 1- 0,01 мм			В поч ве	В физическо й глине		
									Ана лит	Рас чет	
z	α_{ϕ}	β_{ϕ}	α_{dt}	β_{dt}	V	K	y	x	x_p	W*	
Взятие образца 30.05.09											
A 10-25	45,3	23,8	21,5	20,5	24,8	52,8	1,160	4,6	5,3	5,3	11,3
AB 25-60	43,1	22,5	20,6	18,5	24,5	52,2	1,211	4,9	6,0	5,9	13,6
B 60-80	41,3	21,3	20,0	17,0	24,3	51,3	1,242	3,5	4,4	4,3	10,4
Взятие образца 27.10.09											
A 10-25	44,0	10,4	33,6*	19,3	24,6	76,4	1,735	3,6	6,3	6,2	14,0
AB 25-60	44,0	13,4	33,6*	19,3	24,6	76,4	1,735	4,3	6,8	7,4	16,8
B 60-80	41,1	11,3	29,8*	16,8	24,2	72,5	1,764	2,1	3,7	3,7	9,0
Взятие образца 06.05.10 (засушливый год)											
A 10-25	40,7	17,0	23,7*	16,5	24,2	58,2	1,429	3,6	4,1	5,1	12,5
AB 25-60	43,6	18,2	25,4*	19,1	24,5	58,2	1,335	3,1	3,6	4,1	9,4
B 60-80	39,6	16,6	23,0*	15,9	24,0	57,6	1,443	н/о	-	-	-
Взятие образца 27.10.10 (засушливый год)											
A 10-25	42,1	18,2	23,9*	17,7	24,3	56,7	1,348	3,1	3,7	4,1	9,7
AB 25-60	41,8	19,5	22,3*	17,4	24,3	53,3	1,276	2,9	3,4	3,7	8,8
B 60-80	43,6	18,8	24,8*	19,0	24,5	56,8	1,304	н/о	-	-	-
Взятие образца 20.06.11											
A 10-25	42,6	16,0	26,6*	18,1	24,4	62,9	1,139	3,8	4,9	4,2	9,8
AB 25-60	43,7	14,4	29,3*	19,0	24,6	67,0	1,319	3,3	3,6	4,3	9,8
B 60-80	43,5	16,3	27,2*	18,9	24,5	62,5	1,159	2,8	3,4	3,2	7,3
Взятие образца 27.10.11											
A 10-25	43,6	27,8	16,1	19,0	24,6	63,0	1,447	4,0	5,8	5,9	13,4
AB 25-60	43,0	27,4	15,6	18,5	24,6	63,7	1,447	3,0	5,0	4,4	11,7
B 60-80	44,9	28,2	16,7	20,2	24,7	62,7	1,396	2,1	3,3	2,9	7,5

*- пылеватая составляющая в физической глине преобладает над илистой ($\beta_{\phi} > \alpha_{\phi}$)

Рассмотрим двойную связь в ПСП. Из таблицы 1 очевидно, что каждому значению гумуса почвенного образца (графа 9) соответствует свои «персональные» переменные значения констант равновесия (графа 8). То есть, каждое значение гумуса почвенного образца характеризуется своим эффектом «разбавления» концентрации гумуса физической глины, до значения – «содержание гумуса на 100 г почвы» через константу равновесия. Это значит, что некорректно сравнивать почвенные образцы по показателю – «содержание гумуса на 100 г почвы», так как каждый из них «несет» свою переменную величину, свою константу равновесия. Например, в мае 2009 г (табл.1)

содержание гумуса в гор. А – 4,6%, а константа равновесия – $K_1=1,160$. В осенний период этого же года, содержание гумуса в гор.А – 3,6%, а $K_2=1,735$. Сменился фракционный состав физической глины с иловатой на пылеватую. Сравнить эти два образца по содержанию гумуса нельзя, т.к. они имеют различные константы равновесия $K_1 \neq K_2$. В этом случае возникает проблема, как «сравнить несравнимое», как несравнимые показатели гумуса привести к общему знаменателю, где они будут абсолютно сравнимы? Когда обнаруживается неправомерность сравнения пары гумус – дисперсность, с другой аналогичной парой почвенных образцов, тогда используется общеизвестная математическая процедура нормализации - преобразование несравнимых разномасштабных цифровых рядов в сравнимые одномасштабные цифровые ряды. То есть, необходимо провести преобразование множества несравнимых состояний динамического равновесия ПСП, где K переменны ($K \neq 1$) в абсолютно сравнимое «идеальное» состояние равновесия ПСП, где все $K=1$.

Рассмотрим данную процедуру, используя вышеприведенный пример. Для этого необходимо перемножить значения гумуса почвы в целом (y) на индивидуальные значения констант равновесия почвенных образцов, т.е. $x=Ky$: $4,6 \times 1,160=5,3\%$ и $3,6 \times 1,735=6,\%$. Здесь же возникает вопрос, что это за вновь полученные цифровые значения и какое отношение они имеют к гумус-дисперсной характеристике почв? Чтобы получить ответ на поставленный вопрос, была первоначально сформирована рабочая гипотеза: вновь полученные значения x после процедуры преобразования Ky имеют прямое отношение к концентрации гумуса в физической глине конкретного почвенного образца. Согласно этой гипотезе, был составлен план полевых и аналитических исследований, результаты которых частично представлены в таблице 1 (графы 10 и 11). В графе 10 представлена концентрация гумуса в физической глине, полученная прямым аналитическим определением, а в графе 11 этот же показатель, но полученный расчетным путем (x_p), т.е. $x_p=Ky$, %, при $K>1$ и $x_p=1/Ky$, %, при $K<1$. Далее сопоставим значения гумуса физической глины x и x_p . Коэффициенты корреляции между этими значениями гумуса близки к единице ($n=155$, $R=0,968$ при $P=0,95$). Здесь же заметим, что данные закономерности не подходят для почв легкого и очень тяжелого гранулометрического состава.

Итак, расчетное значение – x_p , полученное от перемножения – Ky есть не что иное, как концентрация гумуса в физической глине конкретных почвенных образцов, ограниченных содержанием ее от 30 до 70%, т.е. $50 \pm 20\%$. Показатели «концентрация гумуса на 100 г физической глины», абсолютно сравнимы друг с другом в почвенных образцах, так как они приведены к состоянию «идеального» динамического равновесия, где все $K=1$, т.е. к общему знаменателю детерминированного отношения элементов ПСП. Трехчленную связь дисперсности и гумусности в ПСП можно выразить в формализованном виде:

$$\frac{\frac{Ky}{x}}{\text{при } K>1} = \frac{\frac{1/Ky}{x}}{\text{при } K<1} = \frac{\frac{y}{x}}{\text{при } K=1} = 1 \quad (1)$$

где x – концентрация гумуса в физической глине почвенного образца;
 y – содержание гумуса почвы в целом;
 K – константа равновесия ПСП (нормирующий коэффициент)

Отметим принципиальное различие в оценке и интерпретации гумусового состояния почвенных образцов по двум показателям – «содержание гумуса на 100 г почвы» - функция y , и «концентрации гумуса на 100 г физической глины» - аргумент x :

1. Содержание гумуса на 100 г почвы – показатель, который не учитывает в явном виде дисперсность почвенного образца. Она скрыта от исследователя и потому несет в себе ошибку в оценке гумусового состояния образца.

2. Концентрация гумуса на 100 г физической глины – это показатель, который в явном виде несет информацию о дисперсности почвенного образца ($x=Ky$) и отражает ее через состояние равновесия ПСП. Имея значение x , можно конкретизировать интеграцию гумуса и дисперсности в конкретном почвенном образце, введя показатель – степень насыщенности физической глины гумусом $W=100x/Z$, % (графа 12 табл.1). Эти два показателя гумусово-дисперсного состояния почвенного образца абсолютно сравнимы и объективны, так как все они имеют $K=1$. Ликвидирован фактор $K \neq 1$, который препятствует сравнению гумусности почвенных образцов.

Таким образом, оценка гумусового состояния почвенных образцов по аргументу x и степени насыщенности физической глины гумусом – W , % является объективной. Это не значит, что следует отказаться от определения функции y . Имея значение y , можно, согласно равенству (1) предсказать концентрацию гумуса в физической глине с вероятностью 94-98%. Но ее можно увеличить до 100%, получив данные сокращенного гранулометрического анализа почвенного образца.

Сопоставляя представленные в таблице 1 сезонные данные по x и W за 2009 год, можно определенно утверждать о стабильности гумусового состояния: x колеблется в горизонте А – 5,3-6,9%, а W – от 11 до 15%, несмотря на смену группового состава физической глины, с иловатой в пылеватую. Существенно изменилось гумусовое состояние почвенных образцов в 2010 году, вместе со сменой группового состава физической глины. Все показатели гумусового состояния (x , y , W) меньше предыдущего и последующих годов. Тем не менее, дегумификация здесь не носит тотального характера, происходит изменение окисляемости гумуса: из лабильного он переходит в инертный. Осенью 2011 года с увеличением количества осадков, гумусовое состояние вновь восстановилось до уровня 2009 года. Наблюдается колебательно-циклическая динамика дисперсности ↔ гумусности образцов.

Интерпретация таблицы 2 особенно противоречива. По значению y происходит уменьшение содержание гумуса от глин к средним суглинкам. В действительности же, возрастает эффект «разбавления» концентрации гумуса физической глины от 1 до 2. По значению x и W концентрация гумуса увеличивается к средним суглинкам – W от 6-10 до 12-16. Сопряжено изменяется Сгк:Сфк от 2,07-2,16 до 1,01-1,12.

Таблица 2

Взаимосвязь констант динамического равновесия полидисперсной системы почв с гумусностью почвы и физической глины

Разновидности почв	Фактическое содержание фракций, %			Базовое содержание фракций, %		Константы равновесия	Гумус, %		Насыщенность физической глины гумусом	Сгк:Сфк
	<0,01 мм	<0,001 мм	0,001-0,01 мм	<0,001 мм	0,001-0,01 мм		В почве	В физической глине		
	z	α_{ϕ}	β_{ϕ}	α_{dt}	β_{dt}	K	y	x_p	W	
1	2*	3*	4*	5	6	7	8*	9	10	11*
Пойменные почвы										
Легкоглинистые	66,7	43,5	23,2	44,5	22,2	0,978	4,2	4,3	6,4	2,10
Тяжелосуглинистые	51,8	31,3	20,5	26,8	25,0	1,168	4,0	4,6	8,8	1,64
Среднесуглинистые	39,2	22,4	16,9	15,3	24,0	1,464	3,0	4,3	10,9	1,26
Легкосуглинистые	25,1	12,8	12,3	6,3	18,8	0,680	2,8	4,1	16,3	1,01
Серые лесостепные почв										
Легкоглинистые	72,1	42,4	29,7	51,9	20,2	0,817	3,4	4,2	5,8	2,07
Среднесуглинистые	33,5	18,2	15,3	11,2	22,3	1,625	2,4	3,9	11,6	1,10
Легкосуглинистые	25,1	13,0	12,1	6,3	18,8	0,691	2,2	3,1	12,3	1,00
Черноземы типичные										
Легкоглинистые	66,5	42,9	23,6	44,2	22,3	0,971	6,6	6,8	10,2	2,16
Тяжелосуглинистые	51,8	32,3	19,7	26,3	25,0	1,228	6,0	7,2	13,8	1,60
Среднесуглинистые	41,7	26,3	15,4	17,4	24,3	1,512	3,3	5,0	12,0	1,26
Легкосуглинистые	26,3	13,8	12,5	6,9	19,7	0,700	2,0	4,1	10,6	1,12

Примечание: *- данные Б.П. Ахтырцева и Л.А. Яблонских [1]

Выводы

1. Несостоятельно мнение о «гранулометрическом покое» почв. Это мировоззрение тормозит развитие учения о полидисперсной системе почв.

2. К настоящему времени существует две методологические проблемы дисперсности почв: 1. Все элементы ПСП переменны во времени и содержание их непредсказуемо – переменное содержание физической глины в разновидностях почв и доли ила и пыли в ней, т.е. переменные в переменной; 2. Любое равновесие (движение) относительно. Равновесие ПСП можно определить лишь по отношению к какой-то «системе координат», «эталону

сравнения» или же по отношению «идеального» состояния равновесия системы, как это было сделано нами.

3. Константы динамического равновесия почвенного образца (K) определялись по отношению к двум постоянным, для данного значения физической глины, эталонам сравнения: 1) по отношению к массе ила (α_{dt}) в физической глине (Z от 25 до 75% одного и того же почвенного образца ($\alpha_{dt}=0,01Z^2 - const$); 2) по отношению к пыли (β_{dt}) в физической глине ($Z<25$ и $Z>75\%$) одного и того же почвенного образца ($\beta_{dt}=0,01Z\gamma - const$), которые прибывают в состоянии «идеального» динамического равновесия, где $K=1$. Это одно из трех возможных состояний равновесия, которое нами используется как «эталон равновесия системы»: $K=1$, $K>1$ и $K<1$. Полидисперсная система почв характеризуется множеством состояний динамического равновесия. Значение констант равновесия в ПСП колеблется от 0,5 до 2.

4. Неоправданно сравнение почвенных образцов по показателю «содержание гумуса на 100 г почв» (y). Они несравнимы, так как значение y – есть функция двух переменных – $y=f(K,x)$, где концентрация гумуса в физической глине (x), нормировано изменена («разбавлена») через константу равновесия (K), до значения y . Рационально характеризовать гумусовое состояние почвенных образцов комплексно – сравнимыми, гумус-дисперсными детерминированными отношениями (матрицами): 1) $x=Ky$, % при $K>1$ или 2) $x=1/Ky$, % при $K<1$. Отношение аргумента (x) и функции (y) нормируются константой динамического равновесия ПСП, т.е. дисперсностью образца.

5. Изучение почв следует всегда сопровождать данными сокращенного гранулометрического анализа по Н.А. Качинскому, определяя в суточной и минутной пробах содержание ила и физической глины. Это позволяет рассчитать константы равновесия почвенного образца любого класса. Далее, имея содержание гумуса в образце и его константу равновесия, можно с вероятностью 95-98% предсказать (рассчитать) концентрацию гумуса в физической глине (x), как дано в п.4. Зная значение x , можно определить интегральный гумусовый показатель – степень насыщенности физической глины гумусом – $W=100x/Z$.

Литература:

1. Ахтырцев Б.П., Яблонских Л.А. Зависимость состава гумуса от гранулометрического состава в почвах лесостепи // Почвоведение. 1986. №1 С.114-121.

ГУМУСНОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВ ОСТРОВОВ КУЙБЫШЕВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Кулагина В.И., Григорьян Б.Р.

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань

Valentina.Kulagin@kpfu.ru

И.В. Тюрин, изучая географические закономерности гумусообразования, рассматривал такие показатели как содержание гумуса в почвах, запасы его в слоях 0-20 см и 0-100 см, распределение по профилю, качественный состав гумуса, отношение C:N, то есть как раз те показатели, которые сейчас называют в целом гумусным состоянием почв [3]. Он полагал, что это наиболее наглядный способ судить о характере почвенных типов, а также многих химических особенностях почв.

Массовое строительство водохранилищ во второй половине XX и начале XXI века вызвало преобразование почвенного покрова по их берегам. Процессы преобразования почв продолжается до сих пор, поэтому правильный прогноз динамики почвенного покрова со временем в зоне подтопления водохранилищ является актуальной проблемой во многих странах. Являясь неотъемлемой частью сложнейшей экосистемы водохранилища, острова с их почвенным покровом также требуют пристального изучения. Кроме того, поскольку острова являются относительно изолированными системами, то они могут послужить хорошей моделью для изучения многих процессов, происходящих под влиянием антропогенного воздействия на экосистемы, что также важно для прогноза изменения прибрежных почв и экосистемы в целом.

Изменение гумусного состояния почв зависит от степени подтопления. В зоне среднего подтопления обычно наблюдается олуговение, а в зоне сильного подтопления – заболачивание почв. По данным Г.В.Добровольского и В.М.Стародубцева процесс олуговения сопровождается накоплением в почве гумуса и питательных веществ за счет интенсификации биологического круговорота [1,2].

Процесс заболачивания наблюдается при уровне грунтовых вод, который колеблется на глубине 50-100 см и характеризуется падением эффективного плодородия почвы. Поверхностные горизонты подвергаются заторфовыванию, а нижележащие – оглеению [1]. По данным В.М. Стародубцева стадии заболачивания может предшествовать стадия олуговения [2].

Цель данной работы – выявить наличие или отсутствие достоверных изменений показателей гумусного состояния почв островов Куйбышевского водохранилища под влиянием подтопления.

Куйбышевское водохранилище крупнейшее в Европе. По данным управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды РТ площадь водного зеркала водохранилища составляет– 6,15 тыс. км², общая протяженность береговой линии 2604 км, общая длина водохранилища по р. Волга равна 467 км и 280 км по р. Кама. Водоохранилище пересекает лесную, лесостепную зону и на юге доходит до степной биоклиматической зоны.

Куйбышевское водохранилище является водохранилищем долинного типа, поэтому подтоплению по берегам и на островах водохранилища подвергаются как аллювиальные, так и зональные почвы: дерново-подзолистые, серые лесные почвы и черноземы.

На Куйбышевском водохранилище отмечено около 800 островов различного происхождения. Почвенный покров более 100 из них был изучен во время полевых экспедиций 1988-1991, 1994, 2009-2011 гг. сотрудниками кафедры почвоведения и сотрудниками ИПЭН АН РТ.

Установлено, что со времени заполнения водохранилища до проектного уровня в 1957 г до момента обследования в подтопленных почвах проявились морфологические признаки подтопления. Аллювиальные дерновые почвы, не имевшие признаков переувлажнения до создания водохранилища в зависимости от степени подтопления преобразовались в аллювиальные дерновые вторично оглеенные, аллювиальные луговые и аллювиальные лугово-болотные. В зональных почвах, находящихся на участках менее 1,5 м над НПУ, также проявляются признаки переувлажнения. На высоких участках островов почвы не претерпели заметных изменений. Их свойства приняты в качестве контрольных.

Однако в изученных нами почвах островов Куйбышевского водохранилища изменения гумусного состояния почв не так отчетливы, как изменения морфологического облика.

Хотя тенденция к увеличению содержания гумуса в подтопленных почвах по сравнению с неподтопленными наблюдается, статистическая обработка результатов не показала достоверной разницы между почвами по этому показателю (табл. 1). По-видимому, 55 лет, прошедших с момента создания водохранилища, оказалось недостаточно для создания достоверных различий по содержанию гумуса. Возможно, также причина в значительной вариабельности данного признака. Со временем расхождение по содержанию гумуса должно возрастать.

Гораздо заметнее отличается распределение гумуса по профилю островных почв. В аллювиальных дерновых маломощных почвах содержание гумуса с глубиной убывает резко, в среднемощных – более постепенно. Аллювиальные луговые почвы имеют, как правило, мощный (30 см и более) гумусовый горизонт. Содержание гумуса в них убывает постепенно. Часто в аллювиальных дерновых и аллювиальных дерновых вторично оглеенных почвах наблюдаются погребенные горизонты, тогда распределение гумуса в них становится би- и полимодальным. В дерново-подзолистых почвах содержание гумуса резко убывает с глубиной, поскольку на глубине около 20 см обычно обнаруживается подзолистый горизонт. В то же время, в дерново-подзолистых вторично оглеенных почвах уменьшение содержания гумуса с глубиной становится более постепенным, так как подзолистый горизонт постепенно прокрашивается гумусом и исчезает. Почву, находящуюся в этой стадии процесса можно наблюдать, например, на острове Старый город заказника Спасский.

Таблица 1

Показатели гумусного состояния почв островов Куйбышевского
водохранилища

Почвы	n	Гумус, %	Азот общий, %	C,%	C:N
Аллювиальные лугово-болотные	13	2,72±0,24	0,13±0,01	1,57	12,1
Аллювиальные луговые	6	3,02±0,53	0,14±0,02	1,75	12,5
Аллювиальные дерновые вторично оглеенные	34	2,66±0,19	0,12±0,01	1,54	12,8
Аллювиальные дерновые	28	2,78±0,26	0,12±0,01	1,61	13,4
Аллювиальные дерновые оподзоленные	9	1,82±0,22	0,09±0,01	0,99	11,0
Светло-серые лесные	7	2,25±0,34	0,11±0,02	1,30	11,8
Серые лесные вторично оглеенные	7	2,97±0,37	0,13±0,02	1,72	13,2
Дерново-подзолистые	7	2,49±0,35	0,11±0,02	1,44	13,1
Дерново-подзолистые вторично оглеенные	8	3,39±0,86	0,13±0,03	1,96	15,1

Если брать средние результаты по соотношению углерода к азоту, то можно заметить, что в основном они колеблются в пределах от 11 до 13,4. Только дерново-подзолистые вторично оглеенные несколько выбиваются из этого ряда. По данным И.В. Тюрина [3], для каждого типа почв характерны свои пределы колебаний отношения C:N.

Для почв островов Казанского района переменного подпора определялся только групповой состав гумуса. Согласно полученным данным в составе гумуса аллювиальных лугово-болотных почв содержание ГК несколько превышает содержание ФК. Тип гумуса фульватно-гуматный. Сгк/Сфк = 1,24. Содержание гумина 57,0%. В аллювиальных дерновых вторично оглеенные почвах тип гумуса гуматный. Сгк/Сфк = 1,88. Содержание гумина 76,1%. В собственно аллювиальных дерновых почвах состав гумуса гуматный в маломощных почвах и фульватно-гуматный в среднемощных. Сгк/Сфк уменьшается соответственно от 1,67 в маломощных до 1,44 в среднемощных. Содержание гумина уменьшается от маломощных (77,9%) к среднемощным (47,16%). Такой состав гумуса нехарактерен для почв лесной и лесостепной зоны, в которой расположен Казанский район переменного подпора Куйбышевского водохранилища. Очевидно, он объясняется происхождением органического вещества аллювиальных почв, которое формируется как за счет поступления органического вещества с пойменным аллювием, так и в виде остатков произрастающей на них растительности. Легкорастворимые компоненты гумуса, по-видимому, теряются при транспортировке аллювия. Поэтому в менее развитых и, соответственно, более молодых почвах

преобладает гумин и малорастворимые гуминовые кислоты. Такое предположение подтверждается и составом гумуса аллювиальных дерновых оподзоленных почв (гуматно-фульватный, $S_{гк}/S_{фк}=0,87$, гумин 34,0%). Большое относительное содержание ФК, очевидно, связано с тем, что доля автохтонного гумуса в этих почвах выше, чем в остальных типах пойменных почв. Это связано с ослаблением влияния поемных и аллювиальных процессов и наложением тех процессов почвообразования, которые господствуют на водоразделах.

Выводы:

1. Подтопленные почвы островов и их неподтопленные аналоги достоверно не отличаются по содержанию гумуса, что объясняется, по-видимому, недостаточным временем, прошедшим с момента подтопления. Тенденция к увеличению содержания гумуса в подтопленных почвах прослеживается.

2. Распределение гумуса по профилю в подтопленных почвах изменяется, иногда меняя их морфологический облик.

3. Отношение углерода к азоту для большинства островных почв лежит в пределах 11-13,4.

4. Аллювиальные почвы имеют повышенное по сравнению с зональными почвами содержание труднорастворимых компонентов гумуса, что связано, по-видимому, с потерями легкорастворимых компонентов во время транспортировки аллювия.

Литература:

1. Добровольский Г.В. Почвы речных пойм центра Русской равнины. М.: Изд-во МГУ, 1968. 295 с.
2. Стародубцев В.М. Влияние водохранилищ на почвы. Алма-Ата: Наука, 1986. 294 с.
3. Тюрин И.В. Географические закономерности гумусообразования // Органическое вещество почвы и его роль в плодородии. М.: Наука, 1965. С.254-268.

ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ И ЕГО ИЗМЕНЕНИЕ ПОСЛЕ РУБОК ГЛАВНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ⁶

**Лаптева Е.М., Бондаренко Н.Н., Дымов А.А., Шамрикова Е.В., Кубик О.С.,
Пунегов В.В., Груздев И.В.,**
Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар
lapteva@ib.komisc.ru

Почвенное органическое вещество (ПОВ) – важнейший компонент почвы, определяющий специфику строения ее профиля, буферную способность и физико-химические свойства почвы. От состава и свойств ПОВ зависит устойчивость почв и наземных экосистем в целом к воздействию природных и антропогенных факторов.

Цель данной работы заключалась в выявлении основных закономерностей изменения состава и свойств почвенного органического вещества в среднетаежных подзолистых почвах хронологического ряда вырубок.

Исследования проводили в двух хронологических рядах вырубок: на двучленных почвообразующих породах после рубки сосняков (целинный сосняк бруснично-зеленомошный; производные березняки, сформировавшиеся после рубки 1994, 1983 и 1955 гг.) и на суглинистых отложениях после рубки ельников (целинный ельник зеленомошный; производные березняки, сформировавшиеся после рубок главного пользования, проведенных в 2001-2002 гг. и 1969-1970 гг.). Детальная характеристика ключевых участков представлена в работах [3,5,6].

В результате проведенных исследований показано, что в биоклиматических условиях средней тайги временное переувлажнение почв на вырубках, приводит к ярко выраженной пространственной неоднородности морфологических и химических свойств почв. Максимально эти изменения выражены в почвах молодых вырубок (5-10 лет). Для них характерны глееобразование, возрастание кислотности верхней части почв [6], усиление агрессивности и миграционной способности гумусовых веществ [4,5], мобилизация и сегрегация соединений железа [1]. Отличительной чертой конкреционных форм почв молодых вырубок является увеличение содержания крупных конкреций. Замедление процессов разложения растительного опада в условиях усиления гидроморфизма способствует возрастанию мощности подстилок и снижению их обогащенности азотом.

Выявлено, что на вырубках подзолистые почвы, сформированные на двучленных отложениях, проходят через стадии формирования торфяно-подзола глеевого литобарьерного (оруденелого) (вырубка 1994 г.) – подзола литобарьерного глееватого (вырубка 1983 г.) – подзола литобарьерного

⁶ Работа выполнена при поддержке программы фундаментальных исследований УрО РАН, проект №12-П-4-1065 «Взаимосвязь структурно-функциональной и пространственно-временной организации почвенной биоты с динамическими аспектами изменения подзолистых почв и почвенного органического вещества в процессе естественного восстановления таежных экосистем Европейского Северо-Востока после рубок главного пользования».

(вырубка 1955 г.). Усиление на ранних стадиях послерубочных сукцессий степени гидроморфизма подзолистых почв, сформированных на однородных породах, не сопровождается переходом в другой тип.

При оценке состава гумуса традиционным в почвоведении методом, резких различий между рассмотренными площадками не выявляется. Отмечаются для каждого участка характерные для автоморфных подзолистых почв особенности фракционно-группового состава гумуса [2]: фульватный характер гумуса, преобладание «подвижных» фракций гуминовых (фракция ГК-1) и фульвокислот (фракции ФК-1а и ФК-1), практически полное отсутствие гумусовых кислот, предположительно связанных с кальцием (фракции ГК-2 и ФК-2). Однако следует отметить, что в почвах вырубок выявлено несколько более высокое участие наиболее «агрессивных» кислоторастворимых форм гумуса (фракция фульвокислот ФК-1а), а в лесных подстилках – водорастворимых органических соединений, характеризующихся увеличением доли сильно- и среднекислых ионогенных функциональных групп. Кроме того, на молодых вырубках отмечено появление фракции ГК-2, предположительно связанной с кальцием, которая более отчетливо проявляется в почвах на двучленных отложениях.

Различия в почвах вырубок, по сравнению с целинными почвами, более ярко прослеживаются при оценке гидрофильно-гидрофобных свойств почвенного органического вещества [5] и изучении состава и свойств гуминовых (ГК) и фульвокислот (ФК), выделенных из верхних горизонтов почв. Как правило, почвы молодых вырубок отличаются возрастанием доли гидрофильных фракций, по сравнению с подзолистыми почвами целинных еловых и сосновых лесов и почвами старовозрастных вырубок.

Изучение препаратов гумусовых веществ свидетельствует о том, что гуминовые кислоты почв вырубок, где произошла смена хвойных пород на лиственные, существенно отличаются от целинных подзолистых почв по своему элементному составу. На вырубках в составе ГК возрастает в 1.3-1.7 раза доля азота и водорода, в ФК, наряду с возрастанием доли азота, наблюдается расширение соотношения О:С, свидетельствующее о более высоком содержании в ФК вырубок карбоксильных групп. Возрастание суммарного содержания аминокислот в гидролизатах ГК и ФК, выделенных из почв вырубок, косвенно свидетельствует об упрощении макромолекул гумусовых кислот, что может быть обусловлено снижением микробиологической деятельности в почвах молодых вырубок в связи с их временным заболачиванием. Этим же объясняется уменьшение концентрации в почвах вырубок водорастворимых низкомолекулярных органических кислот (в 3.2-1.8 раза), спиртов (в 4.4-3.3 раза) и сахаров (в 1.8-1.3 раза) по сравнению с целинными подзолистыми почвами.

Литература:

1. *Lapteva E.M., Dymov A.A. Behavior of Iron Compounds in Soils of a Chronosquence of Clear-Cuts // Soil and Water Conservation under Changing Land Use. Lleida, 2006. P. 231-234.*

2. Бирюкова О.Н., Орлов Д.С. Содержание и состав гумуса в основных типах почв России // Почвоведение. 2004. №2. С.171-188.
3. Дымов А.А., Бобкова К.С., Тужилкина В.В., Ракина Д.А. Растительный опад в коренном ельнике и лиственнично-хвойных насаждениях // Лесной журнал. 2012. №3. С. 7-18.
4. Дымов А.А., Лаптева Е.М. Изменение подзолистых почв на двучленных отложениях при рубках // Лесоведение. 2006. №3. С.42-49.
5. Дымов А.А., Лаптева Е.М., Милановский Е.Ю. Изменение почв и почвенного органического вещества в процессе естественного лесовозобновления после рубки сосняка бруснично-зеленомошного // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. 2012. № 2. С.48-52.
6. Путеводитель научной почвенной экскурсии. Подзолистые суглинистые почвы разновозрастных вырубок (подзона средней тайги). Сыктывкар, 2007. 84 с.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МИНЕРАЛЬНОЙ СРЕДЫ НА ПРОЦЕСС
НОВООБРАЗОВАНИЯ ГУМУСОВЫХ ВЕЩЕСТВ МЕТОДОМ
ЛАБОРАТОРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

Мальцева А.Н.

*Институт Физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,
Пушино
anasmalts@rambler.ru*

Одним из интенсивно развивающихся направлений современного генетического почвоведения является исследование молекулярных механизмов формирования специфических почвенных органических соединений – гуминовых кислот и фульвокислот (ГК и ФК) и их органоминеральных производных. Несмотря на многочисленные исследования разложения растительных остатков (РО) и процессов гумусообразования в почвах, роль минеральных матриц в формировании, сохранении и воспроизводстве гумусовых веществ в почве изучена крайне недостаточно. Минеральные компоненты, преимущественно глинистые минералы, играют чрезвычайно важную роль в гумусообразовании и консервации гумусовых веществ (ГВ) в почвах [1]. Органоминеральные соединения более устойчивы к воздействию различных факторов среды и сохраняют органическое вещество почв в течение длительного времени. Формирование минералоорганических комплексов защищает органические вещества (ОВ) почв от биодеградации и, по-видимому, является наиболее важным механизмом его стабилизации в почве [2, 3, 4]. По существу, они являются истинными носителями генетической информации о почвообразовании. Кроме того, минеральные компоненты почв непосредственно участвуют в гумусообразовании за счет своей каталитической активности.

Целью данной работы является выявление роли минеральной матрицы в процессе трансформации растительных остатков. В лабораторных условиях

была поставлена серия модельных экспериментов. Объектами исследования были искусственные органоминеральные субстраты, сформировавшиеся при инкубации растительного материала в разных минеральных средах (кварцевый песок, покровный суглинок, каолинит, бентонит) при прочих постоянных условиях. В качестве растительного материала использовалась надземная часть (стебли и листья) клевера. Песок как относительно инертный материал выступал в качестве контроля. Для эксперимента были выбраны глинистые минералы с различной структурой кристаллической решетки – с числовым индексом 1:1 и 1:2. В вариантах по разложению РО в присутствии глинистых минералов к песку добавляли 30 % каолинита и 15 % бентонита. Инкубация подготовленных субстратов проводилась в контролируемых условиях (температура 20°C, влажность 60 % от полной влагоемкости) в течение 6 месяцев. Для исследования процессов минерализации и гумификации в динамике периодически осуществлялся отбор проб: через 5, 10, 20, 30, 60 и 180 суток.

Модельные системы позволяют выявить закономерности влияния минеральной среды на направленность и интенсивность процесса гумификации растительного материала при прочих равных контролируемых условиях. Для установления потерь $C_{орг}$ в процессе минерализации РО клевера проанализировано содержание общего углерода ($C_{общ}$) в органоминеральных субстратах в каждый срок отбора. Интенсивность процессов минерализации максимальна в песчаном субстрате. За первые 5 суток инкубации клевера в песке минерализовалось 41 % от первоначально внесенного углерода (C_0). Наименьшие минерализационные потери $C_{орг}$ (13 % от C_0 в первые 5 суток) характерны для суглинистого субстрата. К концу эксперимента по разложению клевера в суглинке осталось 35 % от C_0 , в бентоните – 28 %, в каолините – 25 % и песке – 22 % от C_0 .

Для изучения динамики новообразованных ГВ в процессе гумификации надземной части клевера последовательно экстрагировали гумусоподобные вещества водой, а затем 0.1 н. раствором NaOH. В водном и щелочном экстрактах выделили кислотно-осаждаемую и неосаждаемую в кислой среде фракции. Водорастворимое ОВ (ВОВ) представляет собой наиболее активную фракцию, отражающую специфику процесса трансформации РО. Максимальная концентрация ВОВ наблюдается в период наиболее активного протекания процессов минерализации – первый месяц инкубации. На первом биологическом этапе, достаточно коротком, происходит образование «молодых» неустойчивых ГВ, которые в ходе дальнейшей гумификации стабилизируются, в том числе, за счет образования связей с минеральной частью.

Во всех системах с клевером происходило снижение количества экстрагируемых ГВ со временем. Концентрация ВОВ снизилась в ходе эксперимента в 1.7-1.9 раз для систем с каолинитом, бентонитом и суглинком, в 2.2 раза – с песком. Причем, наиболее резко происходило снижение концентрации щелочных экстрактов, получаемых из каолинитового и бентонитового субстратов (в 2.5-2.8 раз), по сравнению с водным. По-видимому, в системах с данными минеральными компонентами происходит достаточно быстрая сорбция на их поверхности. В песчаном субстрате более

длительное время сохраняется высокая подвижность. По мере гумификации РО происходит закрепление водорастворимой фракции ОВ минеральной матрицей, снижается их растворимость, вследствие чего уменьшается концентрация экстрагируемого $C_{орг}$.

Из песка и песка с добавлением каолинита извлекается наибольшее количество водорастворимого ОВ, причем в сопоставимых количествах (свыше 20 % от $C_{общ}$). В бентонитовом субстрате содержится меньшее количество подвижного ОВ. При разложении клевера в суглинке на долю ВОВ приходится 5-7 %. В щелочную вытяжку наоборот наибольшее количество ГВ переходит из суглинистого субстрата, а из бентонитового – наименьшее. Для бентонитового субстрата также можно отметить наибольшую разницу между концентрацией ОВ водной и щелочной вытяжек. Содержание водорастворимых органических компонентов бентонитового субстрата больше в 1.4-3.4 раза, чем извлекаемых щелочью, на протяжении всего времени разложения клевера.

Анализ группового состава водорастворимых органических компонентов выявил качественные различия ВОВ. Содержание ГК в бентонитовом субстрате выше, чем в субстрате с добавлением каолинита. Наименьшее количество ГК отмечено для песчаного субстрата. При разложении РО в песке концентрация ГК начинает уменьшаться после 1 месяца и резко падает, начиная с 2-х месяцев эксперимента. В исследуемых субстратах содержание фракции фульвокислот со временем постепенно уменьшается. Максимальное образование и сохранение ФК наблюдалось для суглинка. В суглинистом субстрате концентрация ФК к окончанию эксперимента была в 1.5-2 раза больше, чем в других вариантах. В песчаном субстрате содержание ФК больше, чем с добавлением бентонита, но меньше, чем с каолинитом. В варианте с бентонитом концентрация ФК наименьшая. Так, через месяц инкубации в каолинитовом субстрате содержалось примерно в 2 раза больше ФК, чем в бентонитовом субстрате.

Более отчетливо специфика влияния минеральной среды на процесс новообразования ГВ проявляется в соотношениях $C_{ГК}/C_{ФК}$. Следует отметить, что отношение $C_{ГК}/C_{ФК}$ водной вытяжки в песке с добавлением бентонита намного выше, чем с каолинитом, а также выше, чем в песке и суглинке. Данный показатель в суглинке меньше единицы на протяжении всего времени инкубации растительного материала. В бентонитовом субстрате показатель $C_{ГК}/C_{ФК}$ становится больше единицы уже через 10 суток эксперимента, а с добавлением каолинита – к 2 месяцам. К концу инкубации отношение $C_{ГК}/C_{ФК}$ в водной вытяжке бентонитового субстрата становится выше в 1.5 раза, чем в вытяжке каолинитового субстрата.

Анализ ИК-Фурье спектров органоминеральных субстратов свидетельствует об разном структурно-генетическом составе новообразованных ГВ, в частности препаратов ГК. Установлено, что в составе новообразованных ГВ помимо ароматических фрагментов присутствует существенная доля алифатических компонентов.

Методом сканирующей электронной микроскопии с микрозондом установлены морфологические особенности структуры органоминеральных субстратов. С помощью электронно-зондового микроанализа поверхности исследуемых объектов построены карты распределения химических элементов

и выявлены активные зоны минеральной поверхности, на которых идет стабилизация новообразованных ГВ.

Суглинок способствует наибольшей стабилизации ОВ, по сравнению с песком, как с добавлением глинистых минералов, так и без них. Причем, в составе ОВ суглинка преобладают гумусовые вещества, прочно связанные с минеральными компонентами. Однако, в составе ГВ суглинистого субстрата преобладают ФК. Полиминеральный состав суглинка способствует существенной «фульватизации» системы ГВ. Для песка характерно слабое накопление органического вещества. Показано, что добавление глинистых минералов к песку меняет интенсивность и направленность процессов трансформации растительных остатков клевера. Выявлено, что влияние глинистых минералов в исследуемых системах проявляется в основном в качественных различиях ОВ, в то время как количественные отличия проявляются в меньшей степени. Различия в значениях показателя $C_{ГК}/C_{ФК}$ указывает на то, что взаимодействие водорастворимого ОВ с минеральными компонентами сопровождается его фракционированием. Каолинит уступает бентониту по своим каталитическим и сорбционным свойствам. В бентонитовом субстрате образуются более прочные органо-минеральные комплексы. При разложении растительного материала подвижность новообразованных гумусовых веществ уменьшается, а стабилизация ОВ усиливается в ряду песок < каолинит < бентонит < суглинок.

Таким образом, показано, что литогенная основа минеральных субстратов различного состава при прочих равных условиях (температура, влажность) играет существенную роль в интенсивности процессов минерализации и гумификации, структурно-генетической трансформации продуктов гумификации и повышения их стабильности.

Литература:

1. Александрова Л.Н. *Органическое вещество почвы и процессы его трансформации*. Л.: Наука, 1980. 288 с.
2. Kaiser K., Guggenberger G. *Mineral surfaces and soil organic matter // Europ. J. Soil Sci.* 2003. V. 54. Issue 2. P.219-236.
3. Kögel-Knabner I., Guggenberger G., Kleber M., Kandeler E., Kalbitz K., Scheu S., Eusterhues K., Leinweber P. *Organo-mineral associations in temperate soils: integrating biology, mineralogy and organic matter chemistry // Journal of Plant Nutrition and Soil Science.* 2008. V. 171. № 1. P. 61-82.
4. Mikutta R., Kleber M., Torn M. S., Jahn R. *Stabilization of soil organic matter: association with minerals or chemical recalcitrance? // Biogeochemistry.* 2006. V. 77. № 1. P. 25-56.

ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ РАЗЛИЧНЫХ ФРАКЦИЙ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ ЧЕРНОЗЕМА ТИПИЧНОГО

Мамонтов В.Г., Борисова Д.В.

Российский государственный аграрный университет – МСХА

имени К.А.Тимирязева, Москва

mshapochv@mail.ru

Почва представляет собой сложную дискретную систему, состоящую из большого разнообразия слагающих ее элементов различающихся между собой размерами, составом, свойствами и формирующих разные структурные уровни организации почвы.

Неоднородность почвы отчетливо проявляется на профильном и горизонтном уровнях. Изучение почв на этих уровнях организации является традиционным приемом в практике почвенных исследований. Между тем явления и процессы, протекающие на более низких уровнях, усиливают их исходную вещественную дифференциацию, что оказывает большое влияние на состав и свойства почвы. Поэтому очевидно, что исчерпывающая характеристика почвы как многокомпонентной полидисперсной системы может быть получена только при ее изучении на всех уровнях структурной организации.

Органическое вещество является важнейшим фактором устойчивого функционирования почв. К настоящему времени получена обширная информация о содержании и составе гумуса почв естественных и агроценозов. Менее детально изучены состав и свойства гумусовых кислот почв.

Обычно препараты гумусовых кислот получают при исчерпывающем экстрагировании их из нерасчлененных образцов почв. Однако можно предполагать, что отдельные фракции гранулометрических элементов, различающиеся своими свойствам, оказывают неодинаковое влияние на характер почвообразования и аккумуляцию в почве органических веществ. Поэтому изучение состава и свойств гумусовых кислот, локализованных в различных фракциях гранулометрических элементов, может оказаться перспективным для более глубокого понимания как прошлых, так и современных почвенных процессов.

Различные фракции гранулометрических элементов (крупная, средняя, мелкая пыль, ил) были выделены методом отмучивания после обработки почвы ультразвуком из гумусового горизонта (5-25 см) целинного чернозема типичного Курской области. Препараты гуминовых кислот (ГК) получали по стандартной методике. Электронные спектры поглощения снимали на с использованием 0,001% растворов ГК.

Электронные спектры ГК представляют собой пологие кривые с постепенным уменьшением оптической плотности от 400 до 700 нм. Самые высокие значения оптической плотности в пределах всего спектра присущи ГК мелкой пыли. Несколько меньшие значения оптической плотности отмечаются

у ГК средней пыли. Самые низкие значения оптической плотности характерны для ГК илистой фракции. Промежуточное положение занимают ГК крупной пыли.

Для суждения о степени «сложности» гумусовых кислот используют различные коэффициенты: E-величины, коэффициенты цветности ($Q_{4/6}$) и Алешина (A). Полученные результаты представлены в таблице 1.

Согласно полученным данным значения E-величин последовательно возрастают от ГК илистой фракции (0,136) к ГК крупной пыли (0,142), ГК средней пыли (0,163) и ГК мелкой пыли (0,168). В аналогичной последовательности уменьшаются значения коэффициента A. Изменения коэффициента $Q_{4/6}$ имеют иную закономерность.

Таблица 1

E-величины, коэффициенты $Q_{4/6}$ и A беззольных ГК различных фракций гранулометрических элементов

Вариант	$E_{465nm,1cm}^{0,001\%}$	$Q_{4/6}$	A
Пыль крупная	0,142	3,23	6,24
Пыль средняя	0,163	3,20	5,91
Пыль мелкая	0,168	3,04	5,67
Ил	0,136	3,05	6,40

По современным представлениям интенсивность окраски гумусовых кислот зависит от длины цепи сопряжения и кислородсодержащих заместителей. Поэтому, если исходить из значений E-величин и коэффициента A то следует считать, что в наибольшей степени обогащенными циклическими структурами и наиболее окисленными соединениями являются ГК фракции мелкой пыли, близки к ним ГК средней пыли. ГК приуроченные к илистой фракции отличаются от ГК мелкой и средней пыли более развитой периферической частью молекулы. Можно предположить, что различные фракции гранулометрических элементов выступают по отношению к гуминовым кислотам как своеобразная матрица, избирательно адсорбируя на своей поверхности фракции ГК с разными свойствами.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ГУМУСОВОГО ВЕЩЕСТВА МЕЖДУ ИЛИСТЫМИ ЧАСТИЦАМИ РАЗНОЙ СТЕПЕНИ ПЕПТИЗАЦИИ В ЛУГОВОЙ ПОЧВЕ СРЕДНЕГО ПРИАМУРЬЯ

Матюшкина Л.А.

Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, Хабаровск

lira@iver.as.khb.ru

С точки зрения представлений о матричной организации почвы состав и поверхность тонкодисперсных почвенных минералов и особенно почвенных коллоидов представляют собой минеральную матрицу, с которой связаны все почвенные процессы, в том числе распределение разных веществ по отдельным “локальным почвенным центрам” [1]. Известно, что из всей совокупности

тонкодисперсных частиц почв ($< 1-2 \mu\text{m}$) можно выделить отдельные части, обладающие разными свойствами, которые позволяют им избирательно привлекать к себе разные вещества, например, гумусовые. Чаще всего используют разделение тонкодисперсных частиц по их размеру на фракции тонкой пыли ($5 - 2 \mu\text{m}$) и ила ($< 2 \mu\text{m}$), а последний на предколлоиды ($2 - 0.2 \mu\text{m}$) и собственно коллоиды ($< 0.2 \mu\text{m}$).

Целью данной работы было выделение из почвы илистых частиц по другому принципу - их различной способности пептизироваться в воде, и последующее изучение в полученных фракциях содержания и состава гумусовых веществ.

Материалы и методы

Использованный в исследовании почвенный профиль расположен в юго-западной части Среднеамурской низменности, в 150 км на юг от города Биробиджан, на выровненном участке второй надпойменной террасы р. Амур. Почва формируется на озерно-аллювиальной глине под луговой разнотравно-осоково-вейниковой растительностью. Профиль характеризуется периодическим поверхностным переувлажнением атмосферными осадками - после оттаивания весной и в период летних муссонных дождей. Почва классифицирована как луговой подбел в соответствии с национальной классификацией почв [2], что в системе ФАО соответствует планосоли. На юге Дальнего Востока луговые подбелы используются для выращивания сельскохозяйственных культур только после осушительной мелиорации.

Были использованы образцы из трех горизонтов: гумусово-аккумулятивного AUg, элювиального ELn_n,g и иллювиального B1Tg с 20, 24 and 52 % ила соответственно (по данным пипеточного метода). Методом дробной пептизации почвы в воде [3] выделены фракции воднопептизируемого (ВПИ) и агрегированного (АИ) ила (размер частиц $< 2 \mu\text{m}$). Частицы ВПИ пептизируются при простом смешивании почвы с водой (соотношение 1:40) без каких-либо механических и химических воздействий. Слив производится сифоном. Перед последующим вылением фракции АИ производили разминание влажного пастообразного образца в слабощелочной среде (для разрушения агрегатов). Для определения группового и фракционного состава гумуса в ВПИ и АИ использована схема И.В.Тюрина в модификации В.В.Пономаревой [4]. Ранее получены данные по химическому и минералогическому составу ВПИ и АИ [5].

Обсуждение результатов

Рассмотрим некоторые особенности содержания и распределения ВПИ и АИ по профилю лугового подбела (табл. 1). В горизонте AUg содержание ВПИ невелико (низкое), вниз по профилю оно возрастает на два порядка и достигает максимума на глубине почвообразующей породы. Для повышенной пептизируемости ила в B1Tg и Cg горизонтах могут быть три объяснения - унаследованность тонкодисперсных глинистых минералов от озерно-аллювиальных глин, суспензионная миграция частиц в нижнюю часть профиля, разрушение агрегатов в результате глеевого процесса. АИ по всему профилю

преобладает над ВПИ. Распределение АИ по профилю имеет два четких максимума. Первый находится в гумусово-аккумулятивном горизонте АUg с общим содержанием углерода 4.9 %. Второй максимум - в иллювиальном горизонте В1Tg с общим содержанием углерода 0.95 %.

Таблица 1

Основные свойства лугового подбела

Горизонт	pH водн.	Ca ²⁺ мг-экв. /100 г	Mg ²⁺	Общий С	СГК	СФК	Fe ₂ O _{3d}	Ил < 2 μm	
								ВПИ	АИ
				%					
AUg	5.8	16.49	4.95	4.90	1.88	1.41	1.51	1.6	38.0
ELnn,g	5.9	11.96	7.42	1.00	0.22	0.26	2.19	9.9	19.0
В1Tg	6.3	17.68	9.77	0.95	0.19	0.23	1.66	10.1	47.2
Сg	6.3	16.58	7.87	0.75	-	-	1.61	22.3	27.6

pH (1:5); СГК- углерод гуминовых кислот; СФК- углерод фульвокислот; Fe₂O_{3d} - определено дитионит-цитрат-бикарбонатной экстракцией; - не определено.

Мы получили следующее распределение органического вещества между фракциями ВПИ и АИ в луговом подбеле (табл. 2).

Таблица 2

Содержание различных фракций гумуса в воднопептизируемой и агрегированной части ила лугового подбела (с учетом массовой доли каждой категории ила)

Ил, < 2 μm	Горизонт	С гуминовых кислот				С фульвокислот				
		ГК1	ГК2	ГК3	Σ	ФК1a	ФК1	ФК2	ФК3	Σ
в % от общего углерода почвы										
ВПИ	AUg	0.76	0	0.13	0.88	0.18	0.48	0.13	0.12	0.92
	ELnn,g	4.04	1.94	2.02	8.00	3.16	3.08	2.79	0.64	9.67
	В1Tg	2.01	0	1.46	3.47	1.09	2.29	0.76	0.13	4.26
АИ	AUg	19.90	0	6.03	25.93	3.34	9.30	1.86	5.06	19.57
	ELnn,g	11.75	0	6.12	17.87	8.92	6.32	10.67	0.12	26.05
	В1Tg	17.87	0	6.92	24.79	10.13	1.33	10.82	0	22.27

ВПИ характеризуется отсутствием прочных связей гумуса с минеральной матрицей - все фракции гуминовых и фульвокислот содержатся в ВПИ в незначительных количествах, особенно мало (вплоть до отсутствия) содержание фракций ГК3 and ФК3. Основная массовая доля органического вещества сосредоточена в агрегированной части ила (АИ). Следует сказать о неприведенных в таблице 2 данных, которые показали, что при пептизации почвы водой значительная доля гуминовых кислот (9 - 13 %) во всех исследованных горизонтах и фульвокислот (14 %) в горизонте АUg остается в непептизируемом остатке почвы (сумма частиц > 2 μm). В составе гумуса АИ в горизонтах АUg and В1Tg основную массовую долю составляет фракция ГК1 свободных и связанных с подвижными оксидами Fe. Содержание в АИ фракции ФК1 заметно меньше. Наши более ранние исследования показали существенное

содержание в минеральной матрице АИ исследованных горизонтов таких агрегирующих компонентов, как свободные оксиды Fe (до 53 % от валового содержания железа) и глинистые минералы с вермикулитовым и смектитовым компонентом (Чижикова и др., 2004).

Таким образом, установлены особенности количественного содержания категорий воднопептизируемого и агрегированного ила в трех основных горизонтах лугового подбела Среднеамурской низменности. Все фракции гуминовых и фульвокислот содержатся в ВПИ в незначительных количествах. Основная доля гумусовых веществ ассоциирована с АИ, иногда с непептизируемым остатком почвы (сумма частиц $> 2 \mu\text{m}$). Результаты пересчета данных группового и фракционного состава гумуса ВПИ и АИ с учетом количества последних в почве показали, что в гумусовом горизонте в АИ сосредоточено более 70 % от общего содержания I фракции гуминовых и фульвокислот. Это свидетельствует об их определяющей роли в органо-минеральных взаимодействиях и процессах агрегации почвенного материала в гумусовом горизонте лугового подбела.

Литература:

1. Зубкова Т.А., Карпачевский Л.О. *Матричная организация почв*. М.: Русаки, 2001.
2. *Классификация и диагностика почв России*. Ойкумена, Смоленск. 2004. 342 с.
3. Матюшкина Л.А. *Исследование коллоидно-химических свойств и минералогического состава тонкодисперсных фракций почв и почвообразующих пород // Биогеохимические и геоэкологические исследования наземных и пресноводных экосистем*. Вып. 12. Дальнаука, Владивосток. 2002. С. 67-79.
4. Пономарева В.В. *Теория подзолообразовательного процесса*. М.: Изд-во АН СССР, 1964.
5. Чижикова Н.П., Харитонов Г.В., Матюшкина Л.А., Сиротский С.Е. *Минералогический состав тонкодисперсной части почв среднего и нижнего Приамурья, донных отложений и взвесей реки Амур // Почвоведение*. 2004. № 8. С. 1000-1012.

ВЛИЯНИЕ ПРЕПАРАТА ЖУСС НА ПРОЦЕССЫ РОСТА И РАЗВИТИЯ СЕЯНЦЕВ ХВОЙНЫХ ПОРОД И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВЫРАЩИВАНИЯ СЕЯНЦЕВ В ЛЕСНОМ ПИТОМНИКЕ

Муртазин М.Г., Гайсин И.А., Муртазина С.Г., Мусина Х.Г.

Казанский государственный аграрный университет, Казань

Выращивание в питомниках здоровых и сильных сеянцев напрямую зависит от качества семенного материала. Между тем, семена хвойных пород собственной заготовки имеют низкие показатели всхожести и выживаемости. С целью стимулирования процессов прорастания семян, повышения их грунтовой

всхожести и фитосанитарных свойств применяются различные методы предпосевной подготовки [3].

Создание оптимума для жизненных циклов организма связаны как со стимулированием прорастания семян, так и с повышением устойчивости растений к болезням и созданием оптимального пищевого режима, почвы же лесных питомников обеднены элементами питания, особенно микроэлементами. Перечисленным требованиям наиболее полно отвечают препараты ЖУСС, которые представляют собой жидкие удобрительные стимулирующие составы, где микроэлементы находятся в хелатной форме в виде металлоорганического комплекса, что усиливает их растворимость и доступность растениям. К испытанию были предложены препараты ЖУСС, содержащие микроэлементы В и Сu, Сu и Мо, Сu и Zn. Эти препараты достаточно полно апробированы на сельскохозяйственных растениях [2], однако на лесных культурах таких исследований не было. Целью исследований явилось изучение эффективности применения препаратов ЖУСС-1, ЖУСС-2, ЖУСС-3 при выращивании сеянцев сосны обыкновенной, ели европейской и лиственницы сибирской на почвах дефицитной по микроэлементам в условиях лесного питомника Республики Татарстан.

Объектом исследований были семена и сеянцы сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L), ели европейской и лиственницы сибирской, процессы прорастания которых, изучали в лабораторном и полевом опытах. Полевые опыты по изучению эффективности применения препаратов ЖУСС проводились на Базовом питомнике Матюшинский Пригородного лесхоза Республики Татарстан в 2005-2012 гг. на дерново-сильнопodzолистой легкосуглинистой почве на фоне макроудобрений и без удобрений, т.е. на низком уровне содержания элементов питания. Почва характеризуется следующими агрохимическими показателями: содержание гумуса составляет 1,60–2,15 %, реакция среды варьирует в сильно- и среднекислой интервалах (рН 4,2–4,5), содержание подвижных форм фосфора колеблется от низкого до повышенного, калия от низкого до среднего, соответственно 70–114 и 60–90 мг/кг⁻¹, суммарное содержание минерального азота в пределах 5,0–9,0 мг/кг⁻¹, в т.ч. аммонийного азота 2,0–7,1 мг/кг и нитратного азота 2–3 мг/кг почвы, содержание физической глины составляет 20–29 %, а ила 7–10 %, по содержанию микроэлементов она является дефицитной, т.е. имеет низкое и очень низкое содержание бора, меди и молибдена и цинка.

Органическим лигандом в препаратах является моноэтаноламин. Влияние препаратов ЖУСС на процессы роста и развития сеянцев изучали при использовании их для предпосевной обработки семян. Полевые опыты проводили в 2005-2012 гг. на низком уровне содержания элементов питания, а также на фоне удобрений – N30P30K30 в первый год выращивания и во второй год выращивания применяли N30 в виде подкормки. Семена обрабатывали препаратами ЖУСС перед посевом вручную из расчета 2; 4; 6 л на 1 т семян.

Проведенные исследования выявили возможность целенаправленного воздействия на процессы прорастания семян, роста и развития сеянцев хвойных

пород и стимулировать их путем применения микроэлементов в составе препаратов ЖУСС (рис.1).

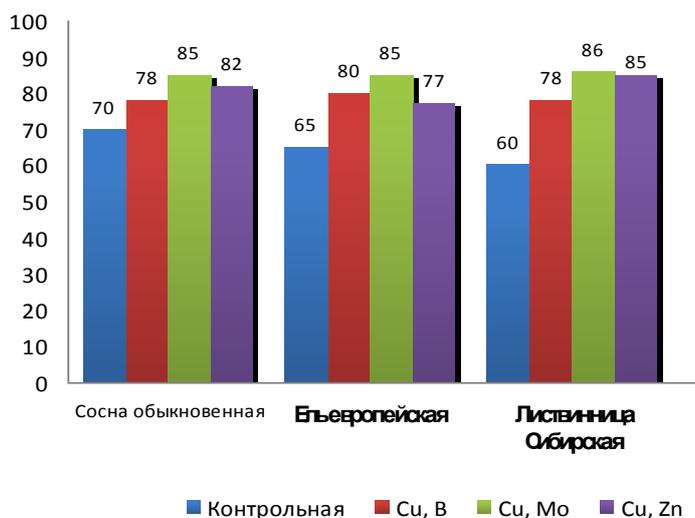


Рис.1 Выживаемость сеянцев под влиянием обработки семян хвойных пород препаратами ЖУСС %

При определении качества сеянцев важным показателем является прирост корневой системы, поскольку при посадках их приживаемость и дальнейшая вегетация растений зависит от массы корней. Поэтому в опытах мы изучали этот важный показатель – прирост массы корней под действием препаратов ЖУСС. Максимальный прирост корней на всех трех культурах имеет место под влиянием препарата ЖУСС-2 (73-80 %) и несколько меньше – под влиянием препаратов ЖУСС-1 и ЖУСС-

Полифункциональные составы ЖУСС обеспечивают интенсификацию процессов прорастания семян, роста и развития сеянцев, повышение грунтовой всхожести семян на 10-25%, выживаемости сеянцев на 15-20% и выхода стандартной продукции на 10-20%, повышенную устойчивость к неблагоприятным условиям и сопротивляемость растений к болезням, что стимулирует рост корней, улучшает качество сеянцев и повышает продуктивность лесных питомников.

Литература:

1. Гайсин И.А. Микро-, макроудобрения в интенсивном земледелии. Казань, 1989. 118 с.
2. Муртазин М.Г., Хисамеева Ф.А., Сагитова Р.Н. Стимулирующее и защитное действие препаратов ЖУСС при обработке семян // *Агрехимический вестник*. 2006. № 4. С.7-8.
3. Муртазин М.Г., Гайсин И.А., Мусин Х.Г., Муртазина С.Г., Гайфуллин И.Ю. Опыт применения препаратов ЖУСС в предпосевной подготовке семян сосны обыкновенной в лесном питомнике // *Вестник Казанского ГАУ*. 2009. №3. С. 102-106

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР КАК ФАКТОР СОХРАНЕНИЯ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ

Муртазин Г. Р., Муртазина С. Г.

Казанский государственный аграрный университет, Казань

Современное сельскохозяйственное производство нуждается в малозатратных, энергосберегающих технологиях и машинах, позволяющих их осуществлять. Применение в земледелии тяжелой техники с многократными проходами ее по полю при выполнении технологических операций приводит к распылению почв, ухудшению структуры, уплотнению ее пахотного слоя, тем самым, ухудшая водно-воздушные свойства почв и снижая их противэрозионную устойчивость. Сохранение структуры почвы является важной экологической задачей современного земледелия. Нашими исследованиями выявлено (Муртазин, Муртазина, 2006), что уплотнение почвы при этом не ограничивается только пахотным слоем, а распространяется на значительную глубину, что выдвигает необходимость создания новых технологий возделывания сельскохозяйственных культур, направленных на оптимизацию производственных процессов и на улучшение экологии почвы, растений и труда.

Одно из направлений решения этих вопросов связано с созданием машин, позволяющих совмещать несколько технологических операций. Полифункциональность критериев оптимизации задач обуславливает многовариантность конструкций таких машин применительно под различные почвенно-климатические зоны для разных сельскохозяйственных культур.

В условиях Среднего Поволжья лимитирующим фактором продуктивности является влагообеспеченность, которая определяет появление своевременных и дружных всходов, а в дальнейшем рост и развитие растений, что в известной степени поддается регулированию агротехникой. Созданием дифференцированной плотности в зоне залегания семян можно добиться оптимизации их влагообеспеченности и экономии расхода влаги, что в свою очередь интенсифицирует процессы трансформации элементов питания. Отсюда вытекает важность многопланового изучения роли новых технологий и машин в экологической устойчивости почвы, растений и в управлении продуктивностью агроценозов.

Нами испытана комбинированная посевная машина, которая позволяет совершенствовать технологию посева, то есть за один проход обрабатывает почву, вносит в почву минеральные удобрения и семена подпочвенно-прессовым способом. Она позволяет более качественно проводить операции по сравнению с существующими машинами. Исследования показали, что при посеве комбинированной сеялкой количество структурных отдельностей диаметром менее 25 мм составляло от 63 до 70 %, при обработке агрегатом, состоящим из культиватора КПС-4Г и БЗС-1 на тех же скоростях - от 60 до 64% и при обработке СЗС-2,1 - от 56 до 63%. Таким образом, при предпосевной

обработке почвы существующими агрегатами больше образуется более крупных комков, т.е. структура почвы становится более глыбистой. При посеве комбинированной сеялкой отмеченное способствовало более равномерной заделке семян на всех скоростях движения.

С целью выяснения степени влияния названного способа посева на эффективное плодородие почвы нами изучен режим питательных веществ в почве. Почва опытного участка характеризовалась следующими показателями: содержание гумуса (по Тюрину) - 4,3%; поглощенных оснований (по Гедройцу) - 26,1 мг·экв на 100 г почвы; pH_{KCl} - 6,0; содержание общего азота - 2200 мг/кг; подвижного фосфора - 15,2 и обменного калия - 18,5 мг на 100 г почвы. Лишь незначительная часть общего азота (1-4%) находится в усвояемой форме, а недостаток доступного для растений азота - лимитирующий фактор урожайности, поэтому азотный режим почвы и изменение его в процессе возделывания сельскохозяйственных культур играют важную роль в получении высоких урожаев.

Подпочвенно-прессовый способ посева, особенно в начальные периоды развития растений, способствует повышению содержания как минеральных, так и гидролизуемых органических форм азота. В изменении легкогидролизуемого азота - ближайшего резерва пополнения запасов минерального - при рядовом способе посева отмечается аналогичная картина: постепенное уменьшение его количества от фазы всходов к цветению, тогда как при новом способе посева происходит значительное увеличение гидролизуемых форм азота (в фазе всходов для легкогидролизуемой формы оно составляет 10 мг/кг, а для трудногидролизуемой - 20 мг/кг). К концу вегетации в этом случае происходит более резкое снижение содержания легкогидролизуемого азота.

Отмеченные различия объясняются тем, что при подпочвенно-прессовом способе посева образование плотного ложа для семян способствует подтягиванию запасов влаги из нижних слоев почвы, что создает более благоприятные условия для протекания гидролитических процессов распада органического азота. Последнее коррелирует и с более высокой урожайностью яровой пшеницы, поскольку ферменты выделяются в почву, как микроорганизмами, так и корнями растений. Активность уреазы в течение вегетационного периода изменяется незначительно. Протеазы катализируют гидролитическое расщепление белков до пептидов и аминокислот [1]. Аминный азот преимущественно представлен в составе трудногидролизуемой формы. В обоих вариантах наблюдается постепенное уменьшение активности протеаз от начала вегетации к ее концу, что может быть связано с резким снижением запасов влаги к этому времени.

Проведенный корреляционный анализ между активностью ферментов азотного обмена и содержанием форм азота свидетельствует о наличии тесной связи между ними. Наиболее достоверная связь обнаружена между активностью протеаз и содержанием легкогидролизуемого ($r = 0,96$) и трудногидролизуемого азота ($r = 0,79$) и несколько менее тесная - с содержанием минерального азота ($r = 0,66$). Достоверная при 5% уровне

значимости связь существует также между активностью уреазы и содержанием минерального азота. Наличие корреляционной зависимости между активностью ферментов азотного обмена и различными формами азота свидетельствует о взаимообусловленности стадий его превращений.

Исследования динамики плотности и влажности серой лесной почвы, проведенные под пшеницей и ячменем, показали, что при посеве комбинированной машиной в зоне размещения семян, на глубине 5-10 см плотность почвы увеличилась в среднем на 13% или на $0,14 \text{ г/см}^3$ по сравнению с исходным значением. Так, например, средняя плотность почвы под ячменем в период посева в слое 0-5 см составила $0,93 \text{ г/см}^3$, в слое 5-10 см - $1,14 \text{ г/см}^3$, в слое 10-15 см - $1,09 \text{ г/см}^3$, а на контроле (СЗ-3,6) соответственно - $0,94 \text{ г/см}^3$, $0,99 \text{ г/см}^3$, $1,1 \text{ г/см}^3$. Аналогичные результаты получены при посеве сошниками СЗУ-3,6, а также сеялкой СЗС-2,1М.

Оптимальные значения плотности почвы и контакта семян с почвой зависят от давления уплотняющих катков рабочего органа. Урожайные данные обрабатывали методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову [2]. Было установлено, что увеличение давления уплотняющих катков до определенной величины повышает урожайность сельскохозяйственных культур, дальнейшее же возрастание их давления при постоянной скорости не приводит к изменению урожайности. Исследования влияния давления катков и скорости поступательного движения агрегата на урожай ячменя позволили установить, что между ними существует тесная взаимосвязь. С возрастанием рабочей скорости, как при отсутствии давления, так и при различных его значениях, наблюдается некоторое снижение урожайности. Статистически достоверное ее снижение происходит между вариантами со скоростью 1,04 и 2,40 м/с, а также 1,04 и 2,83 м/с, т.е. повышение скорости движения способствует ухудшению качества посева и как результат - снижается урожай. Исходя из полученных данных при скоростях посева 1,5-1,8 м/с оптимальным следует считать усилие катка 16-23Н/см. С дальнейшим повышением усилия прижатия катков урожайность ячменя и пшеницы несколько снизилась. Также с увеличением скорости машины наиболее высокие прибавки урожая ячменя получены при более высоких значениях усилия прижатия катков.

Наиболее высокий урожай ячменя при скорости агрегата 1,04 м/с получен при усилии прижатия катков 16,5 Н/см, при скорости агрегата 1,31 м/с он достигнут при усилии прижатия 23,0 Н/см, а при скорости агрегата 2,4 м/с - уже при усилии 32,5 Н/см. Следовательно, увеличение давления катков в какой-то степени нивелирует отрицательное действие повышения скорости поступательного движения агрегата. При оптимальных давлениях уплотняющих катков посева всех культур, выполненные посевными машинами с комбинированными рабочими органами, обеспечили повышение урожайности на 8-20,4 %.

Таким образом, усовершенствованная технология посева способствует сохранению структуры почвы, оптимизации почвенных процессов и пищевого

режима, условий роста, развития растений в начальной фазе вегетации, что позволяет значительно повысить урожайность сельскохозяйственных культур.

Литература:

1. Хазиев Ф. Х. Системно-экологический анализ ферментативной активности почв. М.: Наука, 1982. 202 с.
2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1973. 336 с.
3. Муртазин Г.Р., Муртазира С. Г. Эффективность совмещения операций обработки почвы, посева и внесения удобрений // *Агрохимический вестник*. 2006. № 4. С. 19-21.

ОЦЕНКА АНТРОПОГЕННОЙ УСТОЙЧИВОСТИ СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЫ В
ИНТЕНСИВНОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ ПО ИЗМЕНЕНИЮ
ЕЕ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ

Муртазина С.Г.

Казанский государственный аграрный университет, Казань

Количество, состав почвенной микрофлоры и ее активность определяются генезисом почв, экологическими условиями, в первую очередь, их гидротермическим режимом и в то же время существенно зависят от применения минеральных удобрений. Последние не только улучшают питание растений, но и изменяют условия существования микроорганизмов, также нуждающихся в минеральных элементах. При благоприятных условиях численность микроорганизмов и их активность после удобрения почвы значительно возрастают, а усилившаяся деятельность микрофлоры в удобренных почвах приводят к биологическому закреплению до 30-40% внесенных минеральных элементов. В литературе имеются сведения о негативном действии минеральных удобрений на биологическую активность почвы эрозии и повышенных доз удобрений [1, 2].

С целью выявления антропогенной устойчивости почвы от длительного применения возрастающих доз азотных и калийных удобрений изучение изменений в биодинамике почвы в севообороте проводили исследования на стационарном опыте кафедры агрохимии и почвоведения, заложенного в 1992 году. Проведенные исследования показали изменения агрохимических свойств серой лесной почвы под влиянием длительного применения минеральных удобрений, как-то повышение калийного и фосфатного потенциалов и кислотности ее и снижение содержания гумуса [3].

Изучение влияние возрастающих доз удобрений на микробиологическую активность и на некоторые показатели биологической активности серой лесной почвы проводили под яровой пшеницей в третью ротацию севооборота в некоторых вариантах большого опыта (30 вариантов) по схеме:

1. Контроль (без удобрений)
2. $N_{60}P_{60}K_{40}$
3. $N_{120}P_{60}K_{120}$
4. $N_{180}P_{60}K_{200}$

Необходимо отметить, что за годы исследований, т.е. за 17 лет в почву опытных делянок было внесено от 2400 до 5000 кг/га удобрений. Исследования показали, что в целом почвы опытных делянок имеют пониженную микробиологическую активность, что по-видимому, связано с ограниченностью поступления органических остатков и слабой толерантностью присутствующих групп микрофлоры к почвенной кислотности.

Плесневых грибов меньше всего на контроле и в почве под яровой пшеницей варианта $N_{60}P_{60}K_{40}$, а с возрастанием дозы азота до 120 кг/га ($N_{120}P_{60}K_{120}$) их количество резко увеличивается и с дальнейшим возрастанием дозы азота до 180кг/га снова понижается (табл. 1).

Количество актиномицетов в почве без удобрений минимальное, чуть выше их в почве варианта 2 и 3 и совсем не выявлено их в варианте с очень высокими дозами удобрений ($N_{180}P_{60}K_{200}$).

Таблица 1

Влияние длительного применения минеральных удобрений на микробиологическое состояние серой лесной почвы (тыс./г почвы)

Вариант	рН _{кол}	всего микро- организмов	бактерии						грибы	актиномицеты
			общее количество	аммонифи- цирующие	нитрифицир- ующие	денитрифицир- ирующие	аэроб. целлю- лозоразлага- ющие	азотобактер		
Конт- роль	5,6	3400	2100	2005	70	0,02	20	1	300	1300
$N_{60}P_{60}$ K_{40}	5,4	3900	2100	1974	100	0,02	24	2	600	1200
$N_{120}P_{60}$ K_{120}	5,2	4000	1800	1654	115	0,25	30	1	1000	1200
$N_{180}P_{60}$ K_{200}	5,0	3300	1700	1614	50	0,35	35	1	1600	-

Сапрофиты, осуществляющие распад органического вещества и тем самым оптимизирующие пищевой режим растений, также как и актиномицеты, представлены больше в почве вариантов 2 и 3 и значительно меньше в почве варианта интенсивного удобрения ($N_{180}P_{60}K_{200}$).

Весьма важным показателем микробиологической характеристики почв является количество и активность микроорганизмов, создающих эффективное плодородие: азотобактера, азотофиксаторов и денитрификаторов. Если азотобактер и другие азотофиксаторы обогащают почву азотом, то денитрификаторы восстанавливают нитраты до молекулярного азота и ухудшают азотный режим.

В почве без удобрений азотобактер имеет слабый рост, диаметр колоний менее 0,1см и другие азотофиксаторы не выявлены.

В почве с ежегодным применением $N_{60}P_{60}K_{40}$ и $N_{120}P_{60}K_{120}$ азотофиксаторы более оживлены, колонии азотобактера более укрупнены и азотофиксаторы представлены численностью чуть меньше одной клетки на 1 г почвы.

Очень высокая доза азота стимулирует развитие денитрификаторов и в почве этого варианта количество их резко возрастает, что может привести к изъятию минеральных форм азота из почвы.

Таким образом, проведенный микробиологический анализ длительно удобрявшейся серой лесной почвы показывает изменения в биологии почвы. Изменение группового состава микроорганизмов свидетельствует, что численность микроорганизмов, создающих потенциальное плодородие, превышает количество создающих эффективное плодородие и азотное удобрение больше стимулирует жизнедеятельность первых и при оптимальном сочетании элементов питания положительно влияет на вторые.

Различная представленность групп микроорганизмов в почве отражается в проявлении интенсивности биохимических процессов, что находит свое отражение в других показателях биологической активности почвы.

Под влиянием очень высоких доз минеральных удобрений ($N_{180}P_{60}K_{200}$) ухудшаются условия развития актиномицетов, аммонификаторов, нитрификаторов, целлюлозоразлагающих бактерий при одновременном высоком содержании численности грибов, что указывает на уменьшение активности полезной бактериальной микрофлоры (табл. 2).

Таблица 2

Влияние удобрений на показатели биологической активности почвы

Вариант	Бактерии (на МПА) млн. г.	Нитрификаторы, тыс./г.	Нитрификационная способность, мг N-NO ₃ на 100 г	Целлюлозо-разлагающие микроорганизмы, тыс./г	Разложение клетчатки, %
Контроль	3,4	70	1,8	20	18
$N_{60}P_{60}K_{40}$	3,9	100	2,8	24	33
$N_{120}P_{60}K_{120}$	4,0	115	3,6	30	38
$N_{180}P_{60}K_{200}$	3,3	50	3,0	26	35

Грибы являются одной из причин токсинообразования в почве. При этом снижается интенсивность процессов нитрификации, разложения клетчатки и другие. Так, если нитрифицирующая способность почвы контрольного варианта составляет 1,8 мг на 100г почвы, то в вариантах с азотными удобрениями повышается в 1,5-3 раза. При этом максимальная нитрифицирующая способность почвы имеет место в варианте $N_{120}P_{60}K_{120}$ и она коррелирует с содержанием минерального азота и урожайностью культур севооборота.

Максимальная урожайность за ротацию севооборота получена в варианте 3, она составила 172,4 к.ед., что в 2 раза превышает контроль. Все культуры севооборота обеспечили наибольшую урожайность в этом варианте. Дальнейшее повышение доз азота агрономически не оправдано, так как негативно влияет на биологию почвы и не обеспечивает соответствующий рост урожайности культур севооборота (табл. 3).

Таблица 3

Продуктивность севооборота под действием возрастающих доз азота, ц/га к.е.
(третья ротация, 2007-2012гг.)

Варианты	Яровая пшеница	Ячмень	Овес	Озимая рожь	Сумма за ротацию	Средняя за год
Контроль	28,2	21,3	21,8	14,9	86,2	21,5
N ₆₀ P ₆₀ K ₄₀	35,8	32,2	37,5	30,8	139,3	34,8
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₁₂₀	44,2	45,2	45,3	37,4	172,4	43,1
N ₁₈₀ P ₆₀ K ₂₀₀	42,5	37,4	39,5	40,0	159,4	39,8

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Длительное применение минеральных удобрений в экологически сбалансированных дозах повышает биологическую активность почвы и обеспечивает высокую продуктивность севооборота.

2. Длительное применение в севообороте очень высоких доз минеральных удобрений ухудшает микробиологию почвы, уменьшается количество аммонификаторов и нитрифицирующих бактерий, актиномицетов, увеличивается количество грибов и денитрифицирующих бактерий.

3. Очень высокие дозы азотных удобрений экологически и агрономически нецелесообразны: ухудшают биологию почвы и не обеспечивают получение высоких урожаев.

4. Показатели микробиологического состояние и биологической активности почвы коррелируют с продуктивностью севооборота и потому могут служить дополнительным диагностическим признаком эффективности применения минеральных удобрений в севообороте и при оценке антропогенной устойчивости серой лесной почвы при длительном применении возрастающих доз минеральных удобрений.

Литература:

1. Муртазина С.Г. Азот в эродированных почвах Волжско-Камской лесостепи // *Агрехимический вестник*. 2007. № 6.
2. Муртазина С.Г. Аминокислотный состав почв Республики Татарстан // *Агрехимический вестник*. 2007. № 3.
3. Муртазина С.Г., Билалова А.С., Муртазин М.Г. Влияние систематического применения минеральных удобрений на продуктивность севооборота и агрохимические показатели серой лесной почвы // *Агрехимический вестник*. 2010. №4. С. 7-9.

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АНАЛИЗА ФРАКЦИОННО-ГРУППОВОГО СОСТАВА ГУМУСА ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВ

Орлова Е.Е.^{1,2}, Бакина Л.Г.², Кирсанов А.Д.¹

¹*Санкт-Петербургский государственный университет;* ²*Санкт-Петербургский научно-исследовательский центр экологической безопасности РАН*

*Санкт-Петербург
orlova55@mail.ru*

Результаты, полученные при анализе фракционно-группового состава гумуса, заключают в себе обилие информации, хотя и требуют известной осторожности и корректности в трактовке цифрового материала. Главная причина в этом – широко известная методическая трудность данного анализа, необходимость соблюдения всех деталей при проведении аналитических работ, а также необходимость весьма четко представлять себе разрешающую способность данного метода. В исследованиях, посвященных составу органического вещества почв, часто приходится сталкиваться с двумя крайностями: либо с мелочно-скрупулезным обсуждением всех деталей, за которыми трудно бывает уловить общие закономерности процессов, либо с утверждениями о непригодности данного метода для изучения гумуса, например, окультуренных почв в силу его «нечувствительности» и неспособности выявить все детали. Известно, что такие выдающиеся исследователи органического вещества почв, как И.В.Тюрин, В.В.Пономарева, Л.Н.Александрова, М.М.Кононова, Т.А.Плотникова блестяще применяли данный метод для изучения не только важнейших аспектов гумусо- и почвообразования, но и для исследования весьма специфических процессов при различных видах антропогенного воздействия на почвы – например, при внесении органических и минеральных удобрений, известковании, техногенном загрязнении и т. д.

Одним из примеров исследований, при которых результаты определения фракционно-группового состава гумуса являются необходимыми для понимания сущности основных процессов, происходящих в почвах, является изучение почв, загрязненных нефтью. Кратко охарактеризуем особенности применения данного анализа для нефтезагрязненных почв и специфику состава их гумуса.

Как правило, результаты определения фракционно-группового состава гумуса рассматривают в относительных цифрах – в процентах к общему органическому углероду почвы. Подобное выражение результатов состава гумуса является весьма информативным, поскольку дает наглядное представление о подвижности фракций в почвенном профиле, об изменении степени их участия в формировании органофиля почв и т. д. Однако есть ситуации, когда состав гумуса может быть изучаем только в абсолютных цифрах – в процентах от массы почвы, а применение относительных цифр является некорректным, неверным по смыслу. Речь идет о почвах,

подвергшихся углеводородному загрязнению, то есть загрязнению нефтью или нефтепродуктами. Любая попытка трактовки относительных величин анализа состава гумуса может выявить только одну картину – существенное уменьшение всех фракций гумусовых веществ. В то же время изучение состава гумуса в абсолютных цифрах позволило в свое время установить факт непосредственного химического взаимодействия гумусовых кислот с нефтяными углеводородами и определить основные общие для различных типов почв закономерности изменения состава и свойств гумуса под влиянием нефтяного загрязнения [1,2,3,4 и др.].

При нефтезагрязнении почв сырой нефтью (исследованы черноземы, торфяно-болотные, подзолистые, дерново-подзолистые и серые лесные почвы) и в лабораторных, и в полевых условиях происходит взаимодействие принесенных углеводородов с гумусовыми кислотами. Установлено, что даже невысокое нефтяное загрязнение (1%-ое) вызывает увеличение абсолютного содержания собственно гумусовых кислот, выделяемых из почвы полярными растворителями – щелочными, солевыми и кислотной вытяжками, резкое увеличение нерастворимого остатка, а также сужение в составе органического вещества соотношения лабильных и устойчивых форм гумуса. При этом, будучи выраженными в относительных процентах к общему С, эти результаты совершенно маскирует и даже искажает смысл основного процесса – увеличения содержания групп и фракций гумусовых веществ почвы вследствие присоединения к ним нефтяных углеводородов.

Выявленные процессы сопровождаются уменьшением содержания кислых функциональных групп и значимым уменьшением индекса оптической плотности гуминовых кислот, что свидетельствует о снижении уровня ароматизации их молекул. Наблюдаемые изменения в составе и свойствах органического вещества нефтезагрязненных почв носят негативный характер, что проявляется в деградации их гумуса, результатом чего является значительное снижение двух важных экологических функций почвенного органического вещества – средообразующей и биопротекторной. Такие изменения гумусового состояния нефтезагрязненных почв приводят к снижению экологической устойчивости их гумуса и, в целом, к снижению собственной устойчивости почв.

Основной причиной выявленных изменений в составе гумуса является, по нашему мнению, включение фрагментов нефтяных углеводородов в алифатические структуры молекул гумусовых веществ. Увеличение содержания гумусовых кислот происходит непропорционально степени загрязнения почвы нефтью – очевидно, абсолютное количество углеводородов нефти, которые могут провзаимодействовать и быть включенными в структуру молекул гумусовых кислот, сравнительно невелико, и обусловлено потенциальной «емкостью» гуминовых и фульвокислот почвы к присоединению углеводородов.

В заключение следует отметить, что рассмотренные особенности состава и свойств гумуса сохраняются в природных условиях в течение длительного

периода, что позволяет использовать их в качестве диагностических признаков нефтезагрязненных почв при экологических обследованиях территорий, потенциально подверженных углеводородному загрязнению.

Литература:

1. Бакина Л.Г., Орлова Е.Е., Соловьева А.В. Гумусовое состояние дерново-подзолистой почвы при нефтезагрязнении в полевом модельном эксперименте // Гуминовые вещества в биосфере / Труды IV Всерос. конф. М., 2007. С. 340-345.
2. Иларионов С.А. Трансформация углеводородов нефти в почвах гумидной зоны: Автореф. дисс. ... докт. биол. наук. Сыктывкар, 2006. 38 с.
3. Орлова Е.Е. Влияние загрязнения нефтью на биологическую активность и гумусовые вещества почв: Автореф. дисс. ... к.с.-х.н. СПб-Пушкин, 1996. 17 с.
4. Орлова Е.Е. Влияние нефтяного загрязнения чернозема типичного и дерново-подзолистой почвы на состав их гумуса // Сб. научн. трудов СПбГАУ. СПб, 1997. С. 81-86.

РАЗВИТИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ И.В.ТЮРИНА О ФОРМАХ СВЯЗИ
ГУМУСОВЫХ ВЕЩЕСТВ С МИНЕРАЛЬНЫМИ КОМПОНЕНТАМИ ПОЧВЫ
Орлова Н.Е.¹, Бакина Л.Г.², Орлова Е.Е.^{1,2}

¹Санкт-Петербургский государственный университет; ²Санкт-Петербургский научно-исследовательский центр экологической безопасности РАН
Санкт-Петербург
orlova55@mail.ru

Вопрос о формах связи органических веществ почвы с ее минеральной частью является одним из центральных в химии гумуса. Огромный вклад в его решение внес академик И.В.Тюрин. Работы И.В.Тюрина, посвященные изучению форм и прочности связи органического вещества почвы с минеральной составляющей, оказали огромное влияние на развитие не только биохимии гумусовых веществ (ГВ), но и всего почвоведения в целом. На основе форм связи ГВ с минеральной частью почвы академиком И.В.Тюриным была предложена схема фракционирования гумуса [5]. При этом были учтены как свойства отдельных групп и фракций органического вещества, так и их поведение в различных типах почв. «Почвы различных типов отличаются друг от друга не только по относительному (и абсолютному) содержанию главных групп гумусовых веществ, но и по формам их состояния или формам связи с минеральной частью почв и друг с другом» (1965, с. 262). Для каждой из выделенных групп и фракций гумуса И.В.Тюриным была выявлена своя почвообразующая функция, и каждая из фракций рассматривалась и изучалась им как компонент определенных органо-минеральных соединений в почвах.

В дальнейшем классическая схема фракционирования гумуса была усовершенствована [3]. Результатом явилась методика определения фракционно-группового состава гумуса Пономаревой-Плотниковой, на

сегодняшний день представляющая собой наиболее содержательное подразделение гумусовых веществ. Она была одобрена на совместном заседании Комиссии по химии почв Всесоюзного общества почвоведов и Координационного совещания по проблеме «Органическое вещество почвы» и рекомендована для использования как наиболее рациональная. Эта методика широко применяется в почвенно-химических и почвенно-генетических исследованиях, а также для изучения состава гумуса почв, испытывающих антропогенное воздействие.

Основываясь на предложенных И.В.Тюриным методологических принципах, М.М.Кононовой и Н.П.Бельчиковой была предложена сокращенная схема фракционирования гумуса, являющаяся экспресс-методом и позволяющая довольно быстро определить основные группы и фракции ГВ [1]. Схема Кононовой-Бельчиковой используется для краткой характеристики состава гумуса.

Обе эти схемы хорошо зарекомендовали себя в практике почвенных исследований.

Помимо рассмотренных, в 1984 г. Т.А.Плотниковой и Н.Е.Орловой была предложена еще одна модификация определения фракционно-группового состава гумуса [2]. Она также предусматривает выделение фракций и групп гумусовых веществ по формам их связи с минеральными компонентами почвы. Основное преимущество данной модификации перед остальными схемами определения фракционно-группового состава гумуса – возможность непосредственного определения (выделения) и характеристики гуминовых кислот фракции 2 (связанных с кальцием).

Значительный вклад в развитие представлений И.В.Тюрина о формах связи, характере и механизмах взаимодействия ГВ с минеральными компонентами почвы, внесли работы Л.Н. Александровой. На основании типа связи ГВ и минеральных компонентов почвы Л.Н. Александрова разработала оригинальную классификацию органо-минеральных производных ГВ, выделила наиболее вероятные формы связи между ними (гетерополярные соли, комплексно-гетерополярные соли и сорбционные комплексы), что позволило дополнить представления о группах и фракциях почвенного гумуса.

Работая над одной проблемой и развивая концепцию И.В.Тюрина, Л.Н.Александрова и В.В.Пономарева сформировали различающиеся между собой точки зрения по вопросу поведения и способности к экстракции ГВ почвы, что явилось причиной научной дискуссии между ними. Кратко суть дискуссии сводилась к следующему.

В.В.Пономарева считала, что поведение ГВ в почве и фракционирование при анализе их состава обусловлено исключительно формой связи их с минеральными компонентами. По мнению Л.Н.Александровой, постепенное фракционирование ГВ и выделение фракций 1 – 3 обусловлено не различиями в формах связи их с компонентами минеральной части почвы, а степенью прочности связи с поверхностью тех или иных гранулометрических фракций. Фракция 1, выделяемая при непосредственной обработке почвы раствором 0,1

н. NaOH, наиболее подвижна, относительно свободна и не связана с поверхностью минералов (что вполне согласовывалось с точкой зрения В.В.Пономаревой). Последующие обработки почвы растворами 0,1 н. H₂SO₄ и NaOH, обуславливают выделение фракций ГВ, связанных с поверхностью решетки и лишь постепенно отделяющихся от нее. В эту категорию попадают ГВ, по В.В.Пономаревой предположительно связанные с кальцием (фракция 2) и связанные с устойчивыми полуторными оксидами и глинистыми минералами (фракция 3). Относительно фракции 3, также как и фракции 1 разногласий не возникало. Основные вопросы вызывала форма существования в почве фракции 2.

Как было показано И.В.Тюриным, способность гуминовых кислот (ГК) к взаимодействию с минеральными компонентами в значительной мере определяются их строением, составом и содержанием функциональных групп. Наиболее важное значение имеет наличие карбоксильных групп и фенольных гидроксильных, которые и определяют кислотную природу ГВ. Основываясь на современных представлениях о содержании и соотношении COOH- и OH-групп в молекулах различных ГК, можно утверждать, что ГК с ярко выраженным ароматическим ядром, высокой оптической плотностью и повышенным содержанием карбоксильных групп, обладают высокой способностью к ионизации и, следовательно, являются наиболее химически активными. Они способны к химическому взаимодействию по типу ионогенных связей, то есть к образованию гетерополярных соединений со щелочными и щелочноземельными катионами (в первую очередь, с кальцием). Поэтому в любой почве максимальной степени химической зрелости, гумифицированности (для данной почвы) должны характеризоваться ГК, связанные с кальцием – фракция 2. Это положение четко подтверждается экспериментальными данными.

Таким образом, для каждой отдельно взятой почвы максимальной степени химической зрелости отличаются ГК, связанные с кальцием. Именно эта фракция ГК является наиболее биотермодинамически устойчивой, и на наш взгляд, отражает глубину гумификации органического вещества в почве в целом.

Рассматривая способность ГК образовывать соединения с кальцием, следует обратить внимание на следующие моменты.

ГК фракции 2 в зонально-генетическом ряду почв, несмотря на общую форму связи с минеральными элементами – ионогенную связь с кальцием - могут характеризоваться очень значительными различиями. В этой связи, вслед за В.В.Пономаревой и Т.А.Плотниковой [4], необходимо отметить, что ошибочно считать ГК, связанные с кальцием, «черными» во всех почвах. Фракция 2 в почвах черноземного ряда действительно относится к группе черных ГК, наиболее химически зрелых. В почвах подзолистого ряда, горно-лесных, а также в полупустынных и пустынных почвах в силу специфики биоклиматических условий ГК не могут достичь такой высокой степени гумифицированности и остаются бурыми. По сравнению с черными, эти ГК характеризуются

относительно пониженным содержанием углерода, отрицательной степенью окисленности, большей выраженностью периферических структур, преобладанием в составе кислых функциональных групп фенольных гидроксиллов, то есть в целом более низкой степенью химической зрелости. Вследствие этого они обладают пониженной химической активностью и отличаются значительно более слабым сродством к кальцию, чем черные ГК. Отдельные фракции бурых ГК вообще не способны образовывать соединения с кальцием. Прочность возникающей связи между бурыми ГК и кальцием слабая, а, следовательно, устойчивость таких соединений низкая. Поэтому для образования гуматов кальция из бурых ГК и стабильного существования данной формы соединений в природных условиях необходимы постоянно высокие концентрации кальция в почвенном растворе.

Слабая способность бурых ГК к образованию гуматов кальция и невысокая устойчивость этих соединений создают предпосылки к проявлению в почвах процесса, называемого перегруппировкой фракций. Под перегруппировкой фракций понимают изменение формы связи ГВ с минеральными компонентами почвы. Одними из первых это явление наблюдали в модельном эксперименте И.В.Тюрин и О.А.Найденова [6]. Насыщение дерново-подзолистой, серой лесной почв и чернозема кальцием при значениях рН 7,0 и 8,0 привело к уменьшению содержания ГК фракции 1 на 20-37% в зависимости от типа почвы, то есть часть наиболее химически зрелых ГК, связанных с подвижными формами полуторных оксидов, перешла в форму связи с кальцием, пополнив фракцию 2. Перегруппировка фракций отмечается разными авторами в тех случаях, когда изменяются основные условия, влияющие на химические взаимодействия ГВ с минеральными компонентами, а именно кислотность и минерализация почвенного раствора. Перегруппировка фракций ГК может происходить не только при увеличении содержания кальция в почве, но и в обратную сторону - в результате ее декальцирования. В природных условиях это явление наблюдается при известковании почв, орошении черноземов, при техногенных нагрузках на почвы, вызывающих их подкисление или подщелачивание, при сезонных колебаниях кислотности и степени минерализации почвенного раствора.

В заключение необходимо отметить, что анализ современного состояния вопроса о формах связи гумусовых веществ с минеральными компонентами почвы свидетельствуют о том, что нет оснований противопоставлять эти понятия — форму и прочность связи. Исследование процессов формирования системы ГВ и сопряженное изучение состава гумуса и распределения минеральных компонентов в его составе показали, что прочность связи различных фракций гумуса с минеральными компонентами в первую очередь зависит от ее формы.

Литература:

- 1. Кононова М.М., Бельчикова Н.П. Ускоренные методы определения состава гумуса минеральных почв // Почвоведение. 1961. №10. С. 75-87.*
- 2. Плотникова Т.А., Орлова Н.Е. Использование модифицированной схемы Пономаревой-Плотниковой для определения состава, природы и свойств гумуса почв // Почвоведение. 1984. №8. С.120-130.*

3. Пономарева В.В., Плотникова Т.А. Методика и некоторые результаты фракционирования гумуса черноземов // Почвоведение. 1968. №11. С. 104-117.
4. Пономарева В.В., Плотникова Т.А. Гумус и почвообразование. Л.: Наука, 1980. 224 с.
5. Тюрин И.В. Органическое вещество почвы и его роль в плодородии. М.:Наука, 1965. 320 с.
6. Тюрин И.В., Найденова О.А. К характеристике состава и свойств гуминовых кислот, растворимых в разведенных щелочах непосредственно и после декальцирования // Труды Почв. ин-та им. В.В.Докучаева АН СССР. 1951. Т.38. С. 59-64.

**ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ НОРМИРОВАНИЕ УРОВНЯ НЕФТЯНОГО
ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ ПОСЛЕ ПРОВЕДЕНИЯ РЕКУЛЬТИВАЦИОННЫХ И
ИНЫХ ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ РАБОТ**

**Петров А.М.¹, Шагидуллин Р.Р.¹, Иванов Д.В.¹, Тарасов О.Ю.¹,
Григорьян Б.Р.¹, Шагидуллина Р.А.²**

¹*Институт проблем экологии и недропользования АН РТ, Казань
zram2@rambler.ru*

²*Министерство экологии и природных ресурсов РТ, Казань*

Одним из факторов, сдерживающих эффективное решение проблем восстановления нарушенных нефтезагрязненных земель, является отсутствие в нормативных и директивных документах реальных критериев оценки уровня загрязнения нефтью и нефтепродуктами почв и грунтов, экологической и экономической обоснованности применения различных методов ликвидации последствий аварийных разливов нефти и нефтепродуктов на почве.

Отсутствие нормативов допустимого содержания нефти и нефтепродуктов в почвах разных типов, в том числе нормативов их допустимого остаточного содержания после проведения рекультивационных и иных восстановительных работ (ДОСНП), на землях различного целевого назначения и видов пользования, значительно затрудняет проектирование и проведение работ по рекультивации, а также подготовку юридически обоснованных материалов о возмещении вреда, причиненного окружающей среде нефтяным загрязнением земель.

В 2002 г. Министерством природных ресурсов Российской Федерации были утверждены «Временные рекомендации по разработке и введению в действие нормативов допустимого остаточного содержания нефти и продуктов ее трансформации в почвах после проведения рекультивационных и иных восстановительных работ» [1].

На сегодняшний день разработка данных экологических нормативов сдерживается практически полным отсутствием нормативно-методической базы, научно обоснованных подходов оценки нетоксичных содержаний нефти в

почвах, понимания механизмов детоксикации и самовосстановления почвенных биоценозов. Немногочисленные положительные примеры введения региональных нормативов ДОСНП (Ханты-Мансийский автономный округ, Республика Коми, Республика Татарстан, Ставропольский, Красноярский край) только подтверждают сложившееся положение. С 2002 года, когда были утверждены Временные рекомендации, не вышло ни одного методического или рекомендательного документа, посвященного этой проблеме. Поэтому проблема диагностики и нормирования содержания нефти и нефтепродуктов в почвах, несмотря на продолжительный период изучения и актуальность, все еще далека от оптимального и комплексного разрешения.

Исследования, направленные на разработку нормативов ДОСНП, должны опираться на данные о совокупности свойств почвы и процессов, обуславливающих детоксикацию и разложение нефти и продуктов ее трансформации.

При оценке эффективности процесса рекультивации и восстановления плодородия нефтезагрязненных почв разными авторами используются разные показатели, такие как: содержание НП в почве; численность микроорганизмов отдельных физиологических групп; ферментативная активность, интенсивность дыхания почвы; всхожесть, скорость роста, продуктивность сельскохозяйственных и иных растений и другие.

Критерии разработки экологических нормативов делятся на общие, учитывающие свойства основных типов почв, и частные, отражающие специфику почв земель разного хозяйственного назначения [2]. В зависимости от целевого назначения загрязненных земель важным является выбор показателей, совокупность которых при расчете норматива обеспечит получение объективных характеристик качества почвы, как экологического объекта.

Поэтому при нормировании ДОСНП мы исходили из необходимости определения остаточных концентраций НП в почвах, при которых обеспечивается функционирование почвенного биоценоза, идет достаточно активное разложение загрязняющих веществ, что, в конечном счете, ведет к восстановлению естественных свойств почвы.

Учитывая, что скорость самоочищения почвы от нефти и продуктов ее трансформации определяется совокупностью физико-химических и биологических процессов, предложенный нами общий алгоритм определения ДОСНП основывался на:

- сведениях о содержании НП в почве;
- данных об агрофизических, агрохимических характеристиках почв;
- результатах острого токсикологического тестирования почв на высших растениях (пшеница *Triticum vulgare*);
- результатах острого токсикологического тестирования водных вытяжек из почв на гидробионтах (*Paramecium caudatum*, *Ceriodaphnia affinis* или *Daphnia magna*);

- результатах определения влияния остаточного содержания углеводов нефти на состав основных физиологических групп почвенных микроорганизмов (общее количество микроорганизмов, количество спорообразующих, углеводородокисляющих, целлюлозоразрушающих, азотфиксаторов, аммонификаторов, нитрификаторов, микромицетов и актиномицетов) и биохимическую активность (каталазная, уреазная, протеазная активности, интенсивность почвенного дыхания) почвенного микробиоценоза;

- результатах острого и хронического тестирования загрязненных почв на почвенных животных (олигохетах *Enchytraeus crypticus*);

- результатах определения фитопродуктивности растений в хронических вегетационных опытах (пшеница яровая *Triticum vulgare*, горох посевной *Pisum sativum*);

- определении лимитирующих показателей вредности (миграционного водного, миграционного воздушного, транслокационного и санитарного).

В соответствии с методическими рекомендациями по гигиеническому обоснованию ПДК химических веществ в почве [3], для микробиологических показателей действующими считали концентрации нефтепродуктов, которые вызывали любые достоверные отрицательные изменения нескольких показателей, приводящие к изменению численности на 50 и более % по отношению к контролю.

Для биохимических показателей действующей концентрацией считалась концентрация, приводящая к снижению активности на 25% относительно контроля [3].

При обработке полученных результатов полагали, что значения коэффициента микробного дыхания (Q_R) на уровне 0.30-0.55 определяют не только активное протекание процессов минерализации органики в нефтезагрязненных почвах, но и обеспечивают быстрое устранение разбалансированности и восстановление стабильности почвенного микробного сообщества.

При остром и хроническом тестировании на высших растениях, использовались значения ДК₂₀ или ДК₅₀ в зависимости от хозяйственного назначения рассматриваемых земель.

Нами принималось во внимание то, что нормативы ДОСНП устанавливаются с учетом вида дальнейшего использования земельных участков после проведения рекультивационных и иных восстановительных работ [2].

Так, при разработке нормативов для земель сельскохозяйственного назначения, в первую очередь, не должны проявляться воздействие по лимитирующим показателям вредности, сохраняться высокая фитопродуктивность выращиваемой сельскохозяйственной культуры (снижение выхода биомассы не должно превышать 20%).

При разработке норматива ДОСНП для земель лесного фонда нами учитывались скорость прорастания семян и начальный рост корней пшеницы (ДК₅₀), уровень острой токсичности водной вытяжки для гидробионтов (ДК₁₀),

биологическая («дыхательная» и ферментативная) активность и состав почвенной микрофлоры, выживаемость и плодовитость олигохет (ДК₅₀), результаты хронических экспериментов на высших растениях (ДК₅₀).

Данные критерии обеспечивают функционирование почвенной экосистемы, исключают поступление поллютанта в сопредельные среды.

Из учитываемых лимитирующими считались показатели с наименьшей действующей остаточной концентрацией нефти, которые и принимались за норматив ДОСНП для земель лесного фонда после проведения рекультивационных и иных восстановительных работ.

По результатам проведенных в 2010-2012 гг. исследований, при соблюдении всех требуемых юридических процедур, в Республике Татарстан приказами Министерства экологии и природных ресурсов РТ и Чувашской Республике постановлением Кабинета Министров ЧР, введены в действие нормативы допустимого остаточного содержания нефти и продуктов ее трансформации после проведения рекультивационных и иных восстановительных работ.

Литература:

1. *Временные рекомендации по разработке и введению в действие нормативов допустимого остаточного содержания нефти и продуктов ее трансформации в почвах после проведения рекультивационных и иных восстановительных работ, утвержденные приказом Минприроды РФ от 12.09.2002 г. № 574.*

2. *Яковлев А.С., Никулина Ю.Г. Принципы определения допустимого остаточного содержания нефти в почвах территорий разного хозяйственного использования // Охрана окружающей среды и промышленная безопасность на объектах нефтегазового комплекса / Тезисы 29 ежегодной традиционной конференции.- Шепси, 2009.- С.45-47.*

3. *Методические рекомендации по гигиеническому обоснованию ПДК химических веществ в почве (утверждены заместителем главного государственного санитарного врача СССР 5 августа 1982 г. № 2609-82).*

ПОЧВЕННО-РАСТИТЕЛЬНЫЙ ПОКРОВ ОТВАЛОВ МИХАЙЛОВСКОГО ГОКА⁷

Пигарева Т.А.

*Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург
tanya.pigareva@gmail.com*

Добыча полезных ископаемых сопровождается образованием природно-технических комплексов, воздействие которых сказывается на обширных территориях. Большая часть нарушений почвенного покрова, вплоть до его полного уничтожения, приходится на предприятия по добыче металлов и

⁷ Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 12-04-33017

угольной промышленности. Примерно 75% всех полезных ископаемых добываются открытым способом. При открытом способе добычи преобладают карьеры, выемки и насыпи различного размера. Наиболее крупные карьеры в Российской Федерации – котлованы глубиной до 500 м – находятся в Назаровском угольном бассейне в Краснодарском крае, до 300 м – железорудной Курской магнитной аномалии.

В настоящий момент площади земель, нарушенных в ходе работы предприятий КМА, составляют 10 836 га, в том числе 5 720 га пашни; при этом в ближайшие годы им будет отведено еще 6,1 тыс. га земель, в том числе 3,4 тыс. га пашни.

Целью данного исследования являлось обоснование возможности создания лесостепного сектора базы данных об эффективности рекультивации. Объектом исследования является почвенно-растительный покров отвалов карьера Михайловского ГОКа Железнодорожного района Курской области. Изучались моногенетические маломощные, слаборазвитые почвы разных возрастов, соответственно – 5-15-20 лет и растительное разнообразие на этих участках. В связи с целью данной работы было исследовано общее содержание углерода (метод Тюрина), определение видового состава (по Друде) и сложение травостоя: проективное покрытие, количество растений на 1 м².

Для общей характеристики молодых почв и направленности процессов почвообразования необходимо рассмотреть общее содержание органического вещества, которое может быть оценено по общему содержанию углерода (рис.1).

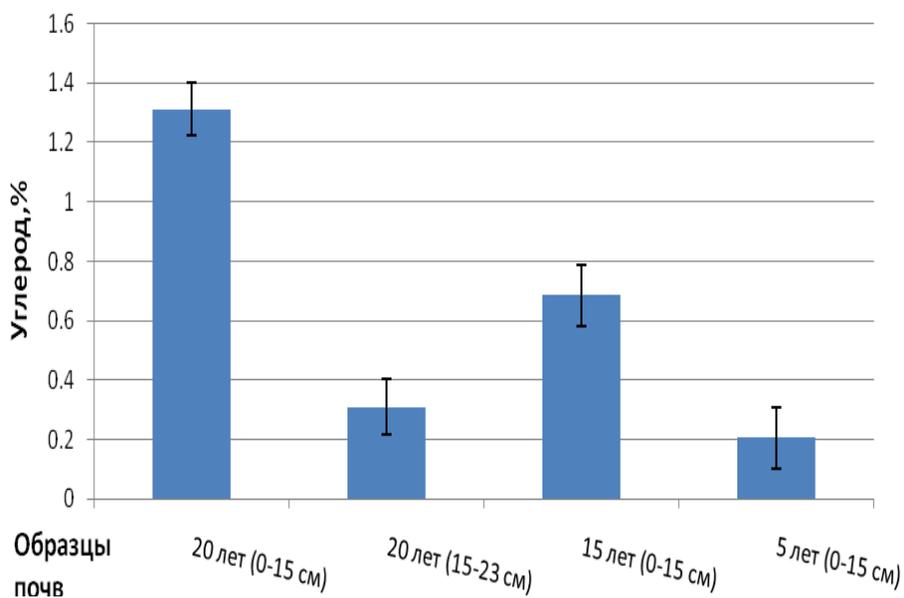


Рис.1. Содержание углерода % в исследуемых образцах почв

Стоит отметить, что наибольшее содержание органического вещества (Собщ*1,72) наблюдается в верхних горизонтах АУ. Так, в 20-летней почве содержание органического вещества составило 2,22%, в 15 –летней – 1,18%, в а 5-летней – 0,43), причем стоит отметить, что

максимум характерен для почв 20-летнего возраста. Эти данные свидетельствуют о аккумулятивно-гумусовом тренде почвообразования во всех изученных почвах, что в принципе характерно для лесостепной зоны.

Содержание органического вещества хорошо коррелирует (коэффициент линейной корреляции $r=0,77$) с количеством растений на 1 м².

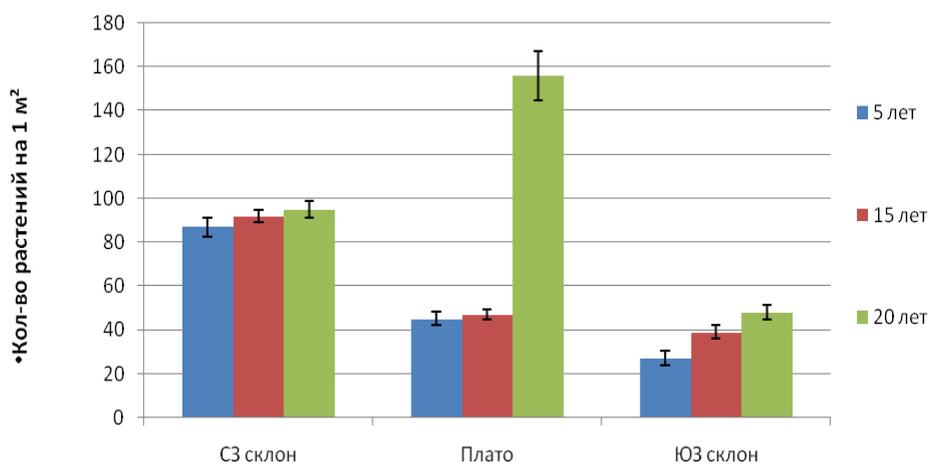


Рис. 2. Количество растений

Количество особе растений на 1 м² с возрастом грунтов 5-15-20 лет увеличивается и количество растений 87-92-95 растений на северо-западном склоне и 27-39-48 на юго-восточных склонах. Растения южных и северных склонов достоверно отличается ($P < 0,05$). Максимальное количество растений на 1 м² наблюдается на выровненных поверхностях сложенных лессовидными суглинками с почвенным покровом 20-летнего возраста и насчитывает 156 растений (Рис.2). Количество растения на грунтах 5 и 15 лет на плато недостоверны ($P > 0,05$). Полученные данные также хорошо коррелируют (коэффициент линейной корреляции $r = 0,96$) с содержанием органического вещества и показателем - количеством видов на м² (коэффициент линейной корреляции $r = 0,85$).

Видовое разнообразие северо-западного склона 5-, 15- и 20-летних грунтов достоверно отличается от юго-восточных склонов ($P < 0,05$) и увеличиваются с возрастом почв. На плато количество видов постепенно увеличивается от возраста почв: 5-15-25 лет, соответственно 2-10-15 видов (Рис.3). Между показателям количества видов на м² и проективным покрытием существует сильная связь ($r = 0,77$).

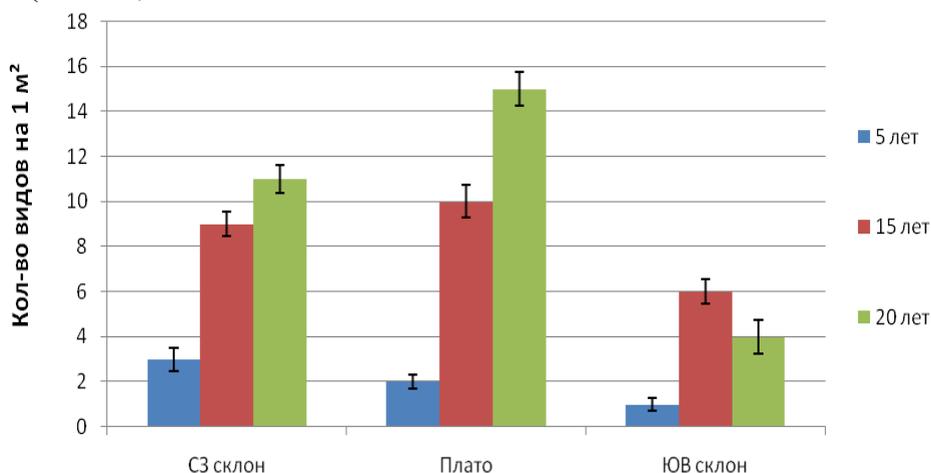


Рис. 3. Количество видов

К 20-летнему возрасту на выровненных участках отвалов из лессовидного суглинка, формируется сообщество со 100% проективным покрытием на плато, с 80% на северо-западном склоне и с 40% на юго-восточном склоне. Наименьшее значение проективного покрытия 30% наблюдается у 5-летних отвалах на юго-западных склонах.

С увеличением возраста отвалов изменения идут по пути усложнения видового состава и стабилизацией характера зарастания, а также увеличения содержания органического вещества.

Так, к 15 годам на отвале из глины келловая формируется простое зарослево-групповое сообщество с крутинным зарастанием: мать-и-мачехи, хвоща лугового и клевера щуршащего, вейника наземного и керпея узколистного. Содержание органического вещества 1,18%.

К 20-летнему возрасту формируется сложное зарослево травянистое сообщество с разреженным древостоем. Гряды зарастают монодоминантными группировками донника лекарственного со 100% проективным покрытием и содержанием органического вещества 2,22%. Прочие участки имеют рудерально-луговой состав растительности при проективном покрытии 40%. Общность видового состава падает с 25% (на 5-летних отвалах) до 12% (на 20-летних отвалах)

Проведенные исследования почвенно-растительного покрова разновозрастных отвалов Михайловского ГОКа выявили перспективность этого объекта для эволюционных исследований почвообразования на ранних стадиях развития молодых почв. Этот объект должен стать региональным для Курской области для создания лесостепного сектора базы данных об эффективности рекультивации в различных субстратно-фитоценологических комбинациях инициального педогенеза.

ВЛИЯНИЕ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ НА АГРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЫ В СЕВООБОРОТЕ

Рыжих Л.Ю.^{1,2}, Копосов Г.Ф.², Мельников Л.В.², Хакимов А.И.²

¹ *Татарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, Казань
ludarigih@mail.ru*

² *Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань*

Агрофизическая характеристика почв является важной составной частью теоретического обоснования всех основных приемов земледелия (систем обработки почвы, систем севооборотов, систем земледелия) и сельскохозяйственной мелиорации почв, так как основной задачей последних является в первую очередь улучшение физического состояния почв, приведение его в соответствие с потребностями культурных растений.

Переуплотнение пахотных почв в процессе регулярной сельскохозяйственной обработки является важным фактором деградации их агрофизического состояния. Необходим выбор оптимальной системы

обработки почвы, оказывающий минимальное негативное воздействие на агрофизические параметры почвы.

Целью настоящей работы является сравнительное изучение основных способов обработки, влияние их на агрофизическое состояние почвы и создание оптимальных условий для произрастания сельскохозяйственных растений в звене севооборота ячмень + клевер – клевер 1 г.п. сидерат – озимая пшеница (предшественник ячменя картофель рекогносцировочный посев). Приводятся результаты исследования сопротивления проникновению и плотности почвы 2012 года наблюдения.

Участок опытного поля Татарского научно-исследовательского института сельского хозяйства (ТатНИИСХ) находится на водоразделе рек Волга-Меша Лаишевского района Республики Татарстан.

В 2010 году проводилось исследование почвенного покрова опытного участка, был заложен разрез и установлен тип почвы – серая лесная среднесуглинистая на жёлто-бурых делювиальных суглинках ($pH_{\text{сол.}}$ 6,0, $N_{\text{штг.}}$ – 12,3 мг/100 г почвы, P_2O_5 – 33,5 мг/100 г почвы, K_2O – 16,7 мг/100 г почвы, гумус 4,3%).

В 2011 году на четырех полях севооборота (в пространстве и во времени) был заложен стационарный многофакторный опыт со следующей схемой чередования культур: озимые – картофель – ячмень + клевер – клевер 1 г.п. сидерат и вариантами обработки почвы: **KB** (культурная вспашка – вспашка плугом ПН-4-35 на глубину 20 – 22 см (контроль II), **PO** (ячмень + клевер – разноглубинная обработка – вспашка плугом ПН-4-35 без предплужника на глубину 18 – 20 см, озимая пшеница – вспашка плугом ПН-4-35 с увеличенным предплужником на глубину 20 – 22 см (запашка сидерата), **MO** – мелкая обработка КСН-3 на глубину 14 – 16 см, **BOO** – без осенней обработки, с тремя фонами питания растений: 6 т/га (35 т/га), 4 т/га (25 т/га) и без минеральных удобрений (контроль I).

Результаты наблюдения за плотностью почвы показали, что в слое 0 – 20 см оказался относительно широкий диапазон варьирования $1,21 \text{ г/см}^3$ (**PO**) – $1,37 \text{ г/см}^3$ (**BOO**). В слое 20 – 40 см плотность почвы изменялась незначительно от $1,44 \text{ г/см}^3$ (**MO**) – $1,54 \text{ г/см}^3$ (**KB**). Из результатов следует, что различия плотности почвы между вариантами обработки наблюдаются в пахотном горизонте, тогда как с увеличением глубины разница сокращается.

При анализе полученных результатов уплотнения почв, значения сопротивления расклиниванию близкие к 1 МПа и рыхлое сложение почв, встречались относительно чаще, чем значения близкие к максимальной величине в 2,5 МПа, характерные для суглинистых почв, согласно Bengough, этот предел считается критическим для корневых систем многих культурных растений. При этом среднее значение сопротивления расклиниванию пахотного слоя составило 1,39 МПа, с доверительным 95% интервалом (при вероятности 0,05) значений от 0,86 до 1,92 МПа, коэффициент вариации составил 38%.

Предварительный статистический анализ значений сопротивления пенетрации указывал, что в целом на участке полевого опыта отмечается

неоднородный характер распределения степени уплотнения пахотного слоя. В процентном отношении 30% от общего числа точек зондирования составили значения с интервалом от 0,5 до 1,0 МПа, примерно чуть больше – 32% с интервалом от 1,0 до 1,5 МПа и близко четвертой части (23%) от всей обследованной площади составили значения близкие к критической зоне для корневых систем от 1,5 до 2,0 МПа.

Исходя из результатов исследования, можно утверждать, что верхний слой 0 – 10 см на всех вариантах обработки является наиболее рыхлым – 0,3 МПа и оптимальным для роста и развития корней сельскохозяйственных растений. Единственное различие проявилось на варианте **БОО** – 1,1 МПа, что объясняется так же наивысшим показателем плотности на глубине 0 – 20 см 1,37 г/см³. На глубине 10 – 20 см вариант **МО** достигает максимальное значения 2,07 МПа, что близко к критическому показателю, а на этой глубине происходит самое обильное распространение корней растений. На глубине 20 – 30 см величины твердости почвенных слоев имеют близкие значения, изменяясь от 1,33 мПа в **РО** до 1,85 мПа в варианте **МО**.

С помощью программы SURFER 9.0 и заложенного в нем метода крикинга получено 2d модельное представление степени уплотнения в слоях 0 – 10, 10 – 20 и 20 – 30 см (рисунок).

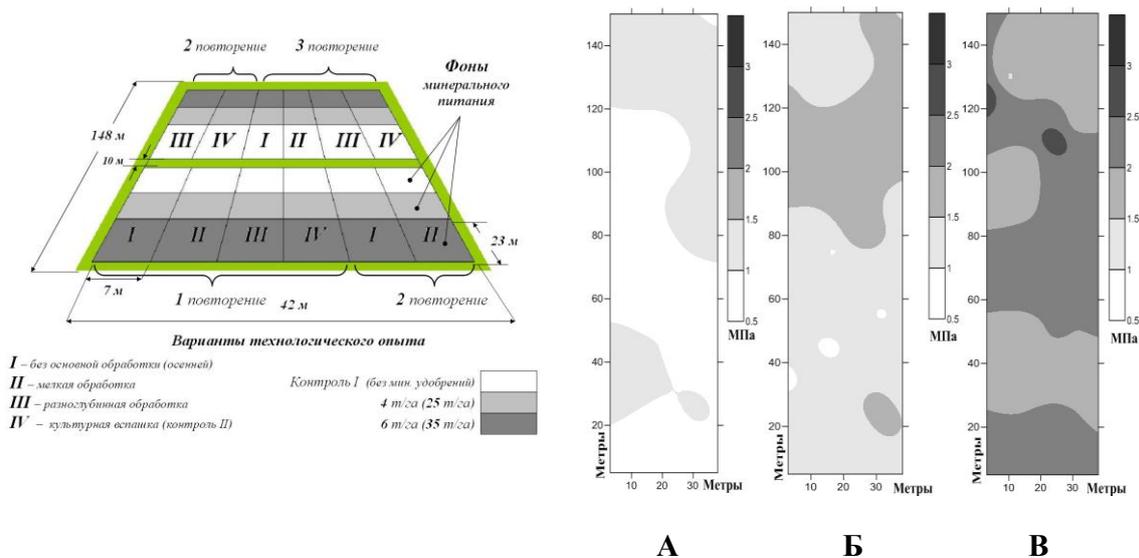


Рис.1. Схема опытного участка и визуализация данных площадного зондирования по степени уплотнения пахотного горизонта в слоях 0-10 см (А), 10-20 см (Б), 20-30 см (В)

Наибольшая урожайность ячменя на фоне без минеральных удобрений оказалась на варианте **МО** – 2,6 т/га, на фоне 4 т/га (N₆₀P₄₀K₅₀) и 6 т/га (N₆₀P₁₅₀K₁₂₂) наибольшая урожайность оказалась на варианте **КВ** в обоих случаях 3,2 т/га и 3,7 т/га соответственно.

Выводы. В целом на участке отмечается неоднородный характер степени уплотнения пахотного слоя и неоднозначная взаимосвязь между изучаемыми агрофизическими показателями и продуктивностью опытного участка.

На поле севооборота ячмень + клевер, в 2012 году, изученные агрофизические свойства на всех вариантах обработки почвы, имели

оптимальные значения для развития сельскохозяйственных растений. На варианте **БОО** были зафиксированы максимальные величины плотности $1,37 \text{ г/см}^3$ и сопротивления проникновению $1,1 \text{ мПа}$ в слое (0-20 см), на котором урожайность изменялась от 2,6-3,4 т/га. На варианте **КВ** с наибольшей урожайностью ячменя в 3,7 т/га, изученные агрофизические показатели достоверно отличались от вариантов **БОО** и **МО**, как по плотности сложения, так и степени уплотнения, со значениями - $1,24 \text{ г/см}^3$ и $0,8 \text{ мПа}$ соответственно.

Литература:

1. Glyn Bengough *Root elongation, water stress, and mechanical impedance: a review of limiting stresses and beneficial root tip traits/ Journal of Experimental Botany. 2011. Vol. 62, № 1. P. 59–68*

НАКОПЛЕНИЕ ЛАБИЛЬНЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ КОМПОНЕНТОВ В
ПАХОТНОЙ СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЕ В УСЛОВИЯХ ПОЛЕВОГО ОПЫТА
Рыжих Л.Ю.^{1,2}, Мельников Л.В.², Липатников А.И.³

¹ *Татарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, Казань
ludarigih@mail.ru*

² *Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань*

³ *Россельхозцентр по Республике Татарстан, Казань*

Многочисленными исследованиями показано, что для поддержания оптимального агрофизического состояния обрабатываемых почв, важным является соотношение лабильных и стабильных компонентов, в составе органического вещества. В агроценозах с интенсивной системой земледелия, заметную роль в формировании активного пула органического углерода, выполняют свежие растительные остатки, вместе с тем, характер их «заделки» при основном способе обработки, в различных системах земледелия, может по разному влиять на трансформацию и запасы легкоразлагаемого органического вещества (ЛОВ).

Для оценки количественного вклада ЛОВ в различные почвенные процессы применяют широкий спектр методик, начиная от самых простых - с обработкой почвы $0,1 \text{ н NaOH}$ до способов физического фракционирования с применением растворов имеющих различную плотность **KJ , CH_3Br , $3Na_2WO_4$, $9WO_3$, H_2O** [1, 2]. Для быстрой сравнительной оценки активного пула органического углерода ранее, была предложена методика с применением **$KMnO_4$** [3].

Используя химический метод [4], основанной на окисляемости легкоразлагаемых органических соединений **$KMnO_4$** (перманганат окисляемый углерод ПМОК_С), мы попытались оценить уровень накопления ЛОВ в образцах пахотной серой лесной почвы в зависимости от способов ее обработки в условиях полевого опыта.

Содержание гумуса (мокрым сжиганием по Тюрину) и ПМОК_С определяли в усредненных образцах и в агрегатах фракции 2-3 мм.

Сравнительное изучение проводилось в звене севооборота озимая рожь – картофель – ячмень + клевер (предшественник горчица на сидерат, рекогносцировочный посев). Приводятся результаты исследования 2012 года.

Почвенного покров опытного участка ТатНИИСХ, представлен серой лесной среднеспособной почвой и ее среднесуглинистой разновидностью, агрохимические свойства: $pH_{\text{сол.}}$ 6,0, $N_{\text{шт.}}$ – 12,3 мг/100 г почвы, P_2O_5 – 33,5 мг/100 г почвы, K_2O – 16,7 мг/100 г почвы, гумус 4,3%.

В 2011 году на четырех полях севооборота (в пространстве и во времени) был заложен стационарный многофакторный опыт со следующей схемой чередования культур: озимые – картофель – ячмень + клевер – клевер 1 г.п. (сидерат) и вариантами обработки почвы: **КВ** (культурная вспашка – вспашка плугом ПН-4-35 на глубину 20 – 22 см (контроль II), **РО** (ячмень + клевер – разноглубинная обработка – вспашка плугом ПН-4-35 без предплужника на глубину 18 – 20 см, озимая пшеница – вспашка плугом ПН-4-35 с увеличенным предплужником на глубину 20 – 22 см (запашка сидерата), **МО** – мелкая обработка КСН-3 на глубину 14 – 16 см, **БОО** – без осенней обработки, с тремя фонами питания растений, различающихся по количеству минеральных удобрений: 6 т/га (35 т/га), 4 т/га (25 т/га) и без удобрений (контроль I). Для вариантов с минеральным фоном питания 6 т/га (35 т/га) и контроля I результаты не обсуждаются.

Среднее содержание гумуса в составе почвенной массы пахотного горизонта, составляет 4,2%, коэффициент вариации не превышает 5%, различия между вариантами опыта (**РО** - 4,43% и **КВ** - 4,03%) не существенны. По содержанию гумуса в структурных отдельностях некоторые варианты опыта достоверно отличались, образуя последовательность (**РО** > **МО** ≥ **БОО** ≥ **КВ**) (при этом наибольшая разница в содержании гумуса в агрегатах составила - 1,0% (рис. 1).

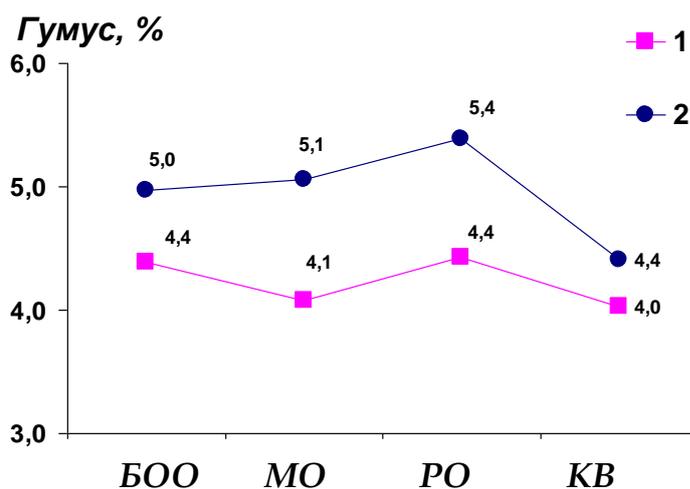


Рис.1. Распределение гумуса в образцах пахотного горизонта почвы при различных вариантах ее обработки: 1 – в усредненной навеске почвы; 2 – в структурных отдельностях фракции 2-3 мм

Таким образом, общее содержание органического вещества в усредненных образцах, не зависит от способа обработки почвы в опыте, что может

первоначально указывать на близкие условия, влияющие на процесс гумификации и накопления органического вещества.

Однако в варианте **PO**, достоверная разница в содержании гумуса в составе почвенных отдельностей - 5,4% и общей почвенной массой - 4,4%, свидетельствует, что интенсивность трансформации органических остатков, способствующих накоплению органических компонентов, выше в варианте **PO**, по сравнению с контролем и другими вариантами опыта.

Результаты определения содержания ЛОВ в образцах 2011 и 2012 гг., представлены на рисунке 2.

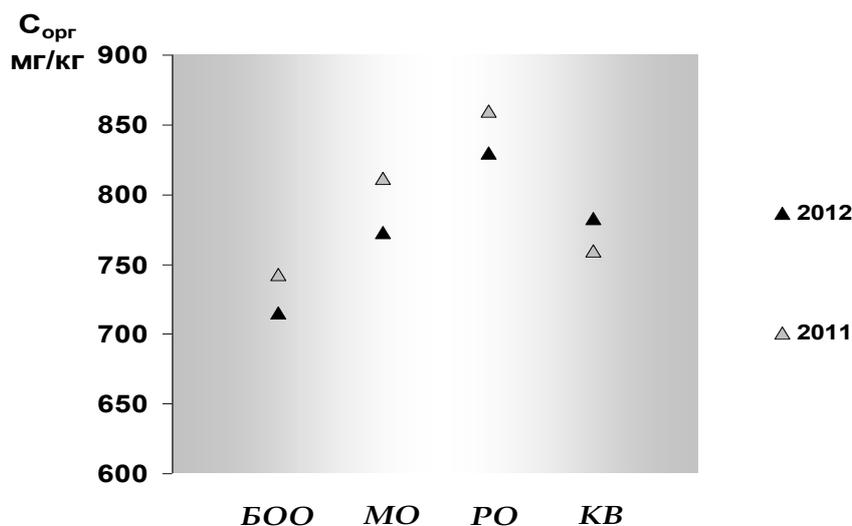


Рис. 2. Распределение ЛОВ по периодам обследования 2011 и 2012 гг. в усредненных почвенных образцах с различными вариантами обработки

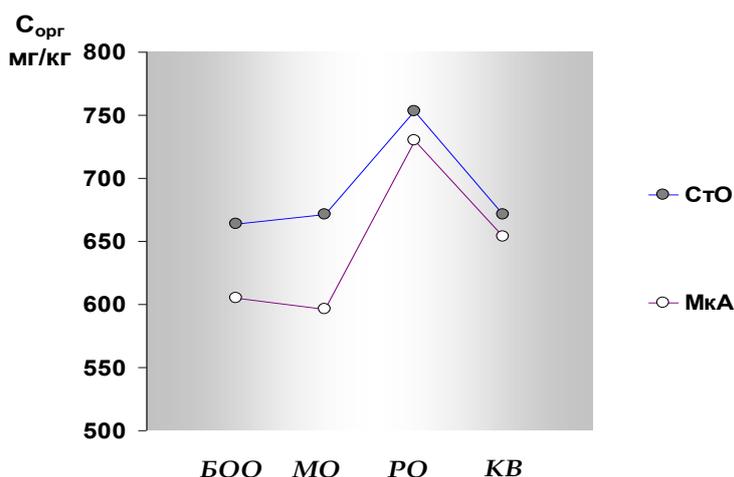


Рис.3. Результаты распределения ЛОВ в почвенных агрегатах во фракции 3-2 мм (СтО) и микроагрегатах 0,25-0,1 мм (МкА)

По содержанию ПМОК_С варианты опыта достоверно отличались, образуя последовательность ($PO \geq MO > BOO \geq KB$). По сравнению с контролем, различия не выявлены только для варианта **BOO**. Разница средних: 812 и 860

мг/кг почвы, соответственно для образцов из вариантов **РО** и **МО**, оказалась не достоверной. Таким образом, интенсивность накопления органических компонентов выше в варианте **РО**, близкий уровень накопления ЛОВ наблюдается в случае **МО**.

Содержание лабильных органических компонентов во всех исследованных образцах изменялось в диапазоне 700 - 900 мг/кг **ПМОК_с**, при этом максимальное накопление ЛОВ выявлено в варианте **РО** - 860 мг/кг, а минимальный уровень для **БОО** - 715 мг/кг.

Первичным источником поступления органических остатков в опыте является горчица, пожнивные и корневые остатки которой, попадали на различную глубину, поэтому в вариантах **БОО** и **МО** поступление органических остатков являлось поверхностным, в **РО** и **КВ** органика запахивалась на глубину 20-22 см.

Самое высокое содержание ЛОВ отмечено во фракции 3-2 мм с разноглубинной обработкой 753 мг/кг, а минимальное накопление наблюдается в варианте с мелкой обработкой 671 мг/кг, с уменьшением размера агрегатов **ПМОК_с** снижалось до 730 мг/кг в разноглубинной обработке и 596 мг/кг в мелкой обработке.

Предполагается, что снижение содержания ЛОВ с уменьшением размера фракций агрегатов связано с тем, что для образования агрегатов крупного размера требуется большее количество механических частиц и соответственно клеящего материала для их скрепления в стабильные водоустойчивые агрегаты. Кроме того, крупные почвенные агрегаты содержат больше микропор, в которых углеводы способны дольше сохраняться, не подвергаясь микробному разложению.

Распределение ЛОВ зависит от способов обработки почвы в вариантах опыта. Установлено, что максимальное накопление ЛОВ происходит в варианте **РО** - 830 мг/кг, минимальное содержание выявлено для варианта **БОО** опыта 715 мг/кг, аналогичная закономерность соблюдается и на агрегатном уровне во фракции 3-2 мм со значениями 753 мг/кг и 671 мг/кг соответственно.

Литература:

1. Ганжара Н.Ф. Гумус, свойства почв и урожай // Почвоведение. 1998. №7. С. 812-819.
2. Козут Б.М., Булкина Л.Ю. Сравнительная оценка воспроизводимости методов определения лабильных форм гумуса черноземов // Почвоведение. 1987. №7. С.38-45.
3. Weil, R.R. et al. Estimating active carbon for soil quality assessment: A simplified method for laboratory and field use // Am. J. of Altern. Agric. 2003. V. 18, № 1. P.3-17.
4. Procedure for the Determination of Permanganate Oxidizable Carbon [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://lter.kbs.msu.edu/protocols/133>. – Проверено 20.01.2013.

ПОЧВЕННО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ ПРИБРЕЖНЫХ ЛЕСОВ

Сабиров А.Т., Жубрин Д.С., Ульданова Р.А.

Казанский государственный аграрный университет, Казань

tasat@list.ru

Почва является важнейшим экологическим фактором в формировании продуктивности и биоразнообразия лесных фитоценозов [2,3,6]. Изучение почвы как компонента биогеоценоза связано с необходимостью проведения фундаментальных исследований для понимания ее свойств, генезиса, как экологического фактора сохранения биоразнообразия растительности, поддержания углеродного баланса в биосфере. Проведение почвенных исследований актуально при установлении соподчиненности типов леса и биоразнообразия растительного покрова к почвенным таксонам, определении зависимости продуктивности древостоев от почвенно-экологических факторов, создании земельного кадастра, экономической оценке лесных земель, изучении эволюции почв лесных насаждений под влиянием антропогенных воздействий.

Особый интерес представляет мониторинг почв прибрежных лесных экосистем. Нами составлена комплексная программа изучения почвенного покрова прибрежных лесов Предволжья Республики Татарстан. Леса региона представлены лиственными и хвойными породами, при этом доминируют широколиственные фитоценозы. Прибрежные территории подвержены эрозии, здесь высока антропогенная нагрузка на лесные экосистемы. Поэтому сохранение плодородия почв природных ландшафтов региона является важной экологической задачей.

Программа исследований включает изучение генезиса и лесорастительных свойств почв лесных экосистем прибрежных зон рек Волги и Свияги, исследование рельефа местности, лесоводственно-таксационных характеристик насаждений с заложением постоянных и временных пробных площадей. Важно оценить почвенно-экологические факторы формирования прибрежных лесных фитоценозов. В лесных почвах определены морфологические, физические, физико-химические показатели. Установлена приуроченность доминирующих лесных фитоценозов района исследования к почвенным таксонам. Были изучены основные типы лесных биогеоценозов, условия произрастания фитоценозов с учётом элементов рельефа, закономерности взаимосвязи внутри лесных экосистем. При исследовании прибрежных лесных биогеоценозов мы основывались на классификации типов леса В.Н.Сукачева. Типы лесных биогеоценозов выделялись с учётом преобладающих видов растений в нижних ярусах фитоценозов. Изученные лесные насаждения произрастают на различных почвах, как по генезису, так и лесорастительным свойствам. На основе обобщения результатов исследований в прибрежных лесах Предволжья Республики Татарстан выделены основные типы почв.

Серые лесные почвы широко встречаются в регионе, формируются в основном на лёссовидных и облессованных делювиальных суглинках. В

изученных прибрежных лесных насаждениях распространён преимущественно подтип серых лесных почв, реже выявлены темно-серые и светло-серые лесные почвы. От светло-серых к темно-серым лесным почвам повышается процесс гумусонакопления. Серые лесные почвы насыщены гумусом (в среднем 5–7% в горизонте A1), обогащены основаниями, элементами питания, имеют среднесуглинистый и тяжелосуглинистый гранулометрический состав, хорошую водопрочную структуру верхних горизонтов. Характерно биогенное накопление в гумусовом горизонте обменных оснований, подвижных соединений калия и фосфора. Данным почвам присуща элювиально-иллювиальная дифференциация профиля. С лесоводственной точки зрения, изученные серые лесные почвы имеют благоприятные физические и физико-химические свойства. Они способствуют формированию продуктивных и устойчивых лесных фитоценозов с богатой и разнообразной растительностью.

В результате многолетних исследований выявлено, что и в Среднем Поволжье значительное распространение имеют бурозёмы. Под пологом прибрежных лесов Предволжья выделены коричнево-бурые лесные почвы на пермских красноцветных отложениях и бурые лесные супесчаные почвы на древнеаллювиальных супесчано-песчаных отложениях, подстилаемые суглинистыми породами.

Коричнево-бурые лесные почвы имеют рыхлое сложение и выраженную комковато-зернистую структуру верхнего горизонта, в нижних слоях плотность возрастает; характерно высокое содержание гумуса в горизонте A1 (6-10%). Данные почвы обеспечены обменными основаниями, элементами питания, имеют благоприятные физические свойства. В прибрежных территориях к настоящему времени выявлены коричнево-бурые лесные оподзоленные, коричнево-бурые лесные типичные и коричнево-темно-бурые лесные почвы тяжелого гранулометрического состава, развитые на элювиальных и элювиально-делювиальных отложениях пермской системы. В коричнево-бурых лесных оподзоленных почвах более выражена дифференциация профиля по гранулометрическому составу, в верхних горизонтах отмечается относительное обеднение илестыми частицами. В этих почвах совмещаются процессы бурозёмообразования и оподзоливания (последнее связано с поверхностным переувлажнением). Коричнево-бурые лесные почвы в регионе обладают оптимальными лесорастительными свойствами, высоким плодородием [2]. На данных почвах в регионе формируются продуктивные, устойчивые, с разнообразным флористическим составом леса (с древостоями преимущественно I-II классов бонитета). Наиболее высокое потенциальное плодородие присуще коричнево-темно-бурым лесным почвам.

Под пологом сосновых фитоценозов с богатым травяным покровом выявлены бурые лесные супесчаные почвы, образованные на древнеаллювиальных отложениях. Аккумуляция гумусовых веществ, элементов питания в верхних горизонтах, наличие суглинистой подстилающей породы повышает лесорастительные свойства бурой лесной почвы. Выделение бурозёмов способствовало дальнейшему углублению представлений о генезисе почв

прибрежных территорий Предволжья, выявлению более тесной взаимосвязи между лесной растительностью, почвами, условиями увлажнения.

В правобережье реки Волги под пологом березовых, липовых, дубовых, сосновых, лиственничных фитоценозов описаны типичные и выщелоченные рендзины, которые формируются на возвышенных местоположениях, склонах в местах выхода к поверхности известняков. Мощность профиля рендзин в основном составляет от 70 до 90 см. Исследованным рендзинам характерны следующие морфологические признаки: лесная подстилка типа муть или мультимодер; гумусовый горизонт А1 ярко выражен и имеет прочную комковато-зернистую структуру; наличие переходного горизонта АВ ореховатой структуры; близкое залегание карбонатной материнской породы. На рендзинах в основном произрастают продуктивные лесные насаждения (с древостоями I-II классов бонитета), с богатым травяным и кустарниковым покровом. В связи с близким залеганием плотных карбонатных слоев (55-70 см) на рендзинах устойчивость к ветровалу древесных пород часто снижается.

Коричнево-темно-бурые лесные почвы и рендзины обладают выраженной структурой верхних горизонтов. В гумусовом горизонте преобладают агрегаты размером от 1 до 7 мм. Высокая оструктуренность характерна и переходному горизонту АВ. Насыщенность почв гумусовыми веществами, кальцием, близкое залегание карбонатной материнской породы способствуют формированию прочных структурных агрегатов. Содержание агрегатов размером 0,25-10 мм по сухому просеиванию в данных почвах составляет преимущественно 72-84%, что характеризует оптимальные параметры структурного состояния почв [1].

Аллювиальные луговые почвы нами изучены в пойме реки Свияга. Характерные признаки: лесная подстилка типа мультимодер; перегнойно-аккумулятивный горизонт темно-серого цвета с сизоватыми тонами, легкоглинистый, с выраженной комковато-зернистой структурой; мощный гумусовый слой А+АВ (34-39 см); комковатый горизонт АВ; слабая ореховатость в сизовато-буром иллювиальном слое; влажноватость нижних горизонтов. Значительному гумусонакоплению способствуют высокое содержание в верхних горизонтах тонкодисперсных частиц, богатство опада растений зольными элементами, интенсивный биологический круговорот веществ в лесных биогеоценозах. Аллювиальным почвам характерен выраженный дерновый процесс, сопровождаемый интенсивным накоплением в верхних горизонтах гумуса (до 6-9%), элементов питания. В нижних слоях аллювиальных почв содержание гумусовых веществ снижается до 0.5-0.7%. Обогащенность аллювиальных почв тонкодисперсными частицами, органическим веществом, питательными веществами, достаточная увлажненность благоприятно сказываются на росте и развитии дуба, осины, липы, ивы, формировании большого разнообразия травяного покрова. Однако периодическое затопление лесных биогеоценозов речными водами, высокая увлажненность почвенного профиля негативно отражается на продуктивности и состоянии фитоценозов: снижается класс бонитета, возрастает количество фауных, сухостойных деревьев. В ряду аллювиальных почв для формирования

устойчивых и высокопродуктивных лесных насаждений более пригодны разновидности с хорошим дренажем.

В прибрежных лесах подробно изучен особый биогеогеографический горизонт – лесная подстилка. Сосновые, еловые и лиственничные экосистемы имеют среднеразложившуюся подстилку типа модер и мультимодер, липовые, дубовые, березовые, осиновые и кленовые биогеоценозы – преимущественно сильноразложившуюся подстилку типа мультимодер, реже – мультимодер, что характеризует интенсивный биологический круговорот веществ в данных лесных экосистемах. В исследованных к настоящему времени сосняках запас подстилки составляет 26,9-38,2 т/га, дубняках и липняках – 8,4-17,2 т/га, кленовнике – 22,1 т/га.

Почвенный покров прибрежных лесов рек Волги и Свияги в Предволжье характеризуется сложным составом, что связано с разнообразием почвообразующих пород, условиями увлажнения, влиянием на почвообразовательные процессы произрастающих на данных почвах как хвойных, так и лиственных лесных фитоценозов. Коричнево-бурые лесные и серые лесные почвы прибрежных территорий имеют наиболее высокие лесорастительные свойства, способствующие формированию продуктивных и устойчивых лесных фитоценозов.

Возрастание влияния антропогенной нагрузки на прибрежные лесные экосистемы Предволжья отражается на состоянии почвенного покрова. Необходим комплексный и непрерывный почвенный мониторинг в лесных формациях региона. Сохранение и воспроизводство лесных ресурсов прибрежных территорий в лесостепной зоне имеет важное лесоводственное значение и должно осуществляться с учётом выполняемых лесными фитоценозами экологических функций, соответствия биоэкологии древесно-кустарниковых пород лесорастительным условиям.

Литература:

- 1. Бондарёв А.Г., Кузнецова И.В. Агрофизический блок в моделях плодородия почв, приёмы управления // Бюл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. 1988. Вып. 48. С. 55-58.*
- 2. Газизуллин А.Х., Сабиров А.Т. Буроземообразование и псевдооподзоливание в почвах лесов Среднего Поволжья и Предуралья. Йошкар-Ола: МарГТУ, 1997. 204 с.*
- 3. Зонн С.В. Почва как компонент лесного биогеоценоза // Основы лесной биогеоценологии. М., 1964. С. 372-457.*
- 4. Гришина Л.А. Гумусообразование и гумусное состояние почв. М., Изд-во МГУ, 1986. 244 с.*
- 5. Сабиров А.Т. Взаимосвязь почв и растительности в природных ландшафтах: Учебное пособие. Казань: Изд-во «ДАС», 2001. 102 с.*
- 6. Сабиров А.Т., Газизуллин А.Х. Почвенно-экологические условия произрастания еловых и пихтовых фитоценозов Среднего Поволжья. Казань: Изд-во «ДАС», 2001. 207 с.*

БАЗА ДАННЫХ МНОГОЛЕТНЕГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ТЕРРИТОРИЙ ИНТЕНСИВНОГО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Сахабиев И.А., Рязанов С.С.

*Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань
ihnassoil@yandex.ru*

Корректная и плодотворная реализация программы мониторинга природной среды неотъемлемо связана с учетом, описанием, накоплением, сохранением и оперативным изъятием информации по объекту мониторинга. Многолетнее изучение почвенного покрова страны сопровождается накоплением огромного материала данных по почвам, в частности по гумусовому фону почв, как одному из основных показателей благосостояния почвенного покрова. Накопившийся огромный массив данных должен быть фактически и без потерь реализован в электронных базах данных мониторинга природной среды.

На кафедры почвоведения Казанского федерального университета разработана электронная база данных многолетнего состояния почвенного покрова территорий интенсивного сельскохозяйственного использования. В качестве объекта исследования выбраны территории Государственных сортоиспытательных участков (ГСУ). Теоретической основой выбора территорий Государственной сортоиспытательной сети в качестве объекта мониторинга являлось то, что почвенный покров ГСУ на данном этапе представляет собой наиболее обследованные территории Республики Татарстан. Также следует отметить, что сортоучастки имеют преимущество перед остальными полигонами, так как они позволяют охватить практически весь спектр главнейших типов почв, так как при организации сети ГСУ был взят за основу принцип распределения сортоучастков на типичных участках агроландшафта с учетом зонального распространения почв.

Начиная с 1935 г. (момент основания ГСУ) до 1990 г., был осуществлен комплекс полевых и лабораторных исследований почв. Основываясь на данных этих исследований, реализованных в базе данных, можно последить в хронологическом режиме изменение химических, физических и морфологических показателей почв.

Структура базы данных многолетнего состояния почвенного покрова территорий интенсивного сельскохозяйственного использования разработана в среде СУБД Microsoft Access, входящий в пакет Office. Пользовательский интерфейс базы данных создан в среде программирования Embarcadero Rad Studio Delphi XE4. В основе базы данных лежит концептуальная информационно-ресурсная модель разрозненных, абстрагированных данных, которые представлены в виде следующей иерархической цепочки: ПОЧВА-ПРОФИЛЬ-ГОРИЗОНТ-ОБРАЗЕЦ.

База данных представляет собой модель реляционного типа. Структуру базы данных составляют иерархично упорядоченные двумерные таблицы,

связанные друг с другом посредством кодов-связок. Таблицы имеют взаимосвязь друг с другом в большинстве случаев реализованную посредством связей один-ко-многим. Интерфейс базы организован с помощью составных форм, облегчающих ввод данных.

Начальная таблица содержит данные об административных районах республики. Следующая таблица «Участок» включает информацию о хозяйстве обследования, а также данные географического, геологического, геоморфологического, ботанического, почвенного описания ГСУ. Связь между таблицей «Участок» с последующими таблицами, содержащими информацию о почвенных разрезах, осуществлена с помощью таблицы «Обследования», в которой отражены сроки обследования ГСУ. Таблица информации о почвах связывается с таблицей информации о почвенных горизонтах и с таблицей «Морфология», включающей информацию об изменениях мощности горизонтов. Таблица «Морфология», отражающая морфологическое описание почвенных горизонтов, имеет связь с таблицей «Профиль», в которую включены данные о почвенных горизонтах, так же она связана с таблицами: «Химические показатели почв», «Данные гранулометрического анализа», «Данные структурно-агрегатного анализа», «Данные микроагрегатного анализа», «Водно-физические показатели почв», «Физические показатели почв». В отдельный блок выведена информация о площадных агрохимических измерениях почв. Ввиду того, что данные получены из результатов обследований разных лет, дополнительно в базе реализованы поля с содержанием методик определения показателей почвенного плодородия.

Для быстрой обработки массива данных вся информация в базе имеет числовой тип данных. Это достигается путем создания так называемых словарей-полей со списком, которые включают в себя не изменяющиеся, устоявшиеся данные, данные ограниченного количества и данные, наиболее часто используемые пользователем. Использование словарей позволяет облегчить ввод информации и исключает ввод неверной, недостоверной, ошибочной информации, что играет важную роль в процессе правильного использования базы данных.

В созданной базе доступны ввод данных, их редактирование, система запросов пользователя. Запросы построены таким образом, чтобы неспециалист по возможности доступным и оперативным образом получал всю необходимую ему информация по почвенному покрову ГСУ и его плодородию.

УГЛЕРОД МИКРОБНОЙ БИОМАССЫ И МИКРОБНОЕ ПРОДУЦИРОВАНИЕ
ДВУОКСИ УГЛЕРОДА АГРОДЕРНОВО-МЕЛКОПОДЗОЛИСТОЙ
ТЯЖЕЛОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВОЙ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ЗОЛЫ
БИОЛОГИЧЕСКИХ ОТХОДОВ

Субботина М.Г.¹, Кузнецова Т.В.², Михайлова Л.А.¹

¹ Пермская государственная сельскохозяйственная академия имени академика
Д.Н.Прянишникова, Пермь
subbotina@mail.ru

² Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,
Пушино

Научно-технический прогресс и ограниченность природных ресурсов давно обуславливают применение отходов в качестве удобрений и мелиорантов в сельскохозяйственном производстве. Широкое использование технологий термической обработки биологических отходов при производстве мясной, птицеводческой и рыбной продукции приводит к накоплению золы и шлаков от установок термического обезвреживания на предприятиях. Исследованиями установлено, что данную золу, целесообразно использовать в качестве фосфорного удобрения под сельскохозяйственные культуры на дерново-подзолистых тяжелосуглинистых почвах Предуралья [3-4]. Агрохимическая ценность данного отхода определяется содержанием в нем ряда элементов минерального питания растений CaO (19-32 %), P_2O_5 (15-23 %), MgO (1-2 %), SiO_2 (10-23 %), K_2O (1 -3 %) и др. Однако, не накоплено достаточно данных по действию такой золы на биологические свойства почв.

Сведения о роли микробной биомассы и эмиссии CO_2 почвой достаточно важны для оценки антропогенного воздействия на почву, состоянии её органического вещества. Определение микробного углерода методом субстратиндуцированного дыхания (СИД) - весьма эффективный подход в экологических исследованиях, в последние годы находит широкое распространение в России.

Цель настоящей работы – изучить изменение содержания углерода микробной биомассы методом СИД и её дыхательной активности под влиянием золы биологических отходов.

Объектом исследования была дерново-подзолистая тяжелосуглинистая почва (Пермский край, Пермский район) отобранная с глубины пахотного горизонта. Почва характеризовалась следующими агрохимическими показателями: Сорг – 2,3 %; pH_{KCl} – 5,5; $\text{pH}_{\text{водн.}}$ – 6,8; Hg – 2,7 мг-экв/100 г почвы; содержание подвижного фосфора 112 мг/кг почвы; обменного калия – 129,6 мг/кг почвы (в вытяжке 0,2 М KCl). Исследования проводили в вегетационном опыте в 2012 г. при выращивании кормовой свёклы. Схема опыта предусматривала сравнительную оценку действия золы как комплексного удобрения с традиционными формами минеральных удобрений (1. контроль; 2. фон - $\text{N}_{0,3}\text{K}_{0,3}$; 3. фон+ $\text{P}_{\text{зола}0,2}$; 4. фон+ $\text{P}_{\text{сг}0,2}$; 5. фон+ $\text{P}_{\text{сг}0,2}+\text{CaO}_{\text{экв.золе}}$; 6. фон+ $\text{P}_{\text{сг}0,2}+\text{CaO}_{\text{экв.золе}}+\text{MgO}_{\text{экв.золе}}+\text{K}_2\text{O}_{\text{экв.золе}}$). Под свёклу вносили P_2O_5 по 0,2

г/кг почвы, MgO по 0,04 г/кг и CaO по 1,2 г/кг. В качестве контроля были приняты вариант без внесения удобрений и вариант с фоновым внесением N и K₂O по 0,3 г/кг абсолютно сухой почвы. Из удобрений использовали суперфосфат гранулированный, калий хлористый, аммиачную селитру и химически чистые соединения MgO и CaO. Опыт проводили по стандартной методике, изложенной З.И. Журбицким (1968) [2]. Повторность вариантов шестикратная.

При проведении опыта использовали сосуды Митчерлиха ёмкостью 6 кг воздушно-сухой почвы. Высевали по 5 проростков на сосуд, оставляли после прореживания всходов по 1 растению. В уход за посевами входили прополка и полив растений. Влажность поддерживали на уровне 60 % ППВ. Отбор почвенных проб проводили во время уборки корнеплодов, период вегетации свёклы составил 120 дней. В почвенных образцах определяли уровень потенциальной эмиссии CO₂ при температуре 28С° с добавлением и без добавления глюкозы [1]. Углерод микробной биомассы рассчитывали по формуле: Смик = СИД*40,04+0,37 [5]. Удельное дыхание микробной биомассы (микробный метаболический коэффициент, qCO₂) рассчитывали как отношение скорости базального дыхания к микробной биомассе: БД/Смик = qCO₂ [1]. рН – в водной суспензии, соотношение почва : вода 1:5 и в вытяжке 1н KCl, соотношение почва : раствор 1:2,5. Подвижный фосфор и обменный калий в почве определяли в вытяжке 0,2 н KCl. Математическая обработка полученных результатов исследований проведена по методике Б.А. Доспехова и с использованием описательной статистики программы Microsoft Excel.

Результаты исследований показали, что Смик почвы на вариантах с внесением золы биологических отходов была выше, чем на вариантах с внесением традиционных удобрений (349,2 ± 29,5 и 193,7 ± 25,8 – 310,6 ± 27,1 мкг С г⁻¹ почвы соответственно). Скорость БД при внесении золы биологических отходов находилась на одном уровне с контрольным вариантом (0,33-0,36 ± 0,04 мкг С-CO₂ г⁻¹ ч⁻¹). Достоверно высокое среднее qCO₂ отмечено на варианте с внесением суперфосфата и фоновом внесении азотно-калийных удобрений (2,08 и 1,68 мкг С-CO₂ г⁻¹Смик ч⁻¹ соответственно) относительно других вариантов.

Такой «микробный стресс» мог быть вызван подкислением реакции среды почвы в силу физиологических особенностей использованных удобрений, что подтверждается результатами измерения рН водной вытяжки и вытяжки раствором 1 М KCl. Внесение азотно-калийных удобрений и суперфосфата снижало значение рН_{KCl} в среднем на 0,6, а внесение золы увеличивало на 0,6. Установлены тесные корреляционные связи между рН и Смик. Коэффициент корреляции Смик с рН_{H2O} составил 0,95, а с рН_{KCl} – 0,84.

Суммируя результаты измерения эмиссии CO₂ и изменения углерода микробной биомассы, можно заключить, что в нашем эксперименте степень воздействия на устойчивость микробного сообщества дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почвы при внесении золы в сравнении с другими формами

удобрений ниже, что допускает её использование в качестве удобрения наряду с традиционными формами.

Литература:

1. Ананьева, Н.Д. *Микробиологические аспекты самоочищения и устойчивости почв*. М.: Наука, 2003. 223 с.
2. Журбицкий З.И. *Теория и практика вегетационного метода*. М.: Наука, 1968. 266 с.
3. Субботина М.Г., Михайлова Л.А., Акманаева Ю.А., Попова С.И., Юнникова Л.П., Башков А.С. Действие золы от термического обезвреживания биологических отходов на урожайность зерна ячменя, возделываемого на дерново-мелкоподзолистой тяжелосуглинистой почве Предуралья // *Аграрный Вестник Урала*. 2012. №2(94). С. 15-16.
4. Субботина М.Г., Михайлова Л.А., Алёшин М.А. Влияние золы биологических отходов на урожайность и качество гороха *Pisum sativum* в условиях дерново-мелкоподзолистой тяжелосуглинистой почвы Предуралья // *Проблемы агрохимии и экологии*. 2013. №1. С. 22-26.
5. Anderson J.P.E., Domsch K.H. A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soils // *Soil Biol. Biochem.* 1978. V.10. №3. P. 215-221.

ОСОБЕННОСТИ КАРТОГРАФИРОВАНИЯ ГУМУСА ПАСТБИЩНЫХ
КАШТАНОВО-СОЛОНЦЕВАТЫХ ПОЧВЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ ДОЛИНЫ
МАНЫЧА

Сушко К.С.

*Институт аридных зон Южного научного центра РАН,
Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону
kirkka@yandex.ru*

Долина Маныча является одной из немногих территорий на юге России, где естественные сухостепные ландшафты сохранились в значительной степени. Зональным типом почв здесь является каштановый, вместе с тем, почвенный покров отличается значительной сложностью и комплексностью. Комплексность почвенного покрова определяют природные факторы в сочетании с антропогенными.

К природным факторам относятся сложный мезо- и микрорельеф, различный характер увлажнения, развитие солонцового процесса, формирование солончаковых почв, изменяющийся уровень грунтовых вод и повышенная их минерализация.

Среди антропогенных факторов основным является перевыпас сельскохозяйственных животных, а также использование минерализованных вод для орошения и распашка залежных и целинных земель [1, 2]. Все перечисленные факторы в той или иной степени влияют на содержание гумуса в почвах.

За последние пять лет, постоянно отмечается возрастание неучтенного поголовья скота, выпасаемого на пастбищах долины Маныча. Особенно велико количество овец. Это на сегодняшний день служит основной причиной усиления антропогенного воздействия на почвенный покров.

Изучение природных и антропогенных трансформаций почв проводились в 2010-2013 г.г. во время комплексных экспедиций на территории Орловского района Ростовской области в окрестностях научно-экспедиционного стационара ЮНЦ РАН «Маныч».

При полевых работах применялся метод эколого-географического профилирования. Профили закладывались с учетом форм мезорельефа (от водораздела до направления русла водотока) по направлению геохимического стока. Опорные почвенные разрезы закладывались на расстоянии 500 м друг от друга [4]. Также были заложены разрезы по периферии района исследований (рис.1).



Рис. 1. Карта схема расположения точек профилей

Наиболее заметно в пастбищных почвах сокращение содержания гумуса, органического вещества почвы, которое является интегральным показателем плодородия [2] (рис.2).

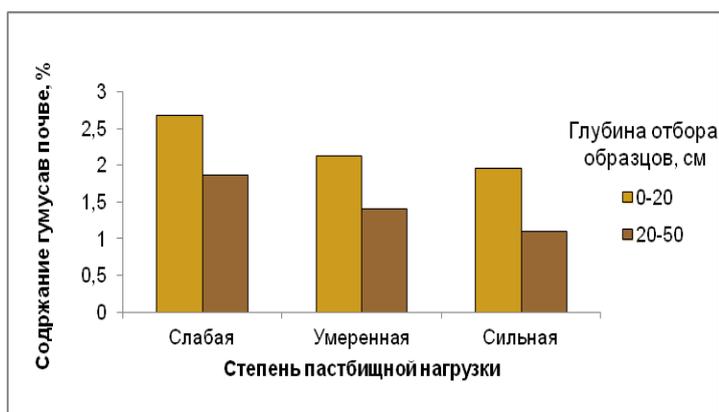


Рис.2. Динамика содержания гумуса в почвах под воздействием пастбищной нагрузки

земель были использованы материалы пяти экспедиций, многозональные космоснимки Landsat и AWiFS, топографические карты М 1:100000, 1:200000;

В лабораторных условиях на НЭС Маныч ЮНЦ РАН определялось содержание гумуса методом Тюрина в модификации Орлова и Гриндель [6];

Установлено, что при пастбищной нагрузке меняется химический состав почв, так как в вывеваемых ветром, вследствие выпаса, частицах почвы и агрегатах (менее 0,1 мм) содержится основная часть гумуса, поглощенных оснований, элементов питания для растений.

Спектрофотометрическое определение гумуса почв показало, что наиболее гумусированны верхние слои почвы, особенно на участках с ненарушенной растительностью, где гумуса было 3,60-3,85%, в то время как на участках с пастбищной нагрузкой содержание гумуса не превышало 2,42%.

Для картирования содержания гумуса пастбищных

почвенная карта М 1:25 000 госплемзавода «Орловский», Орловского района Ростовской области. Применялись программные продукты ArcGIS и ENVI.

Был создан цифровой полигональный слой «Почвы» системе координат WGS_1984_UTM_Zone_38N, отвекторизованы все почвенные контуры. В атрибутивную таблицу слоя вносились данные об основных типах и разновидностях почв. Затем на готовый слой были наложены точки профилей, заложенных в ходе полевых исследований. В таблицу атрибутов точечного слоя вносились сведения, полученные в результате полевых, камеральных и лабораторных работ. Помимо этого была осуществлена дополнительная привязка карт по спутниковым снимкам.

Установлено, что для естественных пастбищных угодий, основным дешифровочным признаком деградации является снижение проективного покрытия растений и изменение цвета открытых участков почвы. Отражение проективного травянистого покрытия определяет как величину фототона изображения, так и параметры распределения пикселей.

По этим параметрам осуществляется дистанционная оценка состояния пастбищ. При этом они являются комплексным показателем, позволяющим определить как состояние травостоя, уровень деградации пастбищ и соответственно потери гумуса.

На основании данных материалов составлена картосхема гумусного состояния почв долины Маныча в пределах Ростовской области.

Разработанная технология мониторинга и картографирования гумуса пастбищ по данным дистанционного зондирования дает возможность определить степень дегумификации земель. Также отмечаются места интенсивного проявления потерь органического вещества почвы, и появляется возможность проанализировать использование земель в естественных и антропогенных ландшафтах, обосновать направления устойчивого развития территории.

According to the results of field work was studied the humus content in the soil of the Manych valley. Found that in the pasture soils, the humus content drops sharply, depending on the degree of grazing impact. On the basis of remote sensing data, maps, and field observations was created the GIS project, describing the condition of humus soil of the pastures of Manych valley.

Литература:

- 1. Ильина Л. П. Особенности формирования и свойства почв заповедника «Ростовский» // Мониторинг природных экосистем долины Маныча: Труды ФГУ «Государственный природный заповедник «Ростовский»». Выпуск 4. Ростов н/Д: Изд-во СКНЦ ВШ ЮФУ, 2010. С.5-15.*
- 2. Ильина Л.П., Невидомская Д. Г., Польшина Т. Н. Состав и свойства сухостепных каштаново-солонцовых комплексов бассейна озера Маныч-Гудило// Современное состояние и технологии мониторинга аридных и семиаридных экосистем юга России. Ростов-на-Дону: Изд-во ЮНЦ РАН, 2010. С. 129-138.*
- 3. Кауричев, И. С. Практикум по почвоведению. М.: Колос, 1980. 280 с.*

4. Лебедев П.П. *Земельно-ресурсное картографирование*. М.: Недра, 1992. 78 с.
5. Матишов Г.Г., Голубева Н.И. *Значение аридных и семиаридных зон в системе современного природопользования России // Современное состояние и технологии мониторинга аридных и семиаридных экосистем юга России*. Ростов-на-Дону: Изд-во ЮНЦ РАН, 2010. С. 11-18.
6. Орлов Д.С., Гришина Л.А. *Практикум по химии гумуса*. М.: Изд-во МГУ, 1981. 271 с.

ГЛИНО-ОРГАНИЧЕСКИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В ПОЧВАХ КАК ЗВЕНО
ОСАДОЧНОГО ПРОЦЕССА ПРИ ФОРМИРОВАНИИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ И
ПРОЯВЛЕНИЙ ВТОРИЧНЫХ БЕНТОНИТОВ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ РОССИИ

Шинкарев А.А.(мл), Шинкарев А.А., Гиниятуллин К.Г.

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань

ashinkar@mail.ru

В настоящее время можно уверенно констатировать наличие взаимосвязи между реальной структурой глинистых минералов с лабильной кристаллической решеткой и связыванием органического вещества (ОВ) в устойчивую к окислительной деструкции форму при трансформации осадочных отложений в процессе формирования почв [1,2]. Взаимосвязь экспериментально показана комплексными профильными исследованиями лесостепных почв при последовательном соблюдении операций:

проверка исходной вертикальной однородности профилей по индексным элементам;

оценка интенсивности выветривания по профильным распределениям значений геохимических коэффициентов выветривания;

выделение препаратов фракции <2,5 мкм из профильных образцов после удаления карбонатов и органического вещества;

определение в препаратах содержания ОВ устойчивого к окислительной деструкции; характеристика летучих компонентов во всем интервале температур, в котором потери массы могут быть связаны с удалением ОВ методами ТГ-Фурье-ИК спектроскопии;

определение концентрации смектитовых компонентов во фракции <2,5 мкм рентгенографическим фазовым анализом с использованием компьютерной программы Sybilla[©] (Chevron Energy Company) и независимыми методами (адсорбционно-люминесцентный анализ и термогравиметрический анализ);

изучение структурного состояния ионов железа во фракции <2,5 мкм методами мёссбауэровской спектроскопии.

Установлено, что формирование органо-смектитовых композиций с неупорядоченной по кристаллографической оси с* структурой, в которых ОВ связано не только на поверхности глинистых частиц, но и интеркалировано в лабильном межслоевом пространстве, является обычным и универсальным механизмом трансформации глин при почвообразовании в условиях лесостепи.

Этот феномен может иметь прямое отношение к характеристике структурных особенностей смектитов месторождений и проявлений вторичных бентонитов в Центральной России. Однако научный поиск в этом направлении в почвоведении и осадочной геологии до настоящего времени практически не проводился.

Главным источником монтмориллонитовых глин – бентонитов являются пласты преобразованного вулканического пепла, но в пределах Центральной России значимых месторождений подобного типа нет. В качестве альтернативных, используются вторичные бентониты, отложенные в солоноватоводных или пресноводных бассейнах за счет продуктов деградации вторичных слюд при активном участии биокосных явлений. Структурные особенности глинистых минералов конкретной залежи могут быть результатом биокосных взаимодействий не только в процессе накопления осадков, но и на стадии выветривания на палеоводосборах, где зонами наиболее интенсивного взаимодействия органического вещества с глинистыми минералами и реализации биокосных процессов являются почвы. Начиная с девона образование, разрушение, снос и переотложение материала почв или их погребение являются постоянным звеном осадочного процесса, и большая часть твердого речного стока представлена материалом почвенных профилей на той или иной стадии их развития. Почвообразовательный процесс развивался также и на значительных территориях прибрежно-морских равнин. Развитие ландшафтов с активно протекающим почвообразованием с большой долей вероятности предполагается для низинных прибрежных равнин, возникших во время регрессии. При трансгрессиях обогащенный органическим веществом почвенный материал мог поступать в моря и накапливаться. Следовательно, существуют исходные теоретические предпосылки для того, чтобы допустить, что структурные особенности глин конкретной залежи могут иметь почвенную предысторию, а органоминеральные взаимодействия в почвах – рассматриваться как звено осадочного процесса при формировании месторождений и проявлений вторичных бентонитов в Центральной России.

Для ориентировочной проверки этого предположения целесообразно провести эксперименты по изучению взаимосвязи между реальной структурой глинистых минералов с лабильной кристаллической решеткой и связыванием ОВ в устойчивую к окислительной деструкции форму, выбрав в качестве объектов глинистые осадочные породы.

На территории РТ пользуются значительным распространением глины четвертичного возраста, ранне-кайнозойских, мезозойских и познепалеозойских отложений. В экспериментах использованы образцы глинистых пород пермского (глины морских карбонатных фаций уфимского, казанского и уржумского ярусов), юрского (верхнеюрские мелководно-морские отложения), мелового (нижне- и верхнемеловые глины прибрежно-морской и морской мелководной фаций), плиоценового (верхнеплиоценовые бентонитоподобные глины опресненной лагунно-морской и пресноводной озерно-болотной фаций акчагыльского яруса) и четвертичного (склоновая субфация) комплексов. Они

представляют широкий спектр проявлений и месторождений РТ и образуют толщи значительной мощности с обширными площадями близповерхностного залегания.

Показано, что тонкодисперсная фракция представительного спектра проявлений и месторождений глинистых пород пермского, юрского, мелового, плиоценового и четвертичного комплексов на территории РТ содержит устойчивое к окислительной деструкции сингенетическое ОВ. Наличие ОВ четко диагностируется по результатам элементного органического анализа препаратов.

На кривых дифференциальной сканирующей калориметрии препаратов четко проявляются экзотермические эффекты в температурном интервале 300-400 °С. Экстракция ИК-спектров так же, как и для почв показывает, что в процессе нагревания из образцов удаляются не только обычные продукты дегидратации и структурной трансформации тонкодисперсных минералов. Мы также имеем дело со сложной смесью летучих органических компонентов.

Сравнение рентгеновских спектров базальных отражений показывает, что предварительная обработка 30% H_2O_2 глинистых пород пермского, юрского, мелового, плиоценового и четвертичного комплексов на территории РТ приводит к усилению первого базального отражения, симметричности и уменьшению полуширины, при сохранении формы базальных отражений принадлежащих другим глинистым минералам (слюда, хлорит, каолинит).

В рекогносцировочных экспериментах показано однотипное поведение смешанослойных фаз (с высоким содержанием смектитовой компоненты) во фракции с размером частиц <2,5 мкм, выделенных из лесостепных почв и глинистых осадочных отложений. Однако для корректной оценки генетической связи между почвами и глинистыми осадочными породами необходима качественная и количественная характеристика ОВ связанного глинистыми минералами с лабильной кристаллической решеткой в устойчивой к окислительной деструкции форме.

Литература:

1. *Giniyatullin K.G., Shinkarev A.A. (Jr.), Shinkarev A.A., Krinari G.A., Lygina T.Z., Gubaidullina A.M., Kornilova A.G., Melnikov L.V. Irreversible fixation of organic components in labile interspaces as a mechanism for the chemical stabilization of clay-organic structures // Eurasian Soil Science. 2012. V.45. No.11. P.1068-1080.*
2. *Shinkarev A., Shinkarev A., Giniyatullin K., Krinari G., Islamova G., Lygina T. Biogenic transformation of clay minerals in forest-steppe soils // Abstracts of the 4th International congress of the European confederation of soil science societies (EUROSOIL 2012). Bari, 2012. P. 1985.*

ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО ПАХОТНЫХ ПОЧВ ЗАГРЯЗНЯЕМЫХ ПОВЕРХНОСТНЫМ СТОКОМ С ТЕРРИТОРИИ ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ НЕФТЯНЫХ СКВАЖИН

Шинкарев А.А., Гордеев А.С., Гайнуллина Л.А.

*Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань
ashinkar@mail.ru*

Органо-минеральный комплекс природной почвы, как функциональная система, самоорганизуется и эволюционирует в пространственно-временном континууме повторяющегося ряда последовательных воздействий, которые являются факторами ее структурной организации, поскольку именно они производят своего рода первичный естественный отбор, работающий таким образом, чтобы те элементы структуры, которые не смогли обеспечить устойчивость, элиминировались. Функции представляют собой те формы ответа системы на повторяющиеся ряды внешних воздействий, которые позволяют поддерживать кинетическую стабильность органического вещества (ОВ) и метастабильных вторичных силикатов в данной комбинации внешних условий [5]. Поэтому в настоящее время особый интерес представляет изучение ОВ почв подвергающихся систематически повторяющемуся техногенному загрязнению углеводородами в наименьшей степени доступными для микробного разложения – парафиновыми и асфальтеново-смолистыми компонентами нефти. Теоретически такое воздействие должно приводить к адаптации и перестройке функциональной структуры ОВ.

Объект исследования – типичный чернозем на территории Ульяновского месторождения, которое разрабатывается на юго-востоке РТ 40 лет, начиная с 1972 года. Выбран типичный участок промышленных площадок с кустовыми скважинами и станками-качалками. Он расположен так, что поверхностный сток воды с его территории сначала проходит через линейно вытянутое неглубокое понижение рельефа с уклоном вдоль оси, расположенное на пашне, а затем поступает в ложбину ручья с берегами, покрытыми естественной растительностью. Исследованы смешанные образцы из верхнего слоя, отобранные на участке пашни подверженном систематическому загрязнению поверхностным стоком с территории эксплуатируемых нефтяных скважин и образцы фоновых почв –пахотной и залежной.

Анализ суммы нефтепродуктов в почвах чаще всего основан на их извлечении малополярными органическими растворителями. Одним из универсальных экстрагентов считается хлороформ, который одновременно является и наиболее эффективным растворителем почвенных липидов. И те и другие представляют собой не химически идентифицируемые классы органических соединений, а аналитические группы веществ, объединяемых по характеру растворимости. Поэтому далее используется термин «липидная фракция». Обычная процедура экстракции липидов из почвенной массы часто не обеспечивает полного их извлечения, поскольку они могут частично связываться с гумусовыми веществами и минералами тонкодисперсных фаз.

Суммарное содержание липидной фракции определяли как группу веществ, экстрагируемых хлороформом в аппаратах Сокслета (48 ч) из одного образца до («свободные липиды») и после («связанные липиды») его обработки водным раствором 2.5% HF и 2.5% HCl, придерживаясь прописи приведенной в руководстве [3]. Используемая в предварительной подготовке образцов к извлечению фракции «связанных липидов» HCl, дает возможность высвободиться липидам, связанным катионами, а HF – липидам, связанным с органо-минеральной матрицей. Определение содержания углерода проводили прямым методом мокрого сжигания $K_2Cr_2O_7$ в смеси концентрированной H_2SO_4 и 85% H_3PO_4 (3:2) в пробирках специальной конструкции [6]. Содержание CO_2 , поглощенного в ячейке с раствором щелочи, определяли титриметрически. При анализе липидных фракций в пробирки помещали дозатором аликвотные части экстрактов, концентрировали их и высушивали в сушильном шкафу (50 °C, 48 ч).

Установлено, что суммарное («свободные липиды»+«связанные липиды») содержание углерода липидной фракции в верхнем слое пахотных почв, подвергавшихся систематическому загрязнению поверхностным стоком с территории эксплуатируемых нефтяных скважин, существенно превышает ее содержание в фоновой пахотной почве и в фоновой залежной почве. По сравнению с фоновой пахотной почвой в наиболее удаленной точке это содержание выше приблизительно в 5 раз, а в точке расположенной ближе к участку промышленных площадок с кустовыми скважинами и станками-качалками – в 7 раз.

Различия между пахотными почвами, подвергавшимися систематическому загрязнению поверхностным стоком, и фоновой пахотной почвой могут быть выражены в виде доли углерода липидной фракции («свободные липиды»+«связанные липиды») от общего органического углерода. Установлено, что она может составлять вплоть до 26% в точке расположенной ближе к участку промышленных площадок. Однако такой расчет не вполне корректен, поскольку в загрязненных почвах будет сильно завышаться исходное содержание углерода. Поэтому более корректно рассчитать эту долю, в % от углерода нелипидного остатка ОВ (то есть от разности между общим содержанием углерода в образце и суммарным содержанием в нем углерода липидов). В фоновых почвах из-за невысокого содержания липидов скорректированный подход приводит лишь к незначительному увеличению доли углерода липидов от общего. Зато в пахотных почвах, подвергавшихся систематическому загрязнению, эта доля составляет уже от 1/4 до 1/3.

Большая часть функциональных групп на органических поверхностях почв способна к образованию водородных связей с молекулами воды. Однако биологические макромолекулы, которые трансформируются в ОВ, могут быть гидрофильными, гидрофобными или обладать способностью в той или иной мере проявлять оба свойства в зависимости от соотношения гидрофильных и гидрофобных участков в молекуле. В составе ОВ идентифицирован широкий набор структурных фрагментов, потенциально ответственных за формирование

как гидрофильных, так и гидрофобных свойств. Тем не менее, экспериментально показано, что ОВ в почвах всегда функционирует как очень полярная среда [4].

Простым подходом к характеристике гидрофобных свойств будет оценка сорбционных свойств поверхностей твердых фаз почвы в отношении воды, например, экспериментальное определение изотерм десорбции паров воды из образцов почв, над насыщенными растворами различных электролитов. Хорошо известно, что при одинаковой влажности почвы содержание гигроскопической влаги в ней зависит от ее гранулометрического состава и содержания ОВ. Соответственно при прочих равных условиях способность почвы удерживать прочносвязанную воду должна возрастать с ростом содержания ОВ.

Определение изотерм десорбции проводили гигроскопическим методом сорбционного равновесия [2]. При анализе изотерм десорбции паров воды обнаружено явление, которое полностью противоречит обычным представлениям о взаимосвязи между содержанием ОВ и гигроскопической влаги. Для фиксированных значений относительного давления паров воды показана сильная отрицательная корреляция между этими показателями, у которой может быть только одно объяснение – изменение качественного состава органического вещества, приводящее к ослаблению гидрофильных и к росту гидрофобных свойств. Гидрофобизация, определенно, может быть связана с содержанием липидной фракции в образцах. Действительно, сопоставление данных по гигроскопической влаге и суммарному содержанию липидной фракции обнаруживает уже очень сильную отрицательную корреляцию.

Существуют косвенные экспериментальные свидетельства включения нефтяных углеводородов или их фрагментов в структуру гумусовых веществ, полученные в условиях микрополевых опытов [1]. Возникает вопрос: в каких фазах компоненты липидной фракции находятся в пахотных почвах, подвергавшихся систематическому загрязнению поверхностным стоком с территории эксплуатируемых нефтяных скважин в течение десятков лет? В исходных образцах фазовая диагностика липидов чрезвычайно затруднительна. Для разделения твердых фаз почвы широко применяют методы физического фракционирования по удельной плотности в тяжелых жидкостях. Удельная плотность асфальтеновых компонентов нефти обычно принимается $<1,1 \text{ г/см}^3$. Поэтому для микроскопических исследований отделяли фракцию с удельной плотностью $<1,6 \text{ г/см}^3$, используя в качестве тяжелой жидкости концентрированный раствор KI. Диспергацию образцов в тяжелой жидкости проводили путем интенсивного механического перемешивания. Принято считать, что во фракции с удельной плотностью $<1,6 \text{ г/см}^3$ содержатся органические компоненты различной степени гумификации непрочно связанные с минеральной частью почвы. Легкую фракцию выделяли из почвенных образцов до и после и после исчерпывающей экстракции хлороформом. Препараты для просвечивающей электронной микроскопии

готовили путем нанесения разбавленной суспензии на коллодиевую плёнку с медной сеткой-подложкой.

Просвечивающая электронная микроскопия препаратов легкой фракции загрязняемых почв показала присутствие аморфизованных органических фаз типичных для мицеллярных и коацерватных структур асфальтеновых компонентов нефти. В препаратах легкой фракции из пахотной почвы в точке, расположенной ближе к участку промышленных площадок с кустовыми скважинами и станками-качалками, доминируют сфероидальные образования со средним диаметром 200 нм. Края их нерезкие, размытые, сложены агрегированными субмицеллярными частицами. В препаратах легкой фракции из пахотной почвы в точке, наиболее удаленной от источника систематического загрязнения, преобладают равномерно диспергированные округлые частицы с неясными проявлениями ребер и граней и низкой плотностью (полупрозрачные для электронного луча) с размером 10-50 нм. В фоновой пахотной почве и образцах систематически загрязняемых почв после исчерпывающей экстракции хлороформом во фракции с удельной плотностью $<1.6 \text{ г/см}^3$ подобные структуры не обнаружены.

Систематическое загрязнение пахотных почв юго-востока Республики Татарстан поверхностным стоком с территории эксплуатируемых кустовых нефтяных скважин, приводя к значительному накоплению липидной фракции в составе органического вещества, приводит, в свою очередь, и к изменению сорбционных свойств поверхностей твердых фаз почвы в отношении воды. В составе тонкодисперсных фаз появляются особые по составу и сорбционному поведению кинетически устойчивые органические и органо-минеральные структуры, нехарактерные для природных почв. Происходит постепенное формирование новых типов функционирующих органо-минеральных почвенных систем, ранее не существовавших в природе.

Литература:

1. Бакина Л.Г. Роль фракций гумусовых веществ в почвенно-экологических процессах: Автореф. дис. ... докт. биол. наук. СПб, 2012. 50 с.
2. Манучаров А.С., Черноморченко Н.И., Харитонова Г.В. Удельная поверхность почв // Теории и методы физики почв. М.: «Гриф и К», 2007. С. 130-165.
3. Pansu M. Gautheyrou J. Handbook of soil analysis. Mineralogical, organic and inorganic methods. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2006. 993 p.
4. Pennell K.D. Surface area of soil organic matter reexamined / K.D. Pennell, S.A. Boyd, L.M. Abriola // Soil Sci. Soc. Am. J. 1995. V. 59. P. 1012-1018.
5. Shinkarev A.A., Giniyatullin K.G., Krinari G.A, Gnevashev S.G. Systems approach to the study of clay-humus interactions in soils // Euras. Soil Sci. 2003. V. 36, N 4. P. 430-438.
6. Snyder J.D., Trofimow J.A. A rapid accurate wet oxidation diffusion procedure for determining organic and inorganic carbon in plant and soil samples // Commun. Soil Sci. Plant. Anal. 1984. P. 587-597.

СТРУКТУРНЫЕ ОТДЕЛЬНОСТИ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМАХ ЕЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Яшин М.А., Когут Б.М.

Почвенный институт имени В.В. Докучаева РАСХН, Москва

mixalih86@mail.ru, kogutb@mail.ru

Проблема деградации пахотных почв в значительной степени обусловлена потерей органического вещества и обесструктурированием почв. Особенно быстро происходит ухудшение структурного состояния целинных почв при вовлечении их в обработку вследствие дегумусирования.

Целью исследования являлось изучение распределения органического углерода по структурным отдельностям дерново-подзолистой почвы в зависимости от различного вида землепользования с выявлением доминирующих пулов органического вещества, ответственных за формирование водопрочной структуры почвы.

Объектом исследования являются супесчаные дерново-подзолистые почвы Мещерской низменности Нечерноземной зоны России при разных типах землепользования.

Место пробоотбора - длительные стационарные полевые опыты Всероссийского научно-исследовательского института органических удобрений и торфа (ВНИИОУТ), расположенные в Судогодском районе Владимирской области.

Образцы почв отбирали на следующих вариантах:

- 1) Бессменный чистый пар (заложен в 1968 г.)
- 2) Севооборот – без внесения удобрений (контроль) (однолетний люпин - озимая пшеница – картофель - ячмень) (1968 г.)
- 3) Севооборот – 20 т/га навоза в среднем ежегодно (1968 г.)
- 4) Залежь (2000 г.)
- 5) Бессменные многолетние травы с внесение высоких доз бесподстилочного навоза (N700) (1983 г.)
- 6) Целина (под лесом)

Для физического фракционирования почв и агрегатов использовали ситовой метод Саввинова в модификации Хана [1].

Сначала был проведен воздушно-сухой рассев почвы на ситах от 0,25 до 10 мм. Затем воздушно-сухие агрегаты диаметром 2-1мм с помощью разбрызгивающего устройства, насыщались водой для предотвращения разрыва почвенных капилляров скопившимся воздухом и разрушения агрегатов, и далее подвергались мокрому просеиванию на ситах в стоячей воде.

Известно, что агрономически ценными являются агрегаты размером 10-0,25 мм. Воздушно-сухая фракция почвы диаметром 2-1 мм выбрана для дальнейшего изучения, т.к. согласно ранее проведенным исследованиям является наиболее агрономически ценной [1].

Определение общего органического углерода в образцах почвы и структурных отдельностях проводили методом сухого сжигания на автоматическом анализаторе АН-7529М.

Результаты по валовому содержанию Сорг (% от массы почвы) в супесчаной дерново-подзолистой почве в условиях длительного полевого опыта приведены в таблице 1.

Таблица 1

Содержание органического углерода

Вариант	M (ср.знач)	S (ст.откл)	m (ош.ст.откл.)	V (коэф.вар),%
Бессменный чистый пар	0,396	0,025	0,018	6,4
Залежь	0,932	0,097	0,069	10,4
Севооборот (без удобрений)	0,583	0,067	0,048	11,5
Севооборот (навоз)	0,867	0,104	0,074	12,0
Целина	0,938	0,092	0,066	9,8
Многолетние травы N700	1,794	0,215	0,154	12,0

Анализ данных таблицы 1 показал, что минимальное содержание органического углерода отмечается на бессменном пару, а максимальное содержание - на участке с многолетними травами и внесением повышенных доз органических удобрений N₇₀₀ в пересчете на азот. Варианты целина и залежь практически не отличаются между собой по данному показателю. При внесении органических удобрений в севообороте происходит увеличение содержания органического вещества по сравнению с таковым неудобренного варианта.

Широкий диапазон по содержанию органического вещества, отмечаемый на почвах изучаемых вариантов опыта, представляет интерес с точки зрения исследования агрегатно-структурной организации почв этих вариантов.

В таблице 2 приведена информация по выходу структурных отдельностей при сухом просеивании почвы (% от массы почвы).

Таблица 2

Структурно-агрегатный состав почв

Размер агрегатов	Бессменный чистый пар	Залежь	Целина	Севооборот (без удобрений)	Севооборот (навоз)	Многолетние травы N700
> 10 мм	12,2	2,2	4,4	7,2	5,5	6,0
10-7 мм	9,4	6,2	8,0	6,9	7,6	7,6
7-5 мм	8,3	9,1	8,9	7,0	8,9	9,0
5-3 мм	10,5	12,4	13,5	9,8	10,4	14,2
3-2 мм	6,6	9,5	9,7	7,0	7,1	8,2
2-1 мм	16,6	23,9	21,5	19,3	18,7	21,1
1-0,5 мм	9,2	3,5	3,4	3,9	4,0	3,3
0,5-0,25 мм	19,1	21,2	18,0	22,8	22,7	20,1
< 0,25 мм	8,1	11,9	12,3	16,1	15,0	10,2

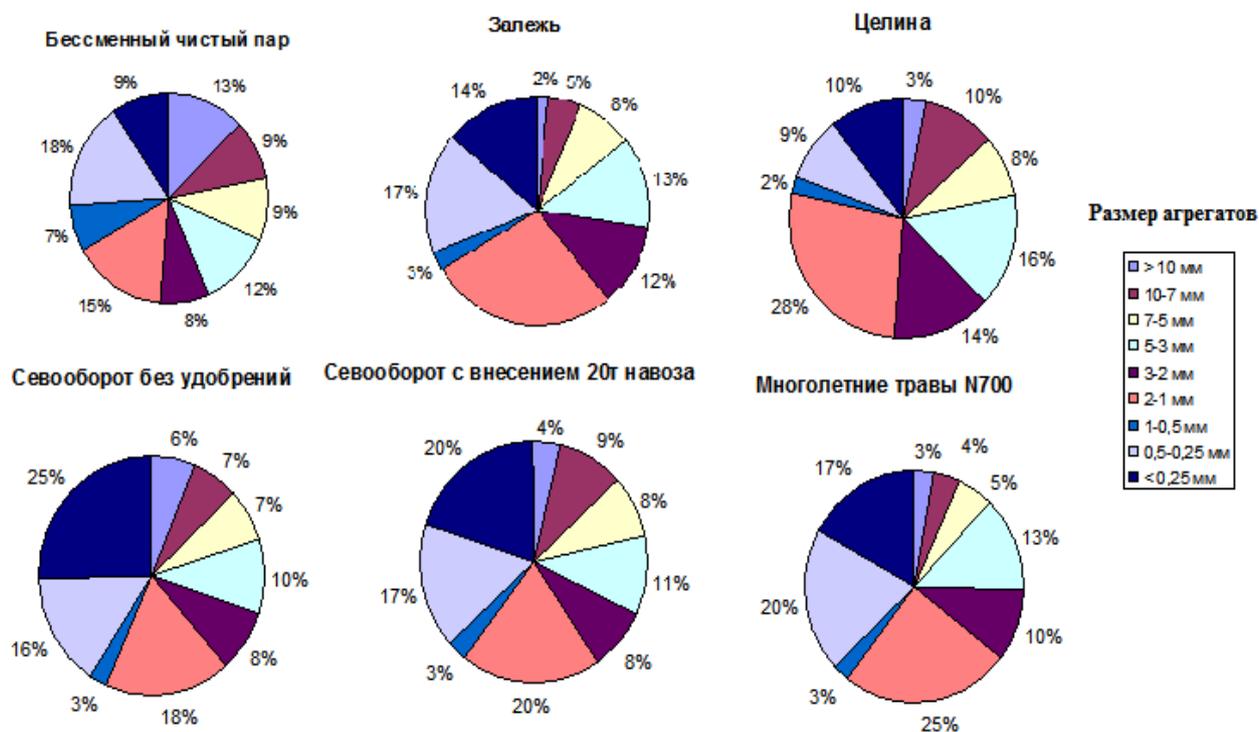


Рис.1. Органический углерод фракций (сухое просеивание)

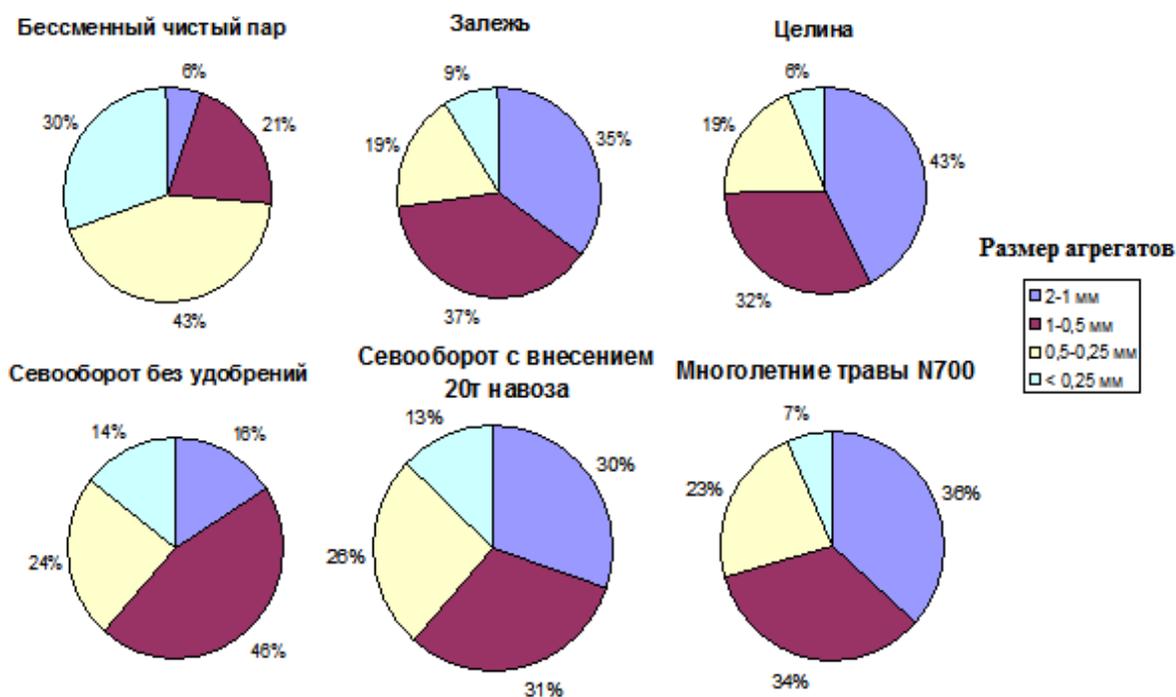


Рис.2. Органический углерод фракций (мокрое просеивание)

После рассеивания воздушно-сухих агрегатов диаметром 2-1 мм на ситах в стоячей воде, установлено, что на необрабатываемых вариантах наибольший выходом по массе характеризуется фракция 1-0,5 мм, а на вариантах подвергающихся обработке - фракция 0,5-0,25 мм, за исключением варианта бессменного чистого пара.

Затем нами была проведена процедура оценки доли органического углерода воздушно-сухих структурных отдельностей в общий Сорг почвы, а также доли органического углерода фракций, полученных после мокрого просеивания воздушно-сухих агрегатов размером 2-1 мм, в составе органического углерода этих агрегатов.

На рисунке 1 представлены данные по вкладу органического углерода фракций, полученных после сухого просеивания, в общий органический углерод почвы, а на рисунке 2 результаты по вкладу Сорг фракций, полученных после мокрого просеивания воздушно-сухих агрегатов диаметром 2-1 мм, в органический углерод этих агрегатов.

При анализе информации, отображенной на этих рисунках, установлено: 1) наибольший вклад в общий органический углерод почвы обеспечивается за счет органического углерода воздушно-сухих агрегатов размером 2-1 мм; 2) при мокром просеивании этих агрегатов основной вклад в их органическое вещество приходится на долю водопрочных агрегатов 1-0,5 мм для вариантов опыта без обработки почвы, а для пахотных вариантов (кроме бессменного чистого пара) - на долю водопрочных агрегатов 0,5 - 0,25 мм.

Литература:

1. Хан Д.В. *Органо-минеральные соединения и структура почвы*. М.: Наука, 1969. 141 с.

СОДЕРЖАНИЕ

М. Оберландер. Глазами дочери.....	3
Семенов В.М., Когут Б.М. И.В.Тюрин и актуальные направления развития учения об органическом веществе почв в 21 Веке.....	9
Григорьян Б.Р., Кулагина В.И. Казанский период деятельности И.В. Тюрина и история создания кафедры почвоведения Казанского университета.....	15
Fischer T. Initial pedogenesis in biological soil crusts.....	19
Bayan M. R. Effect of biochar produced from two different biomass feedstocks on soybean growth and nodulation.....	22
Абакумов Е.В. Источники органического вещества в Антарктиде и проблема гумусообразования.....	25
Александрова А.Б., Иванов Д.В., Григорьян Б.Р., Кулагина В.И. Красная книга почв Республики Татарстан как элемент создания реестра эталонных почв региона.....	26
Безуглова О.С., Лыхман В.А., Отрадина Л.Н. Влияние биологически активных веществ на содержание гумуса в черноземе обыкновенном карбонатном.....	29
Богатырева Е.Н., Бирюкова О.М., Серая Т.М. Сравнительная оценка методов экстрагирования активных компонентов гумуса дерново-подзолистой супесчаной почвы.....	32
Бойцова Л.В. Изучение динамики содержания углерода илистой фракции органического вещества в дерново-подзолистой супесчаной почве разной степени окультуренности.....	36
Валева А.А., Копосов Г.Ф., Александрова А.Б., Файзрахманова Э.Р. Гумусовый профиль серых и агросерых почв лесостепи.....	39
Вершинин А.А., Петров А.М., Акайкин Д.В., Игнатъев Ю.А. Биологическая активность почв разного гранулометрического состава в условиях нефтяного загрязнения.....	41
Гайсин И.А., Муртазин М.Г., Муртазина С.Г. Оптимизация азотного и микроэлементного питания растений в агроценозе как фактор управления качеством зерна.....	45
Гиниятуллин К.Г., Шинкарев А.А. Применение различных методов сэмплинга при изучении залежных почв.....	48
Гончарова Л.Ю., Селезнев А.Г., Симонович Е.И. Сравнительная характеристика гумусного состояния черноземов обыкновенных особо охраняемых территорий (ООПТ) Ростовской области.....	52
Горбачева Т.Т., Артемкина Н.А. ВЭЖХ в исследовании органического вещества наземных экосистем Кольского полуострова.....	55
Григорьян Б.Р., Кольцова Т.Г., Сунгатуллина Л.М. Органическое земледелие – залог сохранения почвенных ресурсов и улучшения их плодородия.....	59
Давлятшин И.Д. Дифференциация содержания гумуса в почвах лесостепи и проблема ее разделения (на примере Республики Татарстан).....	62
Зинякова Н.Б., Семенова Н.А. Углеродминерализующая активность серой лесной почвы при органической и минеральной системах земледелия.....	65
Ильина Л.П. Изучение структуры гуминовых кислот локально переувлажненных черноземов Ростовской области методом дифференциально-термического анализа.....	67
Каллас Е.В. Гумусовый профиль почв как носитель информации об истории ее формирования.....	70
Ковалев И.В., Ковалева Н.О. Пул лигниновых фенолов разных уровней структурной организации почв.....	74
Ковда И.В., Моргун Е.Г., Голубева Н.И., Гонгальский К.Б. Изотопный метод в изучении географических закономерностей органического вещества.....	78
Козлова А.А. Элементный состав гуминовых кислот современных и погребенных гумусовых горизонтов почв юга Предбайкалья.....	81

Копосов Г.Ф., Валеева А.А., Александрова А.Б. Серые и темно-серые почвы Волжско-Камской лесостепи.....	85
Крыщенко В.С. Полидисперсная система почв: определение, константы динамического равновесия и их связь с гумусностью фракций и почвы (Сообщение 1)	92
Крыщенко В.С. Полидисперсная система почв: определение, константы динамического равновесия и их связь с гумусностью фракций и почвы (Сообщение 2)	98
Кулагина В.И., Григорьян Б.Р. Гумусное состояние почв островов Куйбышевского водохранилища.....	105
Лаптева Е.М., Бондаренко Н.Н., Дымов А.А., Шамрикова Е.В., Кубик О.С., Пунегов В.В., Груздев И.В. Органическое вещество подзолистых почв и его изменение после рубок главного использования.....	109
Мальцева А.Н. Исследование влияния минеральной среды на процесс новообразования гумусовых веществ методом лабораторного моделирования.....	111
Мамонтов В.Г., Борисова Д.В. Оптические свойства гуминовых кислот различных фракций гранулометрических элементов чернозема типичного.....	115
Матюшкина Л.А. Распределение гумусового вещества между илистыми частицами разной степени пептизации в луговой почве Среднего Приамурья.....	116
Муртазин М.Г., Гайсин И.А., Муртазина С.Г., Мусина Х.Г. Влияние препарата ЖУСС на процессы роста и развития сеянцев хвойных пород и эффективность выращивания сеянцев в лесном питомнике.....	119
Муртазин Г. Р., Муртазина С. Г. Совершенствование технологий возделывания сельскохозяйственных культур как фактор сохранения плодородия почв.....	122
Муртазина С.Г. Оценка антропогенной устойчивости серой лесной почвы в интенсивном земледелии по изменению ее микробиологической активности.....	125
Орлова Е.Е., Бакина Л.Г., Кирсанов А.Д. Особенности применения анализа фракционно-группового состава гумуса при исследовании нефтезагрязненных почв...	129
Орлова Н.Е., Бакина Л.Г., Орлова Е.Е. Развитие представлений И.В.Тюрина о формах связи гумусовых веществ с минеральными компонентами почвы.....	131
Петров А.М., Шагидуллин Р.Р., Иванов Д.В., Тарасов О.Ю., Григорьян Б.Р., Шагидуллина Р.А. Экологическое нормирование уровня нефтяного загрязнения почв после проведения рекультивационных и иных восстановительных работ.....	135
Пигарева Т.А. Почвенно-растительный покров отвалов Михайловского ГОКа.....	138
Рыжих Л.Ю., Копосов Г.Ф., Мельников Л.В., Хакимов А.И. Влияние основной обработки на агрофизические свойства серой лесной почвы в севообороте.....	141
Рыжих Л.Ю., Мельников Л.В., Липатников А.И. Накопление лабильных органических компонентов в пахотной серой лесной почве в условиях полевого опыта	144
Сабилов А.Т., Жубрин Д.С., Ульданова Р.А. Почвенно-экологические факторы формирования прибрежных лесов.....	148
Сахабиев И.А., Рязанов С.С. База данных многолетнего состояния почвенного покрова территорий интенсивного сельскохозяйственного использования.....	152
Субботина М.Г., Кузнецова Т.В., Михайлова Л.А. Углерод микробной биомассы и микробное продуцирование двуокси углерода агродерново-мелкоподзолистой тяжелосуглинистой почвой под действием золы биологических отходов.....	154
Сушко К.С. Особенности картографирования гумуса пастбищных каштаново-солонцеватых почвенных комплексов долины Маныча.....	156
Шинкарев А.А.(мл), Шинкарев А.А., Гиниятуллин К.Г. Глино-органические взаимодействия в почвах как звено осадочного процесса при формировании месторождений и проявлений вторичных бентонитов в Центральной России.....	159
Шинкарев А.А., Гордеев А.С., Гайнуллина Л.А. Органическое вещество пахотных почв загрязняемых поверхностным стоком с территории эксплуатируемых нефтяных скважин	162
Яшин М.А., Когут Б.М. Структурные отдельности дерново-подзолистой почвы при различных системах ее использования.....	166

