

ДЕЯТЕЛИ РУССКОЙ АГРОНОМИИ

Н. П. РЕМЕЗОВ

КОНСТАНТИН КАЭТАНОВИЧ
ГЕДРОЙЦ



1872 - 1932

СЕЛЬХОЗГИЗ · 1952



Академик К. К. Гедройц (1929 г.)

ДЕЯТЕЛИ РУССКОЙ АГРОНОМИИ



ПРОФЕССОР
Н.П.РЕМЕЗОВ

КОНСТАНТИН КАЭТАНОВИЧ
ГЕДРОЙЦ



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ
ЛИТЕРАТУРЫ
Москва — 1952



ВВЕДЕНИЕ

Среди блестящей плеяды исследователей почв нашей Родины видное место занимает академик Константин Каэтанович Гедройц, выдающийся агрохимик и почвовед. Научной деятельностью Константин Каэтанович начал заниматься, когда уже было определено содержание науки о почве, установлены главнейшие типы почв, выяснены основные закономерности их географического распространения и докучаевское почвоведение получило широкое признание.

К. К. Гедройц избрал в качестве основного направления своей научной деятельности изучение почвенного плодородия и путей его повышения. Работая над почвенными растворами, он приходит к убеждению, что главнейшие свойства почв, от которых зависит их плодородие, обусловлены присутствием в почве коллоидов и теми ионами, которые удерживаются на их поверхности в «рыхлосвязанном» состоянии. Серией замечательных экспериментальных работ К. К. Гедройц вскрывает главнейшие закономерности поведения почвенных коллоидов в зависимости от их качества и условий среды. Он показывает значение коллоидов и находящихся на их поверхности ионов в создании физических свойств почв и питания растений. На этой основе глубокого изучения поглотительной способности почв К. К. Гедройц разрабатывает ряд практических мероприятий по повышению почвенного плодородия.

Отдавая должное работам К. К. Гедройца в области изучения поглотительной способности и физико-химической характеристики почв, необходимо указать, что процесс

почвообразования и генезис почв он рассматривал с неверных позиций. Главное значение в почвообразовании он придавал не растительности, а климатическим условиям. Почвообразование он рассматривал не как биологический, а как физико-химический процесс. Передовому учению акад. В. Р. Вильямса об едином почвообразовательном процессе К. К. Гедройц противопоставлял неверное представление о почвообразовании как геологическом процессе промывания почвы атмосферными осадками.

Современное значение трудов акад. К. К. Гедройца проф. В. А. Ковда определяет следующим образом: «...необходимо указать на громадное значение исследований советского почвовед — физико-химика — академика К. К. Гедройца, теоретически решившего задачу преобразования и повышения плодородия подзолистых почв лесной зоны при помощи известкования. К. К. Гедройц разработал проблему мелиорации щелочных солонцовых почв, распространенных в степных и полупустынных областях Советского Союза, которые ныне будут широко орошены водами Волги, Днепра и Дона.

Установив химическую и физико-химическую природу щелочности в солонцовых почвах К. К. Гедройц доказал возможность быстрого и эффективного коренного улучшения этих почв искусственным гипсованием. Это мероприятие в настоящее время вводится в степных районах Советского Союза»¹.

Работы К. К. Гедройца в области изучения поглотительной способности почв оказали большое влияние на познание законов, управляющих почвенным плодородием, открыли новые пути повышения производительности социалистических полей.

¹ Великий план преобразования природы. Изд. АН СССР, 1952, стр. 19.





ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ЖИЗНИ К. К. ГЕДРОЙЦА

В 1872 г. 25 марта (по старому стилю) в уездном городке Бендерах, на юго-западе России (в настоящее время Молдавская ССР), в семье военного врача Каэтана Семеновича Гедройца родился сын Константин, будущий крупнейший ученый-академик.

Бендеры расположены в живописной местности на высоком берегу нижнего течения р. Днестра. В Бендерах была крепость, предназначенная охранять переправу через Днестр. Последнее обстоятельство определяло значительный размер гарнизона и придавало городу военный характер.

Полк, в котором служил отец К. К. Гедройца, кроме Бендер, последовательно квартировал в Кишиневе, Каменец-Подольске, Одессе. Поэтому Константин Каэтанович имел возможность с детства наблюдать различные природные ландшафты. Берега Днестра между Каменец-Подольском и Кишиневом отличаются изумительной красотой. Особую живописность придают выходящие здесь на поверхность известняки, которые образуют причудливой формы скалы, напоминающие развалины древних замков. Небольшие водопады и быстрые речки разнообразят картину. Широко раскинулись дубово-грабовые леса, те самые, которые, по признанию композитора П. И. Чайковского, вдохновляли его на создание лучших мелодий. Лесные возвышенности Кодр, красота лесостепного ландшафта Приднестровья представляли яркий, незабываемый контраст сухим равнинным степям с бесконечными золотистыми полями пшеницы, которые Константин Каэтанович увидел затем в окрестностях Одессы. Виденные в детстве картины природы должны были в дальнейшем

оказать известное влияние на выбор К. К. Гедройцем жизненного пути.

В детстве Гедройц не проявлял влечения к военному делу. Однако материальное положение семьи после смерти отца вынудило отдать мальчика в Киевский кадетский корпус. Это были тяжелые годы в его жизни. Режим кадетских корпусов с издевательством старших кадетов над младшими, господством физической силы во взаимоотношениях между кадетами, военной муштрой, карцером и розгами многократно был описан в литературе. Физически слабому мальчику пришлось вынести много испытаний. По его признанию, корпус внушил ему глубокое отвращение к существовавшей там системе воспитания.

После окончания кадетского корпуса Константин Каэтанович был переведен юнкером в Михайловское артиллерийское училище в Петербурге, в которое принимали только лучших учеников кадетских корпусов. Однако уже через год он был вынужден оставить училище вследствие болезни сердца.

Перед К. К. Гедройцем открылась возможность свободного выбора гражданской специальности. В 1894 г. он поступает в Петербургский лесной институт.

В Лесном институте К. К. Гедройц слушал лекции таких выдающихся профессоров, как И. П. Бородин (ботаник), Н. А. Холодковский (зоолог). Курс химии вел профессор М. Г. Кучеров. Практические занятия по качественному и количественному анализу Константин Каэтанович провел под руководством опытного преподавателя П. А. Кашинского и под его же руководством изучал методику химического анализа почв. К ведению курса почвоведения только что приступил доцент П. С. Коссович, которому вскоре было присвоено звание профессора. Таким образом К. К. Гедройц имел возможность получить в Лесном институте довольно хорошее для того времени общее естественно-историческое образование. Надо отметить, что учебные планы Института предусматривали широкую естественно-историческую подготовку перед прохождением лесоводственных дисциплин.

В студенческие годы К. К. Гедройц посетил Италию и Францию. Это дало ему возможность видеть не только иную жизнь, но и познакомиться с весьма интересной для натуралиста природой этих стран.



К. К. Гедройц — студент Лесного института

В 1897 г. К. К. Гедройц окончил Петербургский лесной институт. Его в то время больше всего интересовала физика. Он хотел специализироваться в этой области и поступил вольнослушателем в Петербургский университет¹.

Однако К. К. Гедройц вскоре вернулся в Лесной институт и выполнил под руководством П. С. Коссовича работу на получение звани ученого лесовода I разряда. Эта первая научная работа К. К. Гедройца посвящена исследованию электрического метода определения влажности, температуры почвы и концентрации почвенного раствора.

П. С. Коссович оценил проявленную в этом небольшом исследовании способность К. К. Гедройца к научной работе и при первой же возможности пригласил занять должность

¹ К. К. Гедройц окончил Петербургский университет экстерном в 1903 г.

младшего лаборанта. Это определило дальнейший жизненный путь будущего ученого.

П. С. Коссович был хорошим организатором научной работы, сумевшим создать небольшой, но деятельный коллектив молодых ученых. Для начинающего научного работника имеет большое значение не только его непосредственный руководитель, но и товарищи по работе. Поэтому уместно указать, что, кроме К. К. Гедройца, в лаборатории П. С. Коссовича в то время работали С. Л. Франкфурт, впоследствии крупный агрохимик, В. С. Буткевич, ставший затем известным ученым в области физиологии растений, профессором Тимирязевской сельскохозяйственной академии, П. Г. Лосев, пользовавшийся заслуженной славой прекрасного аналитика. Позднее в лаборатории П. С. Коссовича приступил к работе А. С. Гинзбург, в дальнейшем профессор органической химии, С. А. Захаров — впоследствии крупный почвовед-географ, профессор Ростовского и Д. Государственного университета, и Н. И. Соколов. Этот научный коллектив оказал несомненное влияние на формирование К. К. Гедройца как ученого.

Определенное влияние на направление исследований К. К. Гедройца должно было оказать господствовавшее на кафедре стремление изучать почву в агрономических, а не в лесоводственных целях. История кафедры почвоведения в Лесном институте сложилась таким образом, что занимавшие ее крупнейшие ученые П. А. Костычев, а затем П. С. Коссович были почвоведо-агрономами. Будучи профессорами Лесного института они жили агрономическими интересами и отдали всю энергию и талант развитию сельскохозяйственного почвоведения. Может быть поэтому К. К. Гедройц также не заинтересовался лесным почвоведением и продолжал в стенах Лесного института развивать агрономическое почвоведение. Исследования К. К. Гедройца несомненно сказали большое влияние на последующее изучение лесных почв, но это влияние было косвенным.

Основных вопросов, на разрешение которых П. С. Коссович направлял работу своей лаборатории, было два: методика химического анализа почв, включая использование получаемого аналитического материала, и применение вегетационного метода для изучения питания растений в связи с внесением удобрений. К. К. Гедройц совмещает работу в лаборатории с постановкой многочисленных вегетационных опытов.

Вегетационный метод К. К. Гедройц изучал под непосредственным руководством крупного специалиста в этой области С. Л. Франкфурта. С ранней весны и до снятия урожая Константин Каэтанович проводил целые дни в вегетационном домике, внимательно наблюдая за развитием растений в своих опытах. Вегетационным методом он в дальнейшем пользовался всю жизнь, умело применяя его для решения разнообразных вопросов.

В дальнейшем им была разработана оригинальная методика постановки вегетационных опытов в маленьких сосудах для изучения влияния на развитие растений состава обменных катионов почвы.

П. С. Коссович очень большое внимание уделял разработке методики анализа почв, растений и удобрений. Он тщательно проверял весь получаемый в лаборатории аналитический материал, требовал повторения анализов, прежде чем делать какие-либо выводы. Это выработало у К. К. Гедройца строгость и тщательность в выполнении анализов и привело его к умению пользоваться аналитическими данными. К. К. Гедройц был прекрасным аналитиком, работал быстро и точно, ведя одновременно несколько анализов.

Не меньшее влияние, чем работа в вегетационном домике и лаборатории, на молодого ученого оказало участие в «Журнале Опытной Агронмии», который издавал и редактировал П. С. Коссович. Наряду с оригинальными статьями в этом журнале был обширный реферативный отдел. К работе в журнале П. С. Коссович широко привлекал своих сотрудников по кафедре и лаборатории. К. К. Гедройцу он поручил составление рефератов по разделу «Воздух, вода и почва», а также по методам исследования. К. К. Гедройц писал рефераты и по другим разделам.

Важно отметить, что П. С. Коссович лично проводил редактирование рефератов, строго требуя точного и ясного изложения сущности реферируемых работ. Это способствовало хорошему усвоению сотрудниками научной литературы по своей и смежным специальностям, развивало в них способность к критической оценке прочитанного и умение сжато и четко излагать свои мысли.

Реферированию работ К. К. Гедройц уделял очень большое внимание и в дальнейшем. Всего им было напечатано более 2¹/₂ тыс. рефератов. Лишь в «Журнале Опытной Агронмии» за период с 1900 по 1922 г. помещен 2 121 реферат, принадлежащий перу К. К. Гедройца.

Помещенные им в «Журнале Опытной Агрономии» рефераты следующим образом распределяются по различным вопросам, интересовавшим в то время К. К. Гедройца (99) : 4¹.

	Количество рефератов
1. Общие вопросы почвоведения	182
2. География почв	61
3. Солонцы	15
4. Почвенные растворы и поглотительная способность . .	52
5. Известкование	30
6. Почвенный перегной	44
7. Общие вопросы плодородия	190
8. Фосфор	104
9. Азот	55
10. Методы анализа почв	236
11. Методы агрохимического анализа	479
12. Физиология растений и микробиология	138
13. Вегетационный метод	22
14. Калийные удобрения	38
15. Стимулянты	32
16. Борьба с вредителями	4
17. Лекарственные растения	48
18. Труды сельскохозяйственных опытных станций	58
19. Общетеоретические вопросы	80
20. Прочие	253

Особенно большее число рефератов посвящено вопросам методики анализа, они составляют 35% общего числа рефератов.

В дальнейшем К. К. Гедройц использовал этот материал в ряде работ, в том числе при создании капитального труда «Химический анализ почвы».

Лица, близко знавшие К. К. Гедройца, единодушно указывают, что еще в молодые годы он по своим политическим убеждениям был близок к марксистам. Имеются свидетельства, что К. К. Гедройц в период революции 1905 г. с большой самоотверженностью прятал оружие и патроны, документы и нелегальную литературу в вегетационном домике и лаборатории.

¹ Цифры указывают порядковый номер библиографии трудов К. К. Гедройца (с 1 по 95) или списка работ о нем (с 4* по 34*).

Весьма характерно, что в годы наступившей затем реакции (1908—1912), когда «особенно усилилось разложение и упадочничество в среде интеллигенции»¹, К. К. Гедройц выступает организатором и деятельным участником одного из обществ по просветительной работе среди пролетариата Выборгского района. В те годы «...большевики считали необходимым использовать все легальные возможности, всякую легальную зацепку, при помощи которой можно было бы поддерживать и сохранять связи с массами...»² Одним из таких путей были культурные общества.

Для научной работы К. К. Гедройца характерна удивительная последовательность и целеустремленность. Основной целью его научных исканий было познать почву, чтобы управлять ею и повышать урожайность сельскохозяйственных культур. Решение этой задачи он видел в изучении поглотительной способности почв и отдал этому весь свой талант и энергию, всю свою сознательную жизнь. Интерес к поглотительной способности почв возник у К. К. Гедройца в процессе первых исследований по изучению почвенного раствора, известкования и фосфоритования почв. Совокупность всех полученных фактов убеждала его, что без должной разработки учения о поглотительной способности нельзя познать и овладеть законами развития почв и их плодородия.

Начатые работы по изучению поглотительной способности протекали весьма успешно. Следом за первыми публикациями о результатах вегетационных опытов и изучения почвенных растворов на страницах «Журнала Опытной Агрономии» и других изданий стали появляться статьи К. К. Гедройца, посвященные поглотительной способности почв. Первая из них «Коллоидальная химия и почвоведение» была опубликована в 1908 г.

Выходившие из под пера К. К. Гедройца работы отличались ясностью изложения и богатством фактического материала. Все выводы были тщательно обоснованы многочисленными анализами, выполненными всегда лично автором, предположения, нуждающиеся в проверке, были оговорены.

В 1915 г. К. К. Гедройц становится заведующим лабораторией лесного опытного дела и одновременно заведующим лабораторией Докучаевского почвенного комитета. В этом же году умер П. С. Коссович и К. К. Гедройцу пришлось

¹ История Всесоюзной Коммунистической партии (большевиков). Краткий курс, 1951, стр. 96.

² Там же, стр. 129.

взять еще редактирование «Журнала Опытной Агрономии». Обязанности редактора он выполнял до 1931 г., когда журнал прекратил существование.

Ко времени Великой Октябрьской революции К. К. Гедройц был уже вполне сложившимся ученым с четко и ясно выраженным оригинальным направлением в научной работе, автором 50 научных трудов.

Об отношении К. К. Гедройца к Октябрьской революции лучше всего свидетельствуют следующие его слова: «Только определенная склонность к научно-исследовательской работе, проявившаяся у меня еще на школьной скамье, а быть может и недостаточная физическая крепость, заставили меня вместо революционной деятельности посвятить свою жизнь кабинетной деятельности ученого, не порывая впрочем связи с людьми, близко стоящими к революционному движению. Поэтому Октябрьская революция была мне понятна и близка» (122, стр. 12).

В конце 1917 г. К. К. Гедройц был избран профессором и заведующим кафедрой почвоведения Петроградского лесного института.

Избрание на кафедру было крупной вехой в жизни К. К. Гедройца и открывало более широкие возможности для развития научной работы. В это же время К. К. Гедройцу было поручено руководство сельскохозяйственной химической лабораторией и вегетационной станцией Сельскохозяйственного ученого комитета, в дальнейшем Государственного института опытной агрономии.

К преподавательской работе К. К. Гедройц относился со свойственной ему добросовестностью. Подготовка к лекциям отнимала у него много времени. Он тщательно обдумывал план изложения и содержание каждой лекции, широко используя свою богатую эрудицию, прочитывал большое число работ, делая необходимые выписки, сопоставления. Большое внимание он уделял изготовлению таблиц для лекции, вкладывая в это дело много творческой инициативы.

Несмотря на трудность изложения лекции К. К. Гедройца увлекали слушателей.

С несравненно большей силой талант К. К. Гедройца как воспитателя новых кадров почвоведов и агрохимиков проявлялся в лаборатории и на практических занятиях. «Подсаживаясь к студенту,— пишет Г. Н. Боч,— и часто образуя вокруг себя группу, он вопросами старался навести работаю-



К. К. Гедройц в лаборатории Лесного института (1928 г.)

щих на правильные выводы из опыта и открывающиеся перспективы. При этом он заставлял внимательно продумывать самый ход опыта как с химической стороны, так и со стороны самой методики, не упуская деталей, часто тут же показывая приемы работы. Такое обучение студентов К. К. Гедройц любил и умел проводить его превосходно» (97, стр. 11).

По воспоминаниям А. А. Роде, желающим работать в лаборатории К. К. Гедройц никогда не давал своего согласия немедленно, а давая его всегда обставлял этих лиц некоторыми (небольшими) препятствиями. Это был педагогический прием, который действовал очень хорошо, помогая отсеивать студентов, не собиравшихся серьезно работать. Те же, кто попадал в лабораторию К. К. Гедройца, особенно ценили предоставленную им возможность.

К. К. Гедройц уделял очень много внимания работавшим у него в лаборатории и не жалел времени и сил, чтобы научить правильно работать. «Будучи сам безукоризненным

аналитиком,— вспоминает А. А. Роде,— он в короткое время умел внушить нам, его ученикам, все необходимые навыки и приемы, которые уже больше никогда не забывались и останутся памятными нам на всю жизнь» (118, стр. 65). К. К. Гедройц любил делиться с сотрудниками и учениками результатами своих исследований. Получив экспериментальное подтверждение какого-либо своего предположения, он созывал сотрудников в свою комнату и с радостной улыбкой показывал результаты своих исследований.

В тех же воспоминаниях А. А. Роде пишет: «Его сотрудники никогда не были для него только сотрудниками. Он всегда вникал в их личную жизнь, радовался их радостям, горевал о их горестях и помогал им морально и материально в трудную минуту. Отсюда то обаяние его, не только как ученого, но и как большого, хорошего, сердечного человека, которое заставляло всех окружавших его в свою очередь делиться с ним своими удачами и неудачами» (118, стр. 66).

Исключительно привлекательные черты личности К. К. Гедройца обусловили любовь и уважение со стороны профессуры и студенчества Лесного института. К. К. Гедройц был выдвинут в члены Петроградского Совета рабочих и солдатских депутатов.

Несмотря на большую занятость педагогической, организационной и общественной работой, К. К. Гедройц неизменно продолжал свои исследования по вопросам поглотительной способности почв. Он их не прерывал и в трудные годы гражданской войны и империалистической интервенции. В этот тяжелый период он продолжал аналитические исследования в нетопленной лаборатории, при недостатке необходимых реактивов, заменяя потухшие газовые горелки керосинками и примусами.

Несмотря на все трудности, работа шла настолько успешно, что К. К. Гедройц счел возможным приступить к обобщению своих многолетних исследований, и в 1922 г. вышла из печати его монография «Учение о поглотительной способности почв». Появление этой книги было крупнейшим событием в науке того времени. До этого времени работы К. К. Гедройца оставались недостаточно известными и понятными широким кругам почвоведов, агрохимиков и агрономов. С выходом же в свет «Учения о поглотительной способности» положение резко меняется. К. К. Гедройц получает широкую известность и становится одним из наиболее популярных деятелей науки о почве.

Продолжая развивать начатые исследования, К. К. Гедройц переносит свои работы из вегетационного домика и лаборатории в Ленинграде непосредственно в природу. В 1923 г. К. К. Гедройц принимает руководство агрохимическим отделом Носовской сельскохозяйственной опытной станции (Черниговская область УССР). Там он организует изучение почвенных процессов, обуславливающих плодородие почвы, непосредственно в природной обстановке и в условиях сельскохозяйственного производства, а также ведет работы по исследованию засоленных почв Днепровской впадины.

В трудах Носовской сельскохозяйственной опытной станции был опубликован ряд работ К. К. Гедройца, в том числе монография «Почвенный поглощающий комплекс и почвенные поглощенные катионы как основа генетического развития почв», вышедшая в 1925 г. первым изданием, а в 1927 г. — вторым. В 1929 г. выходит второе, значительно расширенное, издание «Учения о поглотительной способности почв».

К. К. Гедройц много работал над методикой почвенного анализа. В 1909 г. вышло из печати его руководство по химическому анализу почв. Продолжая работу в этом направлении, он написал совершенно новую книгу «Химический анализ почвы», вышедшую первым изданием в 1923 г., вторым исправленным и дополненным — в 1929 г. «Химический анализ почвы» К. К. Гедройца до сего времени служит настольной книгой, незаменимым справочным пособием и руководством для работников почвенных и агрохимических лабораторий.

С каждым годом работы К. К. Гедройца получают все большую известность. Слава о его работах проникает за пределы СССР. В 1924 г. в США напечатан ряд его работ, переведенных на английский язык.

Английский ученый Г. Пэдж в 1926 г. на международной конференции по химии почв в Гронингене (Голландия) выступает с подробным реферативным докладом о выдающихся исследованиях К. К. Гедройца в области изучения поглотительной способности почв. Обзор охватывает работы, опубликованные в период 1912—1925 гг.

Исследования К. К. Гедройца получают широкую известность в Европе и Америке. В 1927 г. выходит на немецком языке его руководство «Химический анализ почвы», в 1930 г. — второе издание монографии «Почвенный погло-

щающий комплекс и почвенные поглощенные катионы как основа генетической почвенной классификации», в 1931 г.— «Учение о поглотительной способности почв».

Вызывает глубокое возмущение наблюдающееся в современной литературе капиталистических стран стремление замолчать или преуменьшить громадное значение исследований К. К. Гедройца. В качестве примера можно указать монографию Вальтера Келлей «Катионный обмен в почвах» (США, 1948), где работам К. К. Гедройца отведена только одна страница (1?). Характерно, что исследования К. К. Гедройца в этой книге рассматриваются после работ Г. Вигнера, хотя сам Г. Вигнер признавал, что труды К. К. Гедройца оказали на него огромное влияние.

Выдающиеся заслуги К. К. Гедройца по успешному развитию советского почвоведения получили в СССР высокую оценку. В 1927 г. ему была присуждена премия имени В. И. Ленина. В 1927 г. он был избран членом-корреспондентом, а в 1929 г.— действительным членом Академии наук СССР. В 1930 г. К. К. Гедройц получает звание действительного члена Академии наук Украинской ССР.

Вследствие избрания академиком К. К. Гедройц должен был неизбежно принять обязанности и директора Почвенного института Академии наук СССР. С этого времени начался новый, по словам Г. Н. Боца, труднейший этап в жизни Константина Казетановича. В почвенном институте в то время господствовало географическое направление, сторонником которого К. К. Гедройц никогда не был.

Не имея физической возможности совмещать обязанности директора Института с педагогической работой, К. К. Гедройц был вынужден оставить кафедру в Лесотехнической академии и переехать из Лесного в Ленинград.

К. К. Гедройц был избран президентом Международного общества почвоведов. Это требовало от него большой работы по организации второго Международного конгресса почвоведов, который было решено провести в 1930 г. в СССР.

В октябре 1929 г. врачи предписывают К. К. Гедройцу вследствие сердечной слабости строгий постельный режим. В 1930 г. К. К. Гедройц подает просьбу об освобождении от должности директора Почвенного института.

По приглашению директора Научного института по удобрениям акад. Э. В. Брицке К. К. Гедройц ранней весной того же года переезжает на Долгопрудное опытное поле



Домик: на Долгопрудном опытном поле, где жил К. К. Гедройц.

под Москвой, не ожидая, пока будут закончены необходимые строительные работы.

Осенью 1930 г. был построен вегетационный павильон на 2 500 сосудов с летней лабораторией при нем. Кроме того, К. К. Гедройц получает неограниченную возможность использовать ранее существовавшие весьма вместительные вегетационные павильоны. С 1931 г. начинается постройка большого трехэтажного лабораторного корпуса, оборудованного по последнему слову техники.

К. К. Гедройц начинает свои работы в небольшой лаборатории. Под руководством К. К. Гедройца работают старые сотрудники этой лаборатории А. Н. Вольская, А. С. Фомичев, переехавшие с Носовской опытной станции Ф. Н. Германов и В. Г. Тарановская, а также другие сотрудники и аспиранты.

В 1931 г. вегетационные опыты под руководством К. К. Гедройца проводятся уже в 8 000 сосудах. В это время главной темой исследований К. К. Гедройца было выяснение значения состава обменных катионов почвы для развития растений.

К. К. Гедройц стремится на основе созданного им учения о поглотительной способности разработать практические

приемы повышения урожайности культур социалистических полей. Это его стремление лучше всего выражено в следующих строках одной из последних его статей:

«Между практикой сельского хозяйства и теорией в агрономии вообще и, в частности, в агрохимии (и агрофизике) наблюдается резко выраженный разрыв; теория чрезвычайно сильно отстает от запросов практики. Имеется ряд вопросов, выдвинутых практикой сельского хозяйства уже очень давно и агрохимией до сих пор еще не разрешенных» (89, стр. 42). Далее К. К. Гедройц пишет, что всестороннее изучение поглотительной способности почв и соотношения между составом обменных катионов почвы и развитием растений открывает путь для ответа на поставленные практикой запросы.

За два года К. К. Гедройцем было опубликовано 9 научных работ. Одновременно он подготавливает новые издания «Учения о поглотительной способности почв» и «Химического анализа почвы».

Большое внимание К. К. Гедройц уделяет строительству нового лабораторного корпуса.

Подводя итог обзору деятельности К. К. Гедройца как почвоведом, акад. А. Н. Соколовский отмечал, что К. К. Гедройц был ученым, который четко отмежевался «от географо-



Старая лаборатория на Долгопрудном опытном поле.



Новая лаборатория на Долгопрудном опытном поле

морфологического почвоведения с его формализмом, его лозунгами чистой науки, с его неспособностью увязать и ту форму, которой оно придавало такое значение, с содержанием, с генезисом, динамикой, с агрономическими свойствами почвы (120, стр. 28).

Под влиянием работ К. К. Гедройца коренным образом изменилось содержание почвенных исследований. Химический анализ стал обязательным и мощным орудием познания. Новым стал профиль почвоведца. К. К. Гедройц разрушил грань, отделявшую исследование почв в поле от их изучения в лаборатории, и содействовал превращению почвоведения из науки преимущественно описательной в науку экспериментальную, направленную на повышение почвенного плодородия.

Говоря о громадном значении вклада К. К. Гедройца в развитие науки о почве, нельзя обойти молчанием допущенную им крупную ошибку, которая выразилась в недооценке значения учения В. Р. Вильямса об едином почвообразовательном процессе и ведущей роли растительности в почвообразовании.

Одновременно с большой научной работой К. К. Гедройц успевает внимательно следить за художественной литературой. Он высоко ценил произведения Максима Горького

и других советских писателей. К. К. Гедройц любил и умел слушать музыку. Особенно его привлекал Бетховен, обогативший музыкальное искусство новым революционным содержанием и создавший музыку, зовущую к борьбе за торжество идеалов свободы.

К. К. Гедройц уделял много внимания изучению марксистско-ленинской философии, принимал активное участие в кружках диалектического материализма и текущей политики. Его выступления всегда отличались глубокой продуманностью и эрудицией.

К. К. Гедройц очень интересовался всеми явлениями общественно-политической жизни и активно на них отзывался. Он был горячим патриотом своей Родины — великого Советского Союза. Когда в 1931 г. в печати капиталистических стран была поднята особенно ожесточенная кампания против Советского Союза, а внутри СССР был открыт заговор «Промпартии», К. К. Гедройц выступил в печати с заявлением, в котором писал:

«Я думал, что достаточно работать по мере своих сил и разумения на создание новой жизни без гнета и угнетателей, не подчеркивая это как-то особенно. События показали, что я очень ошибался: та бесшабашная травля СССР, которая в буржуазном мире усиливается с каждым днем и сопровождается уже почти открытой подготовкой к интервенции и которая несомненно закончится попыткой интервенции со всеми ужасами современной войны, совершается между прочим под флагом спасения нас от «ига большевиков». Надеюсь отсрочить свою гибель, умирающий капиталистический мир не стесняется никакими средствами, чтобы оправдать свой поход против СССР и привлечь на свою сторону тех колеблющихся, которые по существу должны быть с нами. Его вопль о принудительном труде в СССР, единственной стране свободного труда, является одним из таких клеветнических приемов¹.

При таком положении, — писал далее К. К. Гедройц, — все специалисты и ученые, вообще вся интеллигенция СССР, идущие в ногу с пролетариатом, должны теперь ясно и определенно сказать нашим самозванным спасителям, что их помощь нам не только не нужна, но что она встретит с нашей стороны надлежащий отпор, что мы составляем часть пролетариата, строящего социалистическое отечество, и что борьба

¹ «Варнитсо» № 3, 1931, стр. 77.

Боритесь за нас, исправляя и упрямство в
 своих работах не же неспособность, неадекватно-
 сти, субъективности, которые могли бы быть
 использованы против нас или нашей идеоло-
 гии в своих интересах, совершаемых тем,
 что является этой трудной работой нече,
 будучи в руках той партии, не деятельности
 которой похвастался на своем фунда-
 менте и признана марксистско-ленин-
 ской методологией.

Вот те причины, почему я, не ссылаясь
 на свой предположительный возраст и банальное
 светское добродетель, обратился в партий-
 ную организацию с этим заявлением
 и прошу признать меня в пред. - ВКП(б)

К. Гедройца.



К. К. Гедройц и академик Д. Н. Прянишников

против пролетариата есть вместе с тем борьба с нами, с трудовой интеллигенцией»¹.

Усиливающаяся борьба на идеологическом фронте приводит К. К. Гедройца к убеждению, что он успешнее всего может бороться за торжество марксистско-ленинской идеологии, находясь в рядах большевистской партии, и 2 октября 1932 г. он подает в партийную организацию заявление, в котором пишет следующее:

«...ожесточенная борьба идет и будет еще более усиливаться на идеологическом фронте; мы знаем значение науки для техники, имеющей решающее значение в социалистической реконструкции; для всякого научного работника должно стать совершенно очевидным, что теория Маркса и Ленина является единственной научной методологией, которая должна быть фундаментом всякой исследовательской работы; поэтому всякий научный работник, если он хочет быть активным участником нашего грандиозного строительства социализма, должен не только руководствоваться в своей научной работе марксистско-ленинской методологией, но активно бороться за нее, исправляя и уничтожая в своих работах все те

¹ «Варьитсо» № 3, стр. 77—78.



К. К. Гедройц (1932 г.)

неточности, неясности, двусмысленности, которые могли бы быть использованы противниками этой методологии в своих интересах; совершенно ясно, что творить эту трудную работу легче, будучи в рядах той партии, вся деятельность которой покоится на этом фундаменте и пропитана марксистско-ленинской методологией».

И дальше:

«Вот те причины почему я, несмотря на свой преклонный возраст и болезненное состояние здоровья, обращаюсь в партийную организацию с этим заявлением и прошу принять меня в ряды ВКП(б)».

Нет сомнений, что, овладев методом диалектического материализма, К. К. Гедройц в дальнейшем пришел бы к признанию учения о почве его выдающегося современника акад. В. Р. Вильямса и обеспечил бы создание научных трудов еще большей ценности и практического значения. Этому помешала неожиданная кончина К. К. Гедройца от разрыва аорты, последовавшая 5 октября 1932 года.

Научная деятельность К. К. Гедройца оборвалась в то время, когда заботами советского правительства и коммунистической партии ему были созданы исключительно благоприятные условия для работы. Богато обставленная просторная лаборатория, вместительные и хорошо оборудованные вегетационные павильоны, штат сотрудников и аспирантов, неограниченная возможность публикации результатов исследований — все это было дано К. К. Гедройцу. Его высокая эрудиция и исключительная работоспособность обеспечивали возможность появления еще многих выдающихся работ.

Умер К. К. Гедройц в возрасте 60 лет.





НАЧАЛО НАУЧНОЙ РАБОТЫ

К. К. Гедройц вступил на поприще научной работы в области изучения почв на рубеже двух столетий — в 1899 г.

В последнюю четверть 19-го столетия трудами выдающихся русских ученых В. В. Докучаева, П. А. Костычева и их сподвижников было создано почвоведение как самостоятельная отрасль естествознания, имеющая громадное значение для развития агробиологической науки и сельскохозяйственного производства. Возникновение и развитие науки о почве происходило в обстановке напряженной борьбы с консерватизмом правящих кругов и некоторых ученых.

Но благодаря энергии В. В. Докучаева и его сотрудников, поддержке прогрессивных ученых во главе с Д. И. Менделеевым почвоведение постепенно завоевывало признание. Насущная необходимость знания почвы, на которой развиваются сельскохозяйственные растения, изучения причин, определяющих неодинаковое плодородие почв, закономерностей географического распределения почв различного плодородия и непосредственная польза от проводимых почвенных исследований были настолько очевидны, что число противников почвоведения редело, а ряды сторонников множились. Завершающие годы этой борьбы передовых представителей русской науки за признание почвоведения протекали на глазах студента К. К. Гедройца.

Когда Константин Каэтанович кончил Лесной институт и начинал научную работу, еще были свежи такие знаменательные события в истории отечественного естествознания, как выход в свет замечательного труда В. В. Докучаева «Русский

чернозем», книги П. А. Костычева «Почвы черноземной области России», знаменитый диспут на защите В. В. Докучаевым докторской диссертации, нижегородские и полтавские экспедиции В. В. Докучаева, неурожай и голод 1891—1892 гг., появление книги В. В. Докучаева «Наши степи прежде и теперь», работы А. А. Измаильского «Как высохла наша степь», экспедиции Лесного департамента, работы Н. М. Сибирцева о зональном распределении почв и др.

Большое впечатление на молодого К. К. Гедройца должны были произвести работы В. В. Докучаева о зонах природы, которые были опубликованы в 1898—1900 гг., то-есть когда К. К. Гедройц уже начал по окончании Лесного института работать в области почвоведения. Слова В. В. Докучаева о необходимости изучать генетические, вековечные и всегда закономерные связи, какие существуют между различными явлениями природы, между живой и мертвой природой, царством растений и животных и царством минералов, его широкое понимание задач, стоящих перед почвоведением, яркий и образный язык, которым написаны эти работы, должны были произвести глубокое впечатление на молодые умы.

В 1900 г. тяжелая болезнь навсегда отрывает В. В. Докучаева от руководства почвоведением, в том же году смерть уносит Н. М. Сибирцева. Несколько раньше (1895 г.) умер П. А. Костычев. Почти одновременная потеря таких выдающихся деятелей науки не могла пройти бесследно для развития почвоведения.

Первая четверть 20-го столетия знаменуется широким развитием почвенно-географических работ. В это время наибольшие успехи были достигнуты в области изучения морфологии, географии и картографии почв. По определению Б. Б. Полынова, описанию морфологии (то-есть внешних свойств и строения) почвенного профиля начинают придавать все более и более важное значение и «чем больше внимания отводится описанию и изучению профиля тем больше оно отвлекается от связанного с профилем ландшафта»¹.

В той же работе Б. Б. Полынова несколькими страницами дальше читаем: «На первое место был выдвинут климат, как почвообразователь, и он постепенно не только заслонил собой ландшафт, но почти совершенно уничтожил его в представлениях почвоведов»².

¹ и ² Очерк развития учения о почве как отрасли естествознания, Тр. Ин-та истории естествознания АН СССР, т. II, 1948, стр. 144.

Первенствующее значение в развитии почв начинают приписывать промыванию атмосферными осадками. Роль растительности не только отодвигают на задний план, но нередко она совсем выпадает из поля зрения при решении вопросов генезиса почв.

В соответствии с этим допускается возможность образования под пологом различных растительных формаций почв, принадлежащих к одному типу почвообразования.

В условиях преобладающего развития морфолого-географических исследований совершенно особое место занимала кафедра почвоведения Петербургского лесного института, где К. К. Гедройц получил высшее образование и затем начал научную работу.

Большое влияние на направление преподавания и научно-исследовательские работы этой кафедры оказал П. А. Костычев. Он первый ввел в практику почвенных исследований лабораторный эксперимент, воспроизводящий протекающие в природе процессы почвообразования, и широкое применение химического анализа почвы для решения генетических вопросов. Тесная связь с агрономией представляет характерную черту исследований П. А. Костычева.

После смерти П. А. Костычева его кафедру занял П. С. Коссович, взгляды которого оказали очень большое влияние на его молодого ученика К. К. Гедройца, поэтому на них следует остановиться несколько подробнее.

По справедливому определению С. А. Захарова (известного почвовед-географа), П. С. Коссович «прежде всего был почвоведом-химиком, поэтому он стремился все важнейшие положения почвоведения в первую очередь обосновать химически»¹.

Химический подход к процессам почвообразования в значительной мере обусловлен тем, что П. С. Коссович был преимущественно лабораторным работником, прекрасным экспериментатором за аналитическим столом, опытным исследователем в вегетационном домике, но мало работал в поле и недостаточно наблюдал почву в природной обстановке.

Именно отрыв изучения почвы в лаборатории от изучения в природной обстановке привел П. С. Коссовича к односторонним, а следовательно, неверным, представлениям о сущности и направлении развития почвообразовательного

¹ С. А. Захаров. Об эволюции научных интересов профессора П. С. Коссовича в области почвоведения. Журн. «Русский почвовед» № 11—12, 1915, стр. 330.

процесса, которые в дальнейшем оказали большое влияние на генетические представления К. К. Гедройца и многих других почвоведов.

Развитие почв, переход одного типа почвы в другой П. С. Коссович объяснял процессом возрастающего промывания почвы атмосферными осадками и выносом из нее оснований, то-есть геологическим элювиальным процессом, не упоминая даже о смене растительных формаций.

В научной деятельности П. С. Коссовича и его влияния на учеников, в том числе на К. К. Гедройца, следует различать две стороны. Большое положительное значение для прогресса науки имело развитие исследований в области изучения химических свойств почвы, познания почвы как среды для развития культурных растений, исследования, связанные с применением удобрений и химических мелиораций различных почв. Наоборот, работы в области генезиса почв, в которых недоучитывалась роль растительности в почвообразовании и на первое место был поставлен геологический элювиальный процесс, направляли развитие почвоведения по неверному пути.

Свою научную работу в области почвоведения и агрохимии К. К. Гедройц начал в лаборатории П. С. Коссовича в 1899 г. Его первое исследование посвящено использованию способности почвенных растворов проводить электрический ток для определения содержания в них растворенных солей и установления степени солонцеватости почвы. В 1900 г. результаты этого исследования появляются в печати (1). В опубликованной статье весьма обстоятельно и всесторонне освещены результаты проведенного исследования, но в ней еще трудно предугадать будущего крупного ученого. В предисловии К. К. Гедройц указывает, что работа выполнена по предложению и под руководством П. С. Коссовича.

Работая над изучением питания растений и интересуясь мелиорацией засоленных почв, П. С. Коссович неизменно сталкивался с недостатком сведений о составе почвенного раствора, содержания в нем растворенных солей и т. д.

В связи с этим внимание П. С. Коссовича привлекли появившиеся в литературе указания, что путем измерения электропроводности¹ можно с очень небольшой затратой времени

¹ Электропроводностью называют величину, обратную электрическому сопротивлению. Удельная электропроводность — электропроводность столба между двумя электродами площадью 1 см² каждый, удаленными друг от друга на 1 см.

определять концентрацию почвенного раствора непосредственно в почве. Это открывало большие возможности наблюдать за изменением концентрации почвенного раствора во времени в зависимости от колебаний влажности почвы, температуры, протекающих в почве химических процессов и т. д. Пришедшему к нему молодому К. К. Гедройцу он поручает дать анализ степени пригодности этого метода для указанных целей.

В основе метода электропроводности лежат следующие предпосылки. Чистая вода не проводит электричества. Прибавление к воде кислот, солей, оснований сообщает растворам способность проводить электрический ток.

На основании всестороннего анализа метода электропроводности К. К. Гедройц весьма убедительно показал его неприменимость к исследованию концентрации почвенного раствора непосредственно в почве, то-есть без его предварительного извлечения. Главным препятствием служит влияние на электропроводность твердой фазы почвы, которое настолько велико, что приводит к получению совершенно неправильных данных. Им указаны также и другие слабые стороны метода¹.

В последующие годы К. К. Гедройц занимается фосфатным питанием растений, по поручению П. С. Коссовича. Он публикует ряд исследований, посвященных химическим методам определения обеспеченности растений усвояемыми формами фосфорной кислоты (3), влиянию известкования на доступность фосфорной кислоты почв (13), сравнению степени использования растениями фосфорной кислоты фосфорита, костяной муки, томасшлака (7), и другие работы.

В 1906 г. появляется в печати весьма обстоятельная работа К. К. Гедройца об изменяемости концентрации почвенного раствора и содержания в нем легкорастворимых соединений в зависимости от внешних условий (14). Эта публикация свидетельствует о громадной работе, выполненной ее автором за годы, прошедшие после опубликования

¹ В дальнейшем метод определения суммарной концентрации электролитов в водных растворах путем измерения электропроводности был в значительной мере уточнен. Простота метода и быстрота получения результатов делают его особенно пригодным для массовых анализов при экспедиционных исследованиях в областях распространения засоленных почв. Подробнее см. П. А. Крюков. Электрохимические методы исследования почв. Сборник «Современные методы исследования физико-химических свойств почв», вып. 2, Изд. АН СССР, 1947.

первой статьи. К. К. Гедройц выступает в данном исследовании уже как вполне зрелый ученый со сложившимися оригинальными мыслями, уверенно идущий к еще далекой, но уже определившейся цели. Несмотря на большой промежуток времени со дня опубликования рассматриваемой статьи она в значительной мере сохранила интерес и многие высказанные в ней положения имеют большую ценность в настоящее время.

В первых строках статьи К. К. Гедройц подчеркивает громадное значение изучения почвенных растворов вследствие той большой роли, которую «они играют в почвообразовании и жизни растений». Несколько строками ниже он пишет: «...без всякого преувеличения можно сказать, что от степени решения этого вопроса зависят дальнейшие успехи агрономии».

Главным препятствием, стоящим на пути исследования почвенного раствора, К. К. Гедройц считал отсутствие методов, позволяющих выделять почвенный раствор в неизменном состоянии. Давая анализ всех предложенных для этой цели методов, он показывает их неудовлетворительность.

Уже в самом отделении почвенного раствора от находящегося с ним в подвижном равновесии газообразной и твердой фаз почвы заключен источник искажения действительного состава почвенного раствора.

На основании детального и всестороннего рассмотрения причин, влияющих на состав почвенного раствора, К. К. Гедройц в этой книге делает весьма важный принципиальный вывод, что «...концентрация почвенного раствора есть величина переменная, постоянно изменяющаяся не только в пространстве, но и во времени» (14, стр. 533—534).

К. К. Гедройц показывает, что изменение почвенного раствора в пространстве обусловлено зависимостью его качественного и количественного состава от химического состава почвы, ее физических свойств, климатических условий, характера культуры. Изменяемость во времени зависит от непрерывного изменения внешних условий, влияющих на растворимость почвенных соединений. Далее он указывает, что почвенный раствор никогда не достигает состояния равновесия с твердой фазой почвы и почвенным воздухом, он стремится к этому равновесию, но непрерывно протекающие в почве процессы вносят постоянные изменения, исключая возможность достижения равновесия. Во-

сходящее или нисходящее передвижение в почве влаги, всасывающее действие корневых систем, колеблющееся содержание в почвенном воздухе углекислоты и другие условия, постоянно меняющиеся во времени, неизменно препятствуют достижению равновесия. Рядом примеров К. К. Гедройц обосновывает правильность сделанных им выводов.

Изучение почвенных растворов приводит К. К. Гедройца к проблеме взаимодействия находящихся в растворе соединений с твердой фазой почвы, в первую очередь с почвенными коллоидами. Анализ причин, влияющих на состав почвенного раствора, кроме ранее рассмотренных, выявил влияние явлений адсорбции (или поглощения) твердыми частицами почвы растворенных веществ. К. К. Гедройц пишет, что явление адсорбции или поглощения должно оказывать большое влияние на состав почвенного раствора и питание растений. В дальнейшем он приводит довольно подробный обзор важнейших работ в этой области. Вегетационные опыты с не меньшей убедительностью показывали, что вопросы взаимодействия с почвой различных форм фосфатных удобрений и извести нельзя понять и объяснить без глубокого изучения поглотительной способности почв.

Данный вывод о большом значении явлений поглощения в почвообразовании и жизни растений имел громадное влияние на всю последующую деятельность К. К. Гедройца. Именно этот вывод побудил К. К. Гедройца заняться изучением поглотительной способности почв.





ИЗУЧЕНИЕ ПОГЛОТИТЕЛЬНОЙ СПОСОБНОСТИ ПОЧВ

Способность почвы поглощать из растворов солей их основания, отдавая в обмен равное (эквивалентное) количество других оснований, была установлена еще в 50—55-х годах прошлого столетия. Таким образом, до начала работ К. К. Гедройца по изучению поглотительной способности почв прошло около 50 лет. За этот промежуток времени были проведены многие исследования, расширившие сведения о поглотительной способности почв.

Раздел о поглотительной способности уже вошел в учебные руководства по почвоведению. Так, в литографированном издании курса лекций П. А. Костычева (1886—1887 гг.) поглотительной способности почв посвящено две главы общим объемом 18 страниц¹. В. В. Джучаев в программу «Нижегородских работ» (1882—1886 гг.) включил определение поглотительной способности почв. В книге «Материалы к оценке земель Нижегородской губернии» помещена написанная Н. Ф. Бараковым глава о поглотительной способности почв. В «Кратком курсе почвоведения», изданном в 1909 г. А. Н. Сабаниным², также имеется раздел о поглотительной способности почв, занимающий несколько страниц. А. Н. Сабанин предлагал различать три вида поглотительной способности: 1) поглощение химическое, 2) поглощение физическое и 3) поглощение коллоидами, или физико-химическое. В начале раздела

¹ Почвоведение, Сельхозгиз, М.—Л., 1940, стр. 36—54.

² Краткий курс почвоведения, Изд. Константиновского межевого института, М., 1909, стр. 71—78.

А. Н. Сабанин указывал, что поглотительная способность зависит от процессов «...весьма сложных и недостаточно изученных».

Со сложностью и недостаточной изученностью явлений поглощения и обмена К. К. Гедройц столкнулся уже при первых попытках обобщения имеющихся в литературе сведений о поглотительной способности почв.

Критический анализ имеющихся в литературе материалов показал К. К. Гедройцу неразработанность самой методики исследования поглотительной способности почв, то-есть неудовлетворительность той основы, на которой его предшественники строили все последующие выводы. Для исследования применяли разные методы, дающие противоречивые результаты. Отсутствие сравнительной оценки применяемых методов не позволяло судить о степени достоверности получаемых результатов.

Поэтому наряду с отдельными правильно подмеченными закономерностями, справедливость которых была подтверждена в дальнейшем, было много противоположных выводов, не получивших затем подтверждения и признания. Когда К. К. Гедройц приступал к изучению поглотительной способности почв, еще было неизвестно, какие из противоположных утверждений надлежит принять за правильные. Не только неразработанность методики исследования, но и общее состояние науки не позволяло оценить правильность постановки многих опытов, а следовательно, и основанных на них выводов.

Важно отметить, что было недостаточно разъяснено значение поглотительной способности почвы для понимания процессов почвообразования и разработки мероприятий по повышению плодородия почв. Изучением поглотительной способности почв занималось небольшое число химиков, которые изучали явления поглощения вне связи с процессами почвообразования и запросами агрономии. В результате получаемые ими данные не находили практического применения.

Вскоре К. К. Гедройц убедился, что одного изучения и систематизации имеющегося в литературе материала недостаточно для составления ясного и экспериментально обоснованного представления о поглотительной способности почв и сущности реакций обмена ионов. Одного только критического анализа предыдущих исследований было недостаточно для установления степени достоверности пред-

ложенных теоретических обобщений и гипотез, для отделения возможного от вероятного, доказанного от неверного.

Правильный выход К. К. Гедройц видел в экспериментальной проверке всех ранее описанных явлений на основе применения хорошо разработанной химико-аналитической методики и безупречной постановки опытов. Приняв такое решение, К. К. Гедройц приступает к проведению очень трудоёмких аналитических работ по изучению явлений поглощения и обмена ионов между почвами и солевыми растворами. Работу К. К. Гедройц проводит со свойственной ему последовательностью, уделяя много внимания методическим вопросам, и планомерно, шаг за шагом, изучая различные стороны поглотительной способности почв и связанные с этим вопросы поведения почвенных коллоидов. Прекрасно владея аналитическим методом исследования, К. К. Гедройц сам выполнил огромную химико-аналитическую работу. Этот безукоризненно полученный фактический материал позволил ему установить главнейшие закономерности поглощения и обмена ионов.

Результаты исследований К. К. Гедройц, начиная с 1908 г., публикует в виде серии статей в «Журнале Опытной Агрономии» и других периодических изданиях¹. Крупным событием был выход в свет в 1922 г. первого издания монографии К. К. Гедройца «Учение о поглотительной способности почв», в которой были обобщены результаты его многолетних исследований. Продолжая работать над изучением явлений поглощения, К. К. Гедройц выпускает в 1929 г. второе значительно расширенное издание монографии, а в 1932 г. появляется третье, переработанное и дополненное издание этой книги.

Мировая литература по почвоведению и агрохимии не имела подобной обобщающей монографии о поглотительной способности почв. Поэтому опубликование приведенных в стройную систему сведений о поглотительной способности почв, подкрепленных богатым аналитическим материалом, представляло крупнейшее событие в научной жизни. Эта монография К. К. Гедройца на долгие годы стала настольной книгой многочисленных исследователей почвы.

К. К. Гедройц ввел очень широкое понимание поглотительной способности почв, как свойства «... задерживать те или другие вещества, приходящие в соприкосновение с ее

¹ См. библиографию № 17, 29, 32, 33, 34, 46, 49, 50, 51, 56, 57.

твердой фазой через циркулирующие в ней воды. Таким образом могут задерживаться соединения или части их, находящиеся в растворенном состоянии, а также коллоидно-распыленные частички минерального и органического вещества, живые организмы и грубые суспензии» (64, стр. 12, изд. 4). В соответствии с этим он предложил различать пять видов поглотительной способности: 1) механическую, 2) физическую, 3) физико-химическую, или поглотительную, способность в узком смысле или обменную способность, 4) химическую и 5) биологическую. Он указывает далее, что параллельно с различием самого характера поглощения эти виды поглотительной способности отличаются друг от друга тем, что именно поглощается почвой и какова судьба поглощенного вещества (64, стр. 16, изд. 4). Названные виды поглотительной способности были изучены и описаны К. К. Гедройцем с неодинаковой полнотой.

Механическая поглотительная способность. Почва представляет пористое тело, пронизанное большим количеством отверстий или скважин различного диаметра, формы и протяжения. Скважность зависит от механического состава, структурного состояния и плотности сложения почвы. Различают некапиллярную и капиллярную скважность, в последней выделяют еще ультракапилляры, обладающие наименьшим диаметром.

В почвенном растворе, просачивающемся через почву, кроме молекулярно-растворенных соединений могут задерживаться во взвешенном состоянии коллоидные и близкие к ним по размеру минеральные и органические частицы. Свободно проходя через некапиллярные скважины, взвешенные частицы могут быть частично или полностью задержаны в более тонких капиллярах. Если размер частицы превышает диаметр капиллярных отверстий, то она неизбежно должна быть задержана. Имеются указания, что в очень тонких капиллярах (ультракапиллярах) могут механически задерживаться микроорганизмы, особенно более крупные.

По мере того как имеющиеся в почве поры заполняются механически задержанными частицами их диаметр уменьшается, а вместе с этим возрастает способность задерживать более мелкие частицы.

В соответствии со сказанным, К. К. Гедройц предложил под механической поглотительной способностью понимать свойство почвы задерживать частицы, взмученные в фильтрующемся через почву растворе.

Физическая поглотительная способность. На границе соприкосновения твердых частиц почвы с окружающим раствором возникает некоторое количество свободной энергии, которая названа поверхностной энергией. Величина поверхностной энергии зависит от двух величин: поверхностного натяжения на границе соприкосновения почвенных частиц с почвенным раствором и от суммарной величины поверхности всех твердых частиц почвы, представляя произведение этих двух величин, то-есть поверхностная энергия = поверхностному натяжению \times на величину поверхности.

К. К. Гедройц указывает, что поверхностное натяжение почвенных растворов очень невелико и поэтому величина поверхностной энергии в почвах зависит главным образом от величины общей поверхности твердых частиц, т. е. от механического состава почвы. Чем богаче почва более мелкими частицами, тем больше суммарная поверхность слагающих почву частиц, а следовательно, выше поверхностная энергия. Величина суммарной площади поверхности, а следовательно, и поверхностная энергия зависят преимущественно от содержания наиболее мелких частиц.

К. К. Гедройц указывал на два возможных пути уменьшения величины свободной поверхностной энергии: понижение степени дисперсности и уменьшение величины поверхностного натяжения почвенного раствора.

Физическое поглощение с понижением поверхностного натяжения. Поверхностное натяжение воды составляет при 0° —75,5 дин на 1 см^2 . В водных растворах величина поверхностного натяжения зависит от природы и концентрации растворенных соединений. Одни вещества понижают, другие повышают поверхностное натяжение водных растворов. С повышением концентрации растворенных веществ возрастает их влияние на поверхностное натяжение растворов. К веществам, понижающим поверхностное натяжение водных растворов, принадлежат многие органические соединения: органические основания и кислоты, спирты, высокомолекулярные вещества и др. В противоположность им, неорганические соли, кислоты и основания, а также органические соединения с большим количеством гидроксильных групп повышают поверхностное натяжение.

Стремясь понизить свободную поверхностную энергию путем уменьшения поверхностного натяжения, почвенные частицы будут притягивать к себе вещества, понижающие

поверхностное натяжение и, наоборот, отталкивать вещества, повышающие поверхностное натяжение. В результате в слоях воды, непосредственно прилегающих к поверхности почвенных частиц (физически связанная вода), концентрация понижающих поверхностную энергию соединений будет выше, а концентрация повышающих поверхностную энергию соединений ниже, чем в окружающем почвенном растворе. В первом случае мы будем иметь положительное, во втором — отрицательное физическое поглощение. Выявляется неоднородность почвенного раствора: концентрация одних соединений по мере удаления от поверхности частиц возрастает, других — понижается.

К. К. Гедройц отмечает, что положительное физическое поглощение почвой растворенных веществ еще недостаточно доказано и что с количественной стороны это поглощение значительно уступает физико-химическому и химическому.

В подтверждение существования физического поглощения К. К. Гедройц приводит опыты Н. В. Лобанова¹ и А. В. Трофимова². Н. В. Лобанов нашел, что внесение понижающих поверхностное натяжение спиртов повышает содержание фосфорной кислоты в выжижаемом из почвы растворе. А. В. Трофимов в ряде опытов показал отрицательное физическое поглощение хлоридов, нитратов и отчасти сульфатов.

Этот раздел монографии К. К. Гедройц заканчивает следующим выводом: «Несмотря однако на очень скудное количество экспериментальных доказательств способности почвы к положительной и отрицательной адсорбции (поглощению Н. Р.), теоретические соображения заставляют нас признать, что таковую почва обладает, но количественно она проявляется в общем малыми величинами, которые при методах, обычно применявшихся для их определения (методы взбалтывания, промывания и т. п.), мало доступны нашим измерениям» (64, стр. 29, изд. 4).

Физическое поглощение с уменьшением поверхности частиц. К этому разделу К. К. Гедройц относит физическое

¹ Лобанов Н. В. К вопросу о физической адсорбции почвами нитратов и фосфатов. Изв. Ив.-Вознесенского политехн. ин-та, т. XII, 1928, стр. 75.

² Трофимов А. В. К познанию невыделимой части почвенного раствора. Отрицательная адсорбция почвой электролитов. «Научно-агр. журн.», т. 2, 1925, стр. 613.

Он же. О пленочной влаге в почве. «Научно-агр. журнал», т. IV, 1927, стр. 560.

поглощение, когда снижение поверхностной энергии происходит в результате уменьшения суммарной поверхности частиц вследствие укрупнения размера частиц. В определенных условиях коллоидные и близкие к ним по размеру частицы, соединяясь вместе, образуют более крупные агрегаты, состоящие из многих мелких частиц. Этот процесс называют коагуляцией.

Явление коагуляции, пишет К. К. Гедройц, должно быть отнесено к области поглощения, так как оно ведет к удержанию тех веществ, которые вследствие высокой степени раздробленности могут быть вымыты из почвы нисходящим током влаги.

Физико-химическая, или обменная, поглотительная способность. Изучение этого вида поглотительной способности, имеющего большое значение во всех почвенных процессах, представляет основное содержание исследований К. К. Гедройца.

До работ К. К. Гедройца широкое распространение имела теория, что поглотительная способность почв обусловлена наличием в почвах особых минералов-цеолитов. На этом основании обладающую поглотительной способностью часть почвы называли цеолитной, а вытесняемые из почвы солевым раствором основания — цеолитными основаниями.

К. К. Гедройц показал, что вытесняемые из почвы соевыми растворами основания не входят в структуру цеолитов или других им подобных минералов, а находятся на поверхности коллоидных или близких к ним по размеру частиц. Реакции обмена протекают на границе соприкосновения солевого раствора с поверхностью этих частиц.

Обладающую поглотительной способностью часть почвы К. К. Гедройц назвал «почвенный поглощающий комплекс». Природу этого комплекса он характеризует следующим образом.

1. С химической стороны почвенный поглощающий комплекс состоит из нерастворимых в воде солеобразных алюмосиликатных и органических или органо-минеральных соединений.

2. С физической стороны почвенный поглощающий комплекс представляет совокупность тех почвенных соединений, которые находятся в почве в мелко раздробленном состоянии; эта высокодисперсная твердая часть почвы, по всей вероятности, близко совпадает с коллоидной частью

почвы; но возможно, что некоторое участие в характерных реакциях этого комплекса принимают частицы и соседние по величине, более крупные чем коллоидные, а именно с диаметром между 0,001 мм и 0,00025 мм.

Наиболее характерное свойство почвенного поглощающего комплекса — способность к реакциям обмена катионов на катионы соприкасающихся с ним растворов; параллельно могут протекать некоторые другие реакции, имеющие второстепенное значение.

Относительно образования почвенного поглощающего комплекса К. К. Гедройц указывает два возможных пути. Он может образоваться в результате выветривания почвенных минералов до коллоидных размеров (путь дисперсионный) и путем образования новых соединений в результате взаимодействия полученных в процессе выветривания и почвообразования молекулярно растворенных продуктов, главным образом, кремнекислоты, с гидроокисями железа и глинозема (путь конденсационный). Кроме того, в почвах происходит образование перегнойных веществ, также обладающих рассматриваемым видом поглощательной способности.

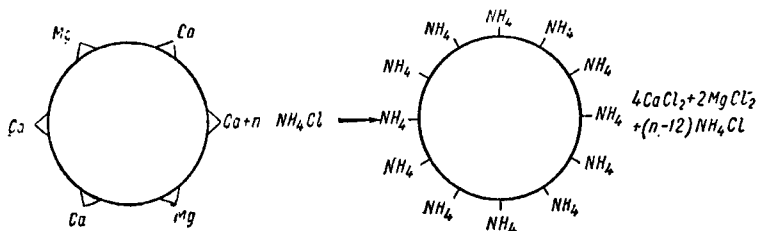
Введенное К. К. Гедройцем определение понятия «почвенный поглощающий комплекс» имело большое организующее значение для дальнейшего развития учения о поглощательной способности почв.

Изучая процессы взаимодействия различных почв с раствором хлористого аммония, К. К. Гедройц нашел, что раствор этой соли извлекает из почв больше кальция и магния, чем водная вытяжка при том же соотношении между почвой и раствором и при том же времени соприкосновения. Из этого следовал вывод, что хлористый аммоний обладает способностью извлекать из почвы соединения кальция и магния, нерастворимые в воде. В дальнейшем им было показано, что и другие соли обладают способностью вытеснять из почвы больше кальция и магния, чем их переходит в водную вытяжку.

Для установления этой закономерности К. К. Гедройц взбалтывал определенную навеску ~~воды~~ (10 г) с раствором хлористого аммония (или другой соли) и затем анализировал отфильтрованный раствор. Кроме определения кальция и магния, он также учитывал содержание в фильтрате хлора и аммония. Анализ показал, что после взаимодействия с почвой количество ионов хлора в фильтрате оставалось

тем же, что было в исходном растворе. Из этого следовало, что в реакциях взаимодействия соли с почвой участвуют только основания соли, а анионная часть соли в реакции обмена не вступает.

Определение в фильтрате аммония обнаружило уменьшение его содержания. Следовательно, некоторая часть аммония была связана почвой. Подсчет показал, что при анализе черноземов в раствор переходило количество кальция и магния, в сумме равное (эквивалентное) количеству аммония, удержанного почвой из раствора.



Обмен оснований на поверхности коллоидной частицы

Общее количество оснований, переходящих из почвы в раствор хлористого аммония, эквивалентно количеству аммония, удержанного почвой из раствора.

Солевой раствор извлекает из почвы не все количество содержащихся в ней кальция и магния, а только часть, по-видимому лишь те ионы кальция и магния, которые расположены на поверхности коллоидных частиц и приходят в соприкосновение с солевым раствором, а следовательно, могут обмениваться на основания соли. Общий вывод из этих и сходных опытов с растворами других солей К. К. Гедройц формулирует следующим образом.

«...между почвенными, в воде нерастворимыми соединениями, содержащими Ca и Mg как основания и хлористым аммонием раствора происходит взаимный обмен основаниями: кальций и магний переходят в раствор и становятся вместо аммония, аммоний же хлористого аммония становится вместо кальция и магния в нерастворимые соединения почвы; аммоний таким образом исчезает из раствора, «поглощается» почвой, поэтому это свойство почвы и названо поглотительной способностью, а в отличие от других видов поглощения — обменной поглотительной способ-

ностью, так как при этом происходит обмен поглощаемого соединения на почвенные основания; эта же способность может быть названа по характеру самого процесса физико-химической» (64, стр. 58—59, изд. 4).

Основания (или катионы) почвы, способные к обмену на основания солевых растворов, были названы поглощенными, или обменными, основаниями (катионами).

Установив эти положения, К. К. Гедройц проводит всестороннее изучение процессов вытеснения из почвы обменных катионов сначала хлористым аммонием, а затем другими солями. В результате этих исследований был выяснен ряд важных закономерностей.

Исследования показали, что если равные навески почвы обрабатывать равными объемами растворов какой-либо соли, различающихся по концентрации, то чем выше концентрация примененной соли, тем большие количества обменных оснований почвы будут переходить в раствор. Количество вытесняемых из почвы оснований возрастает значительно медленнее, чем увеличивается концентрация применяемого раствора.

Если одновременно и пропорционально увеличивают навеску почвы и объем применяемого раствора соли, то количество переходящих в раствор обменных оснований не изменяется. Если же навеску оставляют постоянной и увеличивают объем раствора соли, то количество вытесняемых оснований возрастает. Это повышение количества вытесняемых оснований не пропорционально увеличению объема раствора, а значительно меньше.

Скорость, с которой протекают процессы обмена между поглощенными катионами почвы и основаниями солевых растворов, очень велика; реакция заканчивается почти моментально. Уже при фильтровании раствора хлористого аммония через почву обмен происходит в полном размере, соответствующем соотношению между количеством почвы, объемом раствора и его концентрацией. Скорость реакции обмена служит одним из доказательств, что эта реакция протекает на поверхности или в самом поверхностном слое почвенного поглощающего комплекса.

Последующие исследования полностью подтвердили справедливость приведенных закономерностей для широких соотношений между почвой и раствором. В природных условиях обычно имеют место значительно более узкие соотношения. Представляло интерес выяснить течение обменных

реакций при соотношении между почвой и растворами, близкими к преобладающей в почвах влажности. Н. И. Горбунов и И. Г. Цюрупа¹ на основании проведенных ими опытов пришли к выводу о необходимости в этих условиях длительного времени (до 10 суток) для достижения равновесия между почвой и раствором соли.

К. К. Гедройц показал, что обменные основания можно вытеснять из почвы не только хлористым аммонием, но и любой другой солью. В этих случаях почва будет поглощать из раствора другой катион, соответствующий природе взятой соли. Обменные катионы почвы можно вытеснить и заместить любым другим катионом, в том числе и ионом водорода, если обрабатывать почву сильно разбавленным раствором какой-либо кислоты, например соляной. Таким образом можно приготовить почву, насыщенную только одним катионом.

Развивая исследования в этом направлении, К. К. Гедройц переходит к выяснению различий в энергии поглощения и вытеснения различных катионов. В этих целях были поставлены опыты с почвой, в которой все обменные катионы были предварительно искусственно замещены барием. Опыт выявил неодинаковую способность различных катионов вытеснять из почвы поглощенный барий. Сходный опыт был повторен с почвой, искусственно насыщенной кальцием. Результаты получены те же.

На основании этих опытов была установлена зависимость энергии поглощения (или вытеснения) катионов от их природы.

У однозначных катионов энергия поглощения возрастает с увеличением атомного веса, только аммоний нарушает эту закономерность, занимая по атомному весу второе место, а по энергии поглощения — третье. Такая же закономерность наблюдается для двузначных и трехзначных катионов, которые по энергии поглощения располагаются в порядке возрастания атомного веса. При сравнении катионов разной валентности выявляется увеличение энергии поглощения при переходе от одновалентных к двухвалентным, а от последних к трехвалентным. Например, натрий, магний и алюминий, имеющие близкие атомные веса, сильно отличаются по энергии поглощения. При обработке

¹ Горбунов Н. И. Поглотительная способность почв и ее природа. Сельхозгиз, М., 1948.

насыщенной барьером почвы было вытеснено следующее количество миллиэквивалентов Ва: натрием — 4,5; магнием — 7,7; алюминием — 16,7.

Таким образом, по энергии поглощения катионы в восходящем порядке располагаются в следующие ряды:

одновалентные — $\text{Li} < \text{Na} < \text{NH}_4 < \text{K} < \text{Rb}$

двухвалентные — $\text{Mg} < \text{Ca} < \text{Cd} < \text{Co}$

трехвалентные — $\text{Al} < \text{Fe}$

Катионы, обладающие большей энергией поглощения, прочнее удерживаются в поглощенном состоянии и труднее могут быть замещены.

Особенно велика энергия поглощения у водородного иона: она в 4 раза больше, чем у кальция, и в 17 раз больше, чем у натрия.

Большое значение имеет введенное К. К. Гедройцем понятие о емкости поглощения, которую он определяет следующим образом: «Сумма всех поглощенных (или обменных) катионов, могущих быть вытесненными из данной почвы, есть величина для этой почвы постоянная; она может изменяться лишь с изменением природы самой почвы; эта сумма называется емкостью поглощения» (64, стр. 69—70, изд. 4).

Рассматривая вопрос о разграничении физико-химической и физической поглотительной способности, К. К. Гедройц пишет, что в обоих случаях существенную роль играет поверхностная энергия. Различие заключается в том, что в случае физической поглотительной способности происходит лишь концентрация (положительная или отрицательная) растворенных веществ в прилегающих к поверхности почвенных частиц слоях жидкости, а при обменном поглощении ионы почвенного раствора вступают в химическую реакцию с молекулами, расположенными на поверхности частиц. Эта реакция обусловлена не только поверхностной энергией, но и способностью коллоидных частиц, несущих отрицательный электрический заряд, притягивать к своей поверхности катионы почвенного раствора, которые затем вступают в реакции обмена с катионами молекул, расположенными на поверхности частиц.

Двойственный характер описываемых реакций, обусловленных физическими и химическими причинами, служит основанием для выделения этой поглотительной способ-

ности в особый вид и для наименования ее физико-химической. Поскольку при этом имеет место обмен ионов, то ее можно назвать также обменной поглотительной способностью.

В соответствии с изложенными выше воззрениями К. К. Гедройцем были даны методы определения содержания в почве обменных катионов. В качестве основного метода определения содержания в почве обменных кальция и магния им предложено промывание навески почвы раствором хлористого аммония с последующим определением в фильтрате кальция и магния обычным аналитическим путем. Этот метод до сего времени остается наилучшим. Когда в период иностранной империалистической военной интервенции и гражданской войны 1918—1920 гг. начал ощущаться резкий недостаток хлористого аммония, К. К. Гедройц разработал метод определения обменных оснований обработкой почвы 0,05 нормальной соляной кислотой. Последующие исследования показали, что этот метод дает неточные результаты, так как соляная кислота указанной концентрации вытесняет из почвы значительно больше магния, чем хлористый аммоний или другая соль.

Поскольку хлористый аммоний в качестве примеси часто содержит заметные количества щелочных металлов, то для определения содержания в почве обменного натрия К. К. Гедройц предложил вытеснять обменный натрий из почвы бикарбонатом кальция и затем определять в фильтрате содержание обменного натрия одним из методов аналитической химии.

Для определения обменного водородного иона К. К. Гедройц применял промывание почвы раствором хлористого бария с последующим определением в фильтрате образовавшейся кислоты титрованием.

Сумма обменных катионов, содержание которых определено описанными выше методами, показывает величину емкости поглощения. Содержание обменных катионов и емкость поглощения принято выражать в миллиэквивалентах (или сокращенно м-экв.) на 100 г почвы.

Исследование описанными методами главнейших типов почв, произведенное К. К. Гедройцем, показало существенные различия в содержании, составе и распределении обменных катионов в профиле исследованных типов почв.

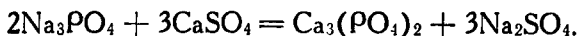
По составу обменных катионов были выявлены почвы, насыщенные (черноземы) и не насыщенные (дерново-под-

золистые) основаниями. В первых, т. е. насыщенных основаниями, при взаимодействии почвы с раствором нейтральной соли не происходит подкисления раствора, обмен основаниями между почвой и раствором соли осуществляется в эквивалентных соотношениях. В составе обменных оснований преобладает кальций (80% от емкости поглощения), второе место занимает магний (20% от емкости поглощения), другие основания содержатся в незначительном количестве. Особую группу составляют солонцы, содержащие, согласно анализам К. К. Гедройца, заметные количества обменного натрия.

Почвы, не насыщенные основаниями, при взаимодействии с растворами нейтральных солей вызывают подкисление раствора вследствие образования свободной кислоты; эти почвы поглощают из растворов солей больше оснований, чем дают в обмен.

К. К. Гедройц попытался определить степень участия минеральной и органической части почвы в создании емкости поглощения (85, 86 и 95). Для этих целей он разрушал почвенный перегной перекисью водорода и в лишенном перегноя остатке почвы определял емкость поглощения минеральной части почвы. Было обнаружено, что в черноземе из Каменной степи с общей емкостью поглощения 50—70 м-экв. на долю минеральной части поглощающего комплекса приходилось около 30 м-экв.

Химическая поглотительная способность. Химическим поглощением К. К. Гедройц называет способность почвы удерживать те или иные ионы путем образования нерастворимых или труднорастворимых солей вследствие их взаимодействия с содержащимися в почве другими солями. Примером может служить взаимодействие фосфата натрия с гипсом, в результате которого происходит образование труднорастворимого фосфата кальция:



Образующийся при этой реакции труднорастворимый фосфат кальция химически поглощается почвой.

Исследованием химической поглотительной способности К. К. Гедройц не занимался, и она им описана очень кратко.

Биологическая поглотительная способность. По поводу этого вида поглотительной способности К. К. Гедройц пишет: «Почва со всеми живущими в ней организмами с естественно-исторической точки зрения может быть рассматриваема

как нечто единое, как особое тело; те процессы, которые в ней протекают, благодаря жизнедеятельности этих организмов относятся также к почвенным процессам и могут быть выделены в особую группу. С этой точки зрения извлечение организмами из почвенного раствора в процессе их жизнедеятельности различных веществ можно рассматривать как особый вид поглотительной способности почвы, как биологическое поглощение» (64, стр. 190—191, изд. 4).

Корневые системы высших растений, мхи, лишайники, водоросли, населяющие почву микроорганизмы, и другие представители биологического мира черпают из почвы необходимые им для жизни элементы питания, закрепляют их на определенный промежуток времени в теле своих организмов, а после отмирания возвращают почве. В результате жизнедеятельности растительных организмов происходит обогащение верхних слоев почвы азотом, углеродом, фосфором, серой, кальцием, калием и другими биологически важными элементами питания.

К. К. Гедройц непосредственно не занимался изучением биологической поглотительной способности. Этот вид поглотительной способности наиболее подробно был освещен в трудах академика В. Р. Вильямса. Особенно большое значение имеет выдвинутое и доказанное В. Р. Вильямсом положение об избирательной поглотительной способности как свойстве зеленых растений, а не почвы. Дальнейшее развитие это положение получило в разработанной В. Р. Вильямсом теории биологического круговорота азота и зольных элементов.

Работы К. К. Гедройца о поглотительной способности почв получили широкую популярность в СССР и за его пределами и вызвали большое количество дальнейших исследований. Особенно большое значение имели труды И. Н. Антипова-Каратаева, Д. Л. Аскинази, Е. Н. Галона, А. Н. Соколовского, С. С. Ярусова.





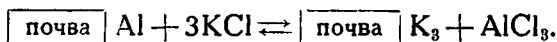
ПРОБЛЕМА ПОЧВЕННОЙ КИСЛОТНОСТИ

К доказательству существования ненасыщенных оснований почв К. К. Гедройц впервые подошел при выяснении вопроса о почвах, на которых можно с успехом применять фосфоритную муку. Изучение природы ненасыщенности почв основаниями, или природы почвенной кислотности, привлекало внимание К. К. Гедройца вследствие того большого значения, которое он склонен был придать почвенной кислотности в процессах почвообразования и в изыскании путей повышения почвенного плодородия. К. К. Гедройц посвятил изучению этого вопроса ряд специальных исследований (60, 82, 84).

Еще в начальный период своей работы в области изучения поглотительной способности почв К. К. Гедройц убедился в широком распространении почв, способных поглощать из растворов солей больше оснований, чем давать в обмен. Поскольку при взаимодействии таких почв с раствором солей в последних появлялась свободная кислота, то К. К. Гедройц сделал вывод о содержании в рассматриваемых почвах наряду с обменными основаниями также обменных Н-ионов. Реакцию взаимодействия между ненасыщенной основаниями почвой и раствором хлористого калия можно изобразить в виде схемы, показанной на рисунке (см. стр. 48). Свойство почв освобождать из растворов солей кислоту в результате обменных реакций было названо обменной кислотностью.

Противоположная точка зрения была выдвинута учеными США, Японии и Германии. Эти ученые исходили из того факта, что при обработке ненасыщенной основаниями почвы раствором нейтральной соли в вытяжку

всегда переходит некоторое количество алюминия. На этом основании они утверждали, что в почвах в составе обменных катионов имеются обменные ионы алюминия, которые при воздействии на почву растворов нейтральных солей обмениваются на основания этих солей и переходят в раствор. Реакция протекает по схеме:



Хлористый алюминий, представляя соль сильной кислоты (HCl) и слабого основания, в водном растворе гидролити-

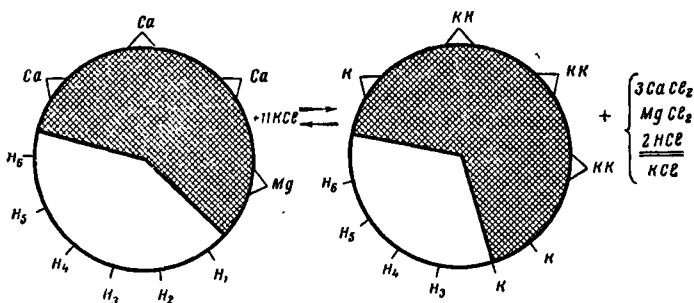
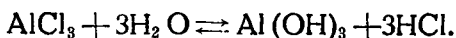


Схема обменной кислотности почвы

чески расщепляется с образованием гидроокиси алюминия и соляной кислоты, согласно уравнению



Таким образом, минеральная кислота, получаемая при обработке описываемых почв растворами нейтральных солей, по мнению названных исследователей, лишь создает впечатление присутствия в почве обменных H-ионов, а в действительности она образуется вследствие присутствия в почве обменного алюминия.

Самый факт перехода в солевые вытяжки из кислых почв некоторых количеств алюминия был хорошо известен К. К. Гедройцу. Однако переходу в солевые вытяжки алюминия он давал другое объяснение. К. К. Гедройц полагал, что образующаяся в результате обменных реакций между ненасыщенными основаниями почвой и раствором нейтральной соли минеральная кислота должна неизбежно оказывать на

почву соответствующее растворяющее действие, переводя в раствор некоторое количество алюминия, принадлежащего к наиболее легкорастворимым соединениям почвы.

Таким образом, согласно взглядам К. К. Гедройца, причина обменной кислотности — наличие обменных Н-ионов, следствие — появление в солевой вытяжке алюминия. По мнению ряда иностранных ученых, причина обменной кислотности — наличие обменных ионов алюминия, следствие — появление в растворе соляной кислоты как результат гидролиза хлористого алюминия.

В ряде публикаций К. К. Гедройц приводит обоснование своих возражений против предположения о роли алюминия в создании обменной кислотности или ненасыщенности почв основаниями. В одной из последних работ К. К. Гедройц писал: «Взятый в отдельности факт постоянного присутствия алюминия в солевых вытяжках из почв, ненасыщенных основаниями, может, несомненно, трактоваться в пользу признания обменного алюминия в почве причиной кислотности почв; но вся совокупность свойств почв, ненасыщенных основаниями, привела меня еще в 1911 г. к мысли о содержании в этих почвах водорода» (64 стр. 74, изд. 4). Несколько ниже он пишет, что в свете дальнейших исследований правильность этой мысли стала для него несомненной. Какие же имеются доказательства роли обменных Н-ионов в создании ненасыщенности почв основаниями.

Рядом исследований была обнаружена способность некоторых составных частей почвы, заведомо не содержащих полуторных окислов, железа и алюминия освобождать кислоту из растворов нейтральных солей. Например, способность освобождать кислоту из нейтральных солей обнаруживали тонко измельченный кварц, перегнойные кислоты, выделенные из почвы и торфа, а также приготовленные синтетически.

К. К. Гедройц считал веским доказательством в пользу существования обменных Н-ионов в почвах опыты по искусственному приготовлению насыщенных Н-ионом почв путем их обработки 0,05 нормальной соляной кислотой и особенно методом электролиза. В последнем случае замещение обменных оснований на Н-ионы происходило под действием чистой воды, через которую пропускали постоянный электрический ток. Образующиеся при этом в результате электролиза воды Н-ионы вытесняли из почвы обменные основания, становясь на их место.

Далее было обнаружено, что при электрометрическом измерении концентрации водородных ионов (рН) электрод, находящийся в соприкосновении с твердыми частицами почвы, показывал более высокую концентрацию Н-ионов, чем тот же электрод, опущенный в отстоявшуюся прозрачную жидкость или фильтрат водной суспензии («суспензионный эффект»). Это было объяснено действием Н-ионов, связанных с твердыми частицами почвы (обменные Н-ионы). Несколько ранее были опубликованы работы, выяснившие способность водных суспензий, не насыщенных основаниями почв, вызывать инверсию сахара, тогда как водные вытяжки из тех же почв этой способностью не обладали. Инверсия сахара происходит под действием Н-ионов. Поэтому описанные опыты показывают, что в почве имеются Н-ионы, связанные с твердой фазой и не переходящие в водную вытяжку.

Непосредственные опыты в целях обоснования ненасыщенности почв как следствия содержания обменных Н-ионов были проведены лично К. К. Гедройцем и в дальнейшем им опубликованы (82).

В одной серии опытов К. К. Гедройц показал, что алюминий переходит из почвы в раствор лишь в условиях кислой реакции. Если к почве, из которой алюминий переходил в солевую вытяжку, предварительно прибавить небольшое количество углекислого кальция и тем самым предотвратить образование кислой реакции при соприкосновении с раствором нейтральной соли, то в этих условиях не удавалось обнаружить перехода алюминия в раствор. К. К. Гедройц высказывает предположение, что если бы в почвах был обменный алюминий, то он обменивался бы на катионы солевых растворов не только при кислой реакции. Поскольку в условиях нейтральной или слабощелочной реакции (при добавлении углекислого кальция) не наблюдалось появления в растворе нейтральной соли алюминия, то К. К. Гедройц делает вывод об отсутствии в этих почвах обменного алюминия. На этом основании, по его мнению, переходящий в условиях кислой реакции солевых вытяжек алюминий нельзя считать обменным.

Следует добавить, что возможность выпадения в осадок вытесняемого из почвы алюминия в условиях нейтральной или слабощелочной реакции К. К. Гедройц не рассматривает.

К решению этого же вопроса он подходит и совершенно другим путем, а именно с помощью растения.

Из одного и того же чернозема были приготовлены две

почвы. В одной почве все обменные основания были замещены на Н-ионы путем длительной обработки 0,05 нормальной соляной кислотой, в другой — на алюминий обработкой хлористым алюминием. Затем к части почв был прибавлен углекислый кальций. Эти почвы набили в вегетационные сосуды, после чего посеяли овес. На почве, обработанной 0,05 нормальной соляной кислотой в присутствии достаточного количества углекислого кальция, овес развивался так же хорошо, как на исходном черноземе. Без внесения углекислого кальция овес на этой почве совсем не рос. На почве, насыщенной алюминием, даже в присутствии углекислого кальция овес развивался значительно хуже, чем на исходном черноземе. Без внесения углекислого кальция он совсем не рос.

Таким образом вредное действие, причиняемое наличием обменных Н-ионов, может быть легко устранено известкованием почв, а вредное действие, вызванное искусственным насыщением почвы обменным алюминием, этим путем не может быть устранено. Громадный практический опыт по известкованию почв с достаточной убедительностью доказывает, что внесение извести обеспечивает получение на кислых почвах высоких урожаев. Это служит подтверждением, что ненасыщенность этих почв обусловлена не алюминием, а обменным Н-ионом.

На основании изложенного К. К. Гедройц приходит к следующему обобщающему выводу: «...в настоящее время и теоретически и экспериментально установлена равноправность водородного иона со всеми другими металлическими катионами в отношении способности их вступать в почвенный поглощающий комплекс, замещая там другие катионы, и способность его замещаться другими катионами» (64, стр. 79, изд. 4).

К сказанному остается прибавить, что теория К. К. Гедройца о природе почвенной кислотности хорошо объясняет многие явления, имеющие большое практическое значение, чего не может дать теория обменного алюминия. Достаточно в качестве примера привести положительное действие фосфоритной муки на почвах, не насыщенных основаниями. Если принять, что ненасыщенность основаниями обусловлена обменными Н-ионами, то растворение в таких почвах фосфоритной муки будет совершенно понятным. Если же встать на путь признания теории обменного алюминия, то возникнут серьезные затруднения с объяснением положительного

действия фосфоритной муки на кислых почвах. Более того, при взаимодействии с алюминием можно ожидать понижения растворимости и доступности растениям фосфорной кислоты фосфорита вследствие образования труднорастворимого фосфата алюминия.

После всего сказанного К. К. Гедройцу казалось, что вопрос о природе ненасыщенности почв основаниями получил ясность. Однако впоследствии был опубликован ряд работ В. А. Чернова, в которых сделана попытка возродить теорию обменного алюминия и объяснять этим путем не только природу обменной, но и так называемой «гидролитической кислотности».

При решении вопроса о роли алюминия в создании ненасыщенности почв основаниями или обменной кислотности все исследователи встречаются с одной общей методической трудностью — невозможностью определить происхождение появляющихся в солевой вытяжке ионов алюминия. Это рождает затруднения в решении вопроса, является ли переходящий в солевой раствор алюминий причиной обменной кислотности или он только ее следствие, — результат растворения содержащихся в почве подвижных соединений алюминия в условиях кислой реакции. Поэтому все исследователи, не имея прямых методов доказательства роли алюминия в создании обменной кислотности, оказывались вынужденными пользоваться косвенными доказательствами, которые менее достоверны.

Понятие «обменные катионы» включает не только способность переходить в солевую вытяжку, но и определенное топографическое положение на поверхности коллоидных и близких к ним частиц, а также природу связи с расположенными на поверхности коллоидных частиц молекулами.

В подзолах и дерново-подзолистых почвах, особенно в их иллювиальных горизонтах, всегда могут содержаться небольшие количества гидроокиси алюминия и железа, а также другие их соединения, из которых при определенной кислотности солевых вытяжек могут переходить в раствор некоторые количества алюминия и железа. Такой алюминий, конечно, нельзя относить к категории обменного, так же как не называют обменным весь тот кальций, который может быть извлечен нейтральной солью из карбонатных почв.

Некоторое время господствовало мнение, что обменная кислотность представляет единственную форму почвенной кислотности, связанную с твердой фазой почвы. В дальней-

шем внимание исследователей все больше начала привлекать способность многих почв освобождать кислоту из растворов так называемых гидролитически щелочных солей. Эти соли обладают способностью в водных растворах гидролитически расщепляться на слабую кислоту и сильное основание, которое сообщает раствору щелочную реакцию. Примером может служить уксуснокислый натрий, который в водных растворах расщепляется на уксусную кислоту и едкий натрий. Для определения гидролитической кислотности обычно применяют уксуснокислый натрий.

Многочисленные определения показали, что кислотность, обнаруживаемая при помощи гидролитически щелочных солей, всегда больше, чем при обработке почвы нейтральными солями (при условии, что взяты соли, имеющие одинаковый катион). Многие почвы, не имеющие обменной кислотности, определяемой титрованием солевых вытяжек, обнаруживают значительную способность освобождать кислоту из растворов гидролитически щелочных солей. Сказанное убеждает, что методом нейтральных солей нельзя определить всю кислотность твердой фазы почвы, что кроме обменной кислотности существует еще другая форма кислотности, которую можно обнаружить, обрабатывая почву гидролитически щелочными солями.

Эта форма кислотности была названа «гидролитической кислотностью». Наименование «гидролитическая кислотность» указывает лишь на свойство реактива, применяемого для ее определения, не объясняя природы самой кислотности.

Вопрос о природе почвенной кислотности получил дальнейшую разработку в трудах С. Н. Алешина, И. Н. Антипова-Каратаева, Н. П. Карпинского, Н. П. Ремезова, В. А. Чернова, С. С. Ярусова и др. Определение обменной и гидролитической кислотности находит широкое практическое применение при выяснении потребности в известковании почв. Однако вопрос о природе обменной кислотности и до сего времени не получил общепризнанного решения.





КОАГУЛЯЦИЯ ПОЧВЕННЫХ КОЛЛОИДОВ И ОБРАЗОВАНИЕ ПОЧВЕННОЙ СТРУКТУРЫ

Структурному состоянию почвы К. К. Гедройц придавал очень большое значение. В одной из последних работ он писал, что «аэрация почвы, утилизация выпадающих атмосферных осадков и талых вод, сохранение задержанной в почве влаги — все это в значительной степени зависит от того, структурна ли почва или бесструктурна, и, если она структурна, то от характера самой структурности» (92, стр. 95). Несколько далее читаем: «...мы знаем, что динамика плодородия почвы должна находиться в зависимости от характера структурности почвы, так как она несомненно тесно связана с динамикой тех почвенных процессов (воздушный, водный и микробиологический режим почвы), направление которых в той или другой степени регулируется физическим состоянием почвы» (92, стр. 95).

В своих работах К. К. Гедройц неоднократно отмечал недостаточную изученность как самого процесса структурообразования, так и отсутствие экспериментальных данных, показывающих количественную зависимость воздушного, водного и пищевого режимов почвы от характера ее структуры. Образование структуры он считал в основном коллоидно-химическим процессом, усложненным влиянием других причин. В связи с этим К. К. Гедройц в своих исследованиях уделил много внимания изучению роли коллоидов и состава обменных катионов в структурообразовании.

Уже в работах «Коллоидная химия в вопросах почвоведения» (1912 и 1914 гг.) и «Действие электролитов на илстые суспензии» (1915 г.) К. К. Гедройц приводит обширный экспериментальный материал, показывающий зависимость

поведения почвенных коллоидов от состава обменных катионов, от состава и концентрации в растворе различных солей, кислот, оснований и их сочетания. В дальнейшем результаты всех исследований были им обобщены на страницах «Учения о поглотительной способности почвы».

При изучении процессов коагуляции почвенных коллоидов К. К. Гедройц исходил из последних достижений коллоидной химии, проверяя приложимость к почвам ряда общих закономерностей и выясняя отличительные особенности поведения почвенных коллоидов.

К. К. Гедройцем было показано наличие в почвах двух видов коагуляции: одной — под действием электролитов (солей, кислот, оснований) почвенного раствора на коллоиды, другой — вследствие взаимодействий коллоидных частиц друг с другом. В явлениях коагуляции большое значение имеет природа самих коллоидов.

Почвенные коллоиды различают по их химической природе и электрокинетическим свойствам. В химическом отношении следует различать коллоиды минеральные и органические, а электрокинетически — несущие отрицательный и положительный знак заряда. В почвах преобладают отрицательно заряженные коллоиды. Знак заряда коллоидов может меняться в зависимости от реакции среды. При изменении реакции в сторону возрастающей щелочности некоторые коллоиды могут изменить положительный знак заряда на отрицательный. При сдвиге реакции в сторону большей кислотности, наоборот, отрицательный знак может смениться положительным. Изменение знака заряда у различных коллоидов происходит при неодинаковых значениях кислотности и щелочности.

С наибольшей подробностью К. К. Гедройцем был изучен процесс коагуляции отрицательно заряженных коллоидов, которые в большинстве почв количественно преобладают.

Процесс коагуляции отрицательно заряженных коллоидов К. К. Гедройц описывает следующим образом. Коллоидный раствор представляет систему мало устойчивую. В результате броуновского движения коллоидные частицы приходят в соприкосновение друг с другом и в силу молекулярного притяжения стремятся соединиться в агрегаты. Однако их соединению препятствует электрический заряд — одноименно заряженные частицы, т. е. несущие один и тот же отрицательный электрический знак заряда, взаимно отталкиваются. Таким образом, находящиеся в растворе коллоидные частицы

испытывают влияние двух противоположных сил — притягивающей и отталкивающей. Направление процесса зависит от того, какая из этих сил будет больше.

Из изложенного следует, что электрический заряд коллоидных частиц поддерживает их в раздельном или дисперсном состоянии. Чтобы вызвать коагуляцию, необходимо снизить величину электрического заряда до размера, когда его отталкивающее влияние будет меньше действия сил, притягивающих коллоидные частицы друг к другу.

Прибавление к водной суспензии (взвеси) коллоида электролитов (солей, кислот, оснований) оказывает существенное влияние на электрический заряд коллоида, а тем самым на его устойчивость в отношении коагуляции. Катионы солей, несущие положительный знак заряда, при взаимодействии с коллоидами, несущими отрицательный знак заряда, должны изменять условия в сторону возможной коагуляции. Исследования показывают начало коагуляции еще до наступления полной нейтрализации электрического заряда коллоида. Вначале коагуляции происходит медленно, дальнейшее прибавление электролита приводит к быстрой коагуляции.

Противоположное катионам действие на отрицательно заряженные коллоиды оказывают анионы электролитов. Обладая одноименным с названными коллоидами знаком заряда, они препятствуют коагуляции, поддерживая коллоиды в диспергированном состоянии. Препятствующее коагуляции или стабилизирующее влияние анионов слабее, чем коагулирующее — катионов, поэтому прибавление соли при наступлении соответствующей концентрации вызывает коагуляцию суспензии. Концентрацию соли или другого электролита, при которой начинается коагуляция, называют порогом коагуляции, или электролитическим порогом.

На основании детальных исследований К. К. Гедройц пришел к выводу, что по коагулирующей силе катионы образуют следующий ряд:



Надлежит отметить сильное коагулирующее действие иона водорода, чем он резко отличается от других однозначных катионов.

Дальнейшими опытами К. К. Гедройц показал, что в присутствии даже очень небольших количеств водородного иона сильно повышается коагулирующая способность других катионов. Например, при внесении 0,0005 нормального рас-

твора хлористого кальция коагуляция едва начиналась, она была очень слабой даже в опыте с 0,001 нормальным раствором. Добавление к 0,0005 нормальному раствору хлористого кальция очень небольших количеств Н-иона вызывало при тех же прочих условиях полную коагуляцию.

Из этих опытов следует весьма важный вывод, что в почвах с кислой реакцией коагуляция наступает при значительно более низком содержании в растворе солей.

На процесс коагуляции оказывает заметное влияние не только характер катионов, но и природа анионов электролита. Чем выше валентность аниона, тем в большей степени он препятствует коагуляции, т. е. при внесении солей многовалентных анионов коагуляция начинается при более высокой концентрации соли. Исключение представляет гидроксильный ион, который значительно повышает устойчивость суспензий и препятствует наступлению коагуляции.

Проведенные опыты показали, что в присутствии даже очень небольших количеств едких щелочей хлориды (и другие соли) этих оснований не вызывают коагуляции, хотя при той же концентрации без внесения едких щелочей имеет место полная коагуляция. Например, раствор хлористого натрия при концентрации 0,015 нормальной вызывал полную коагуляцию, при добавлении к нему ничтожных количеств едкого натрия или соды коагуляция не наступала.

Согласно исследованиям К. К. Гедройца, гидроксильные ионы могут препятствовать коагуляции лишь в присутствии однозначных катионов (натрий, калий, аммоний). Если же в растворе имеются ионы кальция, то коагуляция наступает, так как коагулирующее действие кальция сильнее противоположного влияния гидроксильного иона.

Этим, по мнению К. К. Гедройца, обусловлено различие в структуре и физических свойствах между почвами, в которых щелочная реакция создается присутствием углекислого кальция (например, почвы черноземного типа) и почвами, в которых она обусловлена присутствием соды (солонцы и солонцеватые почвы); в первых коллоиды коагулированы и имеется водопрочная зернистая структура, во вторых, коллоиды при увлажнении находятся в диспергированном состоянии, при высыхании дают крупные глыбы, которые при увлажнении вновь расплываются.

Гидроокиси щелочных металлов, обладающие высокой растворимостью, создают несравненно большую концентрацию гидроксильных ионов в растворе, чем углекислый

кальций, имеющий небольшую растворимость. Различное состояние коллоидов в сравниваемых почвах может быть объяснено не только влиянием катионов, но также и различной концентрацией гидроксильных ионов. В присутствии углекислого кальция при сравнительно невысокой концентрации гидроксильных ионов в растворе сильнее будет проявляться коагулирующее действие катиона, чем в почвах, содержащих соду, которая создает значительно более высокую концентрацию в растворе гидроксильных ионов.

Все изложенное касалось процессов коагуляции преобладающих в почвах отрицательных коллоидов. Сходным закономерностям подчиняется коагуляция положительных коллоидов, но действие ионов электролитов в этом случае будет противоположным; коагуляцию будут вызывать анионы, а препятствовать ей — катионы.

Изучением взаимной коагуляции коллоидов К. К. Гедройц не занимался. Этот раздел он освещает исключительно на основании обобщения литературных материалов, используя опыты В. Н. Симакова и других. Приводимые им материалы подтверждают образование осадков при взаимодействии положительно и отрицательно заряженных коллоидов.

Полученные результаты изучения коагулирующего и диспергирующего влияния различных ионов на почвенные коллоиды К. К. Гедройц в дальнейшем использовал для разработки основанного на новом принципе метода подготовки почвы к механическому анализу и для выделения из почвы коллоидов.

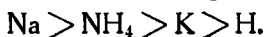
На основании проведенных исследований К. К. Гедройц выяснил состав и содержание обменных катионов в главных типах почв и влияние различных катионов на коагуляцию почвенных коллоидов. Из сопоставления этих сведений К. К. Гедройц пришел к выводу, что путем изменения состава обменных катионов в почвах можно вызывать диспергирование почвенных коллоидов или, наоборот, коагуляцию.

В почвах черноземного типа в составе обменных катионов преобладает кальций (80% от емкости поглощения), второе место занимает магний (20%). Если заменить эти катионы, обладающие сильным коагулирующим действием, на одновалентные катионы, то можно ожидать перехода коллоидов из коагулированного состояния в диспергированное. При этом степень диспергирования должна зависеть от характера введенного в почву катиона. Для проверки этого положения К. К. Гедройцем был поставлен ряд опытов, результаты ко-

торых он опубликовал в печати (61). Рассмотрим в качестве примера один из них.

Проведенные им исследования показали, что насыщение натрием приводит к очень сильному диспергированию почвы, значительно большему, чем при насыщении другими катионами. В случае насыщения натрием было достигнуто почти полное диспергирование почвы. Исследования показали настолько высокую плотность суспензии, что по прошествии суток во взвешенном состоянии были не только частицы меньше 0,001 мм, но и более крупные. Еще более сильное диспергирующее действие осуществляется при насыщении почвы ионом лития.

Диспергирующее влияние остальных одновалентных катионов было значительно более слабым. По ослабевающему диспергирующему действию они образуют ряд:



Небольшое повышение дисперсности вызывало насыщение почвы магнием. Насыщение барием привело, наоборот, к снижению степени дисперсности почвы. Обработка кальциевой солью не вызвала существенных изменений, поскольку исходная почва была уже почти насыщена этим катионом.

Исследования К. К. Гедройца, выяснившие зависимость дисперсного состояния почвенных коллоидов от состава обменных катионов, открыли путь для пересмотра методики механического анализа. В то время для производства механического анализа почв широко пользовались методами В. Р. Вильямса и А. Н. Сабанина. В обоих методах для разделения почвы на первичные механические элементы (частицы) применяли кипячение водной суспензии почвы в продолжение нескольких часов. В свете изложенных исследований К. К. Гедройца выяснялось, что одним кипячением вряд ли возможно достигнуть разъединения почвы на первичные механические элементы, когда в составе обменных катионов преобладают кальций, магний, водородный ион. Обладая сильной коагулирующей способностью, эти катионы делали невозможным диспергирование коагулированных ими коллоидов при помощи только кипячения. Из опытов К. К. Гедройца следовало, что этого можно достичь лишь насыщением почвы натрием (или литием).

Указанные соображения побудили К. К. Гедройца поставить опыты по сравнению результатов механического анализа с обычно применявшейся подготовкой почвы и после

замещения всех обменных катионов на натрий. Для насыщения почвы натрием он длительно промывал почвы раствором хлористого натрия.

Вследствие замены обменных кальция и магния на натрий произошло весьма значительное увеличение содержания наиболее мелких частиц, особенно частиц с диаметром меньше 0,001 мм. Это означает, что большое количество частиц диаметром от 0,01 до 0,001 мм и особенно меньше 0,001 мм находилось в коагулированном состоянии и входило в состав микроструктурных агрегатов. Диспергирование этих частиц, а следовательно, и учет не могли быть достигнуты путем только кипячения почвенной суспензии, без замены обменных кальция и магния на натрий.

В дальнейшем К. К. Гедройц повторил рассмотренный опыт с большей навеской почвы и разделением частиц меньше 0,001 мм на несколько фракций.

В результате замещения всех обменных оснований на натрий произошло резкое увеличение выхода наиболее мелких частиц (меньше 0,22 микрона), содержание которых вместо 1% достигло 45% от веса почвы, или почти 80% от общего содержания частиц меньше 1 микрона (0,001 мм). При этом содержание частиц от 0,40 до 0,22 микрона в результате насыщения почвы натрием почти не изменилось, а содержание частиц от 1 до 0,40 микрона резко уменьшилось. Таким образом, под влиянием замещения на натрий двухвалентных катионов происходит диспергирование механической фракции размером от 0,01 до 0,0004 мм, распадающейся на составляющие ее частицы с диаметром меньше 0,22 микрона. Следовательно, механическая фракция с диаметром 0,01 до 0,0004 мм, получаемая при подготовке почвы к анализу кипячением, представлена не только первичными механическими элементами, а в значительной части состоит из микроструктурных агрегатов, в которых коллоидные частицы коагулированы кальцием и магнием. Замена обменных кальция и магния на натрий приводит к диспергированию коллоидных частиц и разрушению микроструктурных агрегатов.

Эти исследования К. К. Гедройца произвели полный переворот в методике механического анализа почвы. Кипячение почвы в целях разъединения частиц было заменено насыщением почвы натрием (или аммонием). С полной наглядностью была выявлена необходимость количественного учета при механическом анализе содержания наиболее мелких частиц, приближающихся по размерам к коллоидным. По ини-

циативе К. К. Гедройца расчет скорости падения частиц начали производить по формуле Стокса, более совершенной, чем ранее применявшиеся. Наконец, в практику механического анализа, опять-таки по инициативе К. К. Гедройца, была введена автоматическая пипетка для взятия проб суспензии с определенной глубины.

В настоящее время вся методика производства механического анализа почв и грунтов основана на новых принципах, разработанных К. К. Гедройцем; поэтому нельзя признать справедливым, когда широко распространенным в настоящее время методам механического анализа, основанным на принципах, данных К. К. Гедройцем (насыщение натрием или аммонием, применение формулы Стокса и использование автоматической пипетки), присваивают имена других исследователей.

Произведенные К. К. Гедройцем изменения в принципах механического анализа были настолько крупными, что пришлось переработать прежние классификации почв по механическому составу, которые не отвечали результатам, получаемым на основе новых принципов анализа.

К. К. Гедройц рассматривал почву как трехфазную систему, состоящую из твердой, жидкой и газообразной фаз. Он считал, что познать почву означает познать эти три фазы в отдельности и в их совокупном взаимоотношении, изучить статику и динамику этой системы.

Отмечая недостаточную изученность всех трех фаз почвы, К. К. Гедройц указывает на особенно большое значение изучения структурного состояния почвы. По справедливому утверждению К. К. Гедройца, структура почв оказывает громаднейшее влияние на водный и воздушный режим, а следовательно на все те стороны жизни почвы, которые обусловлены водно-воздушным режимом. Таким образом водно-воздушный режим в значительной мере определяет два главных агрономических свойства почвы, как культурной среды для развития растений, от которых зависит урожайность почвы, а именно плодородие и санитарные свойства почвы.

К. К. Гедройц подчеркивает, что водный и воздушный режимы не только зависят от структуры, но и сами влияют на нее. Изложенные соображения побудили его заняться изучением вопроса о происхождении почвенной структуры. Результаты этих исследований опубликованы в печати (74).

В упомянутой работе К. К. Гедройц указывает на необходимость различать механические элементы почвы и

структурные отдельности. Механические элементы — это индивидуальные твердые частицы. Структурные отдельности образованы сочетанием механических элементов. Он предлагает под структурностью понимать свойство твердой фазы почвы давать из механических ее элементов структурные отдельности. Далее К. К. Гедройц вводит разграничение между макроструктурными и микроструктурными элементами, относя к последним все те комплексы механических элементов, величина которых ниже того предела, при котором их комплексность можно установить простым глазом или растиранием. Он подчеркивает необходимость учитывать прочность структурных отдельностей, различая прочность в сухом и влажном состоянии.

По мнению К. К. Гедройца, две причины имеют решающее значение в образовании структуры: давление и коагуляция (свертывание). Влияние давления до сего времени остается почти совсем неизученным. К. К. Гедройц указывает на структурообразующее влияние корневых систем травянистой растительности, особенно выделяя структурообразующее действие корневой системы клевера, что он склонен объяснять давлением сильно развитой корневой системы. Более широкое значение в структурообразовании, по мнению К. К. Гедройца, принадлежит процессам коагуляции, которая значительно лучше изучена.

С таким определением главных причин образования почвенной структуры нельзя согласиться. Как показали исследования В. Р. Вильямса, в верхних горизонтах почвы на первое место должно быть поставлено структурообразующее влияние корневых систем травянистой растительности. Лишь в нижних горизонтах почвенного профиля, куда проникает небольшое количество корней, образование структуры обязано в первую очередь давлению и коагуляции.

К. К. Гедройц пишет только о структурообразующем влиянии корневых систем клевера, не упоминая о роли корневых систем злаков. Между тем работами В. Р. Вильямса с несомненностью установлено исключительно большое значение корневых систем злаков, особенно рыхлокустовых, в образовании наиболее ценной в агрономическом отношении мелкокомковатой структуры. Именно сильно разветвленная корневая система рыхлокустовых злаков сообщает почве мелкокомковатое строение, а образующийся дегаельный перегной пропитывает затем структурные отдельности. Роль бобовых заключается, главным образом, в обогащении верхних

горизонтов почвы кальцием, который, коагулируя деятельный перегной, придает структурным агрегатам прочность. Такой анализ процесса структурообразования послужил В. Р. Вильямсу основанием для рекомендации обязательного посева в полевом севообороте злаково-бобовых травосмесей.

Из сказанного следует, что, посвящая свои исследования процессам коагуляции, К. К. Гедройц хотя и освещает очень важную сторону процесса структурообразования, но не вскрывает полностью сущности образования структурных агрегатов в верхних горизонтах почвы, где сосредоточена главная масса корневых систем. Поэтому и процессы восстановления почвенной структуры пахотных слоев в травопольных севооборотах не получают правильного освещения. Сказанное необходимо учитывать при ознакомлении с работами К. К. Гедройца в области структурообразования.

Руководствуясь своими предыдущими исследованиями, К. К. Гедройц указывает, что коагуляция может быть вызвана: 1 — осаждающим действием электролитов, 2 — высыханием, 3 — замерзанием, 4 — присутствием в смеси частиц, несущих на поверхности противоположные электрические заряды (взаимная коагуляция). Важно отметить лишь даваемое К. К. Гедройцем пояснение о необходимости различать обратимый процесс коагуляции и необратимый. В первом случае коагулирующее действие высокой концентрации солей прекращается после того как соли будут вымыты нисходящим током воды. При необратимой коагуляции коллоиды остаются в свернутом состоянии и после удаления из почвенного раствора солей. К. К. Гедройц пишет, что такое изменение может обусловить сохранение в почве созданной структуры и после вымывания из почвы солей. Более подробно различие между описанными двумя видами коагуляции он не раскрывает.

Для ясности надлежит остановиться на объяснении этого явления, данном позднее в трудах других исследователей. Чтобы вызвать коагуляцию одноименно заряженных частиц, необходимо снизить их электрокинетический заряд-потенциал, который вызывает взаимное отталкивание частиц. Когда он будет снижен до некоторого критического уровня, вступают в действие силы взаимного притяжения частиц и происходит коагуляция. Снижение заряда может быть вызвано повышением концентрации солей в растворе или изменением состава обменных катионов. В первом случае происходит легко обратимая коагуляция, которая сменяется

диспергированием по мере понижения концентрации солей в почвенном растворе вследствие промывания почвы атмосферными осадками или другим путем. Если же коагуляция вызвана изменением состава обменных катионов, то ее действие более устойчиво, коллоиды остаются в коагулированном состоянии и при изменении концентрации почвенного раствора. В этом случае диспергирование возможно лишь путем изменения состава обменных катионов, заменой сильно коагулирующих (например, кальция) на натрий или аммоний.

Основной предпосылкой образования почвенной структуры К. К. Гедройц считал величину и состояние в почве коллоидной фракции или почвенного поглощающего комплекса. Песчаные (1—0,01 мм) и пылеватые (0,01—0,001 мм) частицы имеют значение пассивного балласта. Высыхание, действие мороза, взаимное осаждение коллоидов влияют лишь так, что изменяют состояние коллоидной части.

Процесс структурообразования К. К. Гедройц описывает следующим образом. В результате коагуляции коллоидные частицы соединяются друг с другом и, склеивая более крупные механические элементы, образуют структурные агрегаты. Возникающие структурные отдельности будут обладать прочностью и не распадаться при увлажнении на составляющие их механические элементы лишь в том случае, если служащие цементом коллоиды будут коагулированы необратимо. Поэтому прочную и водоупорную структуру мы находим в почвах, не только богатых коллоидами, но содержащих в обменном состоянии лишь двухвалентные катионы, главным образом кальций и отчасти магний (например, в черноземах). Присутствие обменного натрия или водорода существенно снижает структурное состояние почвы. Вхождение в состав обменных катионов натрия приводит к образованию в сухом состоянии очень крупных и прочных отдельностей, которые при увлажнении расплываются в бесструктурную массу. Высокое содержание в почве пылеватых частиц (0,01—0,001 мм) неблагоприятно влияет на способность почвы к созданию агрономически полезной зернистой структуры.

Последующими исследованиями К. К. Гедройца (85 и 86) была выявлена исключительно большая роль перегноя в создании почвенной структуры. Разрушение в черноземе перегноя действием перекиси водорода приводит к разрушению микроструктурных агрегатов и распылению входивших в их состав минеральных коллоидов. Почвенный перегной, склеивая минеральные частицы почвы, создает водопрочные

микроструктурные агрегаты; поэтому происходящие в природных условиях процессы разрушения перегноя должны приводить к обесструктуриванию почвы. Лишенный перегноя чернозем, согласно исследованиям К. К. Гедройца, приобретает свойства тяжелого суглинка. Эти выводы К. К. Гедройца совпадают с известным положением В. Р. Вильямса о роли почвенного перегноя в придании структурным агрегатам прочности. С разрушением перегноя структурные отдельные части почвы теряют водопрочность и разрушаются.

Работы К. К. Гедройца в области изучения роли процессов коагуляции в структурообразовании получили дальнейшее развитие в трудах И. Н. Антипова-Каратаева¹ и А. Ф. Тюлина².

¹ И. Н. Антипов-Каратаев, В. В. Келлерман, Д. В. Хан. О почвенном агрегате и методах его исследования Изд АН СССР, М., 1948.

² Коллоидно-химическое изучение почв в агрономических целях. Тр. ВИУАА, вып. 27, 1946.





РАБОТЫ В ОБЛАСТИ ГЕНЕЗИСА ПОЧВ

В большинстве работ К. К. Гедройц в той или иной степени касается вопросов генезиса почв. Наиболее подробное и развернутое освещение его взглядов на процесс почвообразования и происхождение главных генетических типов почв мы находим в монографии «Почвенный поглощающий комплекс и почвенные поглощенные катионы, как основа генетической почвенной классификации» и в некоторых главах «Учения о поглотительной способности почв». Отдельные публикации посвящены генезису солонцов, осолоделых почв, а также почвам района Носовской опытной станции и Днепровской низины¹.

В то время, когда К. К. Гедройц публиковал свои работы в области генезиса почв, среди широких кругов почвоведов уже резко чувствовалась неудовлетворенность господствовавшим морфолого-географическим направлением, бессильным в познании основного свойства почвы — ее плодородия и путей его повышения. Растущие запросы земледелия в связи с начавшейся коллективизацией настойчиво требовали изучения причин, обуславливающих почвенное плодородие и путей его повышения. Новый и оригинальный подход К. К. Гедройца к решению вопросов генезиса и плодородия почв вызвал большой интерес среди широких кругов почвоведов.

Положительное значение рассматриваемых работ К. К. Гедройца заключается в том, что им, а под его влиянием и другими исследователями, был собран очень большой и ценный материал по содержанию коллоидов, емкости погло-

¹ См. библиографию № 68, 70, 73, 78.

щения и составу поглощенных катионов, кислотности и другим физико-химическим свойствам различных почв.

К. К. Гедройц показал, что все почвы могут быть разделены по составу обменных катионов на насыщенные и ненасыщенные основаниями, то-есть содержащие обменный Н-ион.

Почвы, не насыщенные основаниями, занимают обширные площади в дерново-подзолистой зоне, кроме того, к ненасыщенным основаниями почвам относятся желтоземы и красноземы влажных субтропиков.

Изучение содержания и состава обменных катионов в почвах дерново-подзолистого типа показало характерное расчленение почвенного профиля на обладающий низкой емкостью поглощения подзолистый горизонт и лежащий под ним, обладающий значительно более высокой емкостью поглощения иллювиальный горизонт. Низкую емкость поглощения подзолистого горизонта К. К. Гедройц объяснял разрушением в нем почвенного поглощающего комплекса в результате развития подзолообразовательного процесса и выносом образующихся растворимых продуктов. Причиной легкой разрушаемости поглощающего комплекса К. К. Гедройц считал частичную замену обменных кальция и магния на Н-ион, что, по его наблюдениям, снижает устойчивость поглощающего комплекса против разрушающего действия воды.

Более высокую емкость поглощения иллювиального горизонта К. К. Гедройц объяснял новообразованием в этом горизонте почвенного поглощающего комплекса в результате вымывания в этот горизонт продуктов разрушения поглощающего комплекса в подзолистом горизонте.

В противоположность описанному в почвах черноземного типа почвенный поглощающий комплекс полностью насыщен основаниями: кальцием и магнием, при резком преобладании первого. Такой состав обменных катионов придает устойчивость почвенному поглощающему комплексу. Значительное участие в составе почвенного поглощающего комплекса гуматной части сильно повышает емкость поглощения катионов в верхней части профиля. С глубиной емкость поглощения катионов постепенно снижается, параллельно с понижением содержания перегноя. В верхней части профиля емкость поглощения катионов достигает 50—70 м-экв., в нижней 20—30 м-экв.

Данные ультрамеханического анализа, то-есть определение содержания в почве коллоидных частиц после предвари-

тельной замены щелочно-земельных катионов на натрий, показывают очень высокое содержание коллоидов в почвах черноземного типа. Однако большая часть коллоидов в почвах рассматриваемого типа находится в коагулированном состоянии и может быть учтена лишь после замены обменных кальция и магния на натрий, аммоний или другой диспергирующий катион. В свободном состоянии коллоиды и близкие к ним по размеру частицы присутствуют в очень небольшом количестве. Высокое содержание коллоидных частиц, находящихся в коагулированном состоянии, служит необходимым условием для создания зернистой структуры, обеспечивающей наилучшие в сельскохозяйственном отношении водно-воздушные свойства почвы.

В чернозёмах коллоидные частицы склеены в микроструктурные агрегаты, которые не разрушаются водой даже при взбалтывании. Эти агрегаты также обладают клеящей способностью, хотя и меньшей, чем у коллоидных частиц. Поэтому микроструктурные агрегаты, склеиваясь друг с другом и склеивая более крупные механические элементы, создают характерную для черноземов зернистую структуру, обладающую большой прочностью. Зернистая структура сообщает черноземам высокую общую скважность (50—60%), половина которой приходится на капиллярную, а половина на некапиллярную, или действующую, скважность. Значительная величина действующей скважности обеспечивает высокое водопоглощение, водопроницаемость и аэрацию, а капиллярная скважность — водоудерживающую способность почвы (полевою влагоемкость). Прочность зернистой структуры создает устойчивость почвы против раздробляющего действия почвообрабатывающих орудий и распыляющего действия воды.

Особую группу составляют почвы, насыщенные основаниями, но содержащие, кроме кальция и магния, в поглощенном состоянии натрий. К этой группе К. К. Гедройц относит солонцы, солончаки, солоды, солонцеватые и солончаковатые почвы.

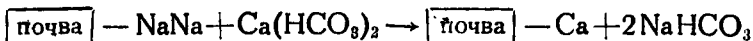
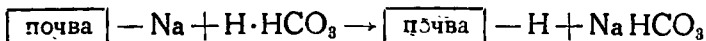
К. К. Гедройц установил различия в химическом составе названных почв. Солончаки — это почвы, содержащие в значительных количествах растворимые соли во всем почвенном профиле. К. К. Гедройц предложил разделять солончаки не по анионной части солей (хлоридные, сульфатные и смешанные, или хлоридно-сульфатные), а по катионам солей, выделяя солончаки натриевые, кальциевые и смешанные. Кроме того, в группе натриевых солончаков он предложил выделять

солончаки, не содержащие и содержащие углекислый кальций (и магний), называя последние карбонатными солончаками. Основанием для разделения солончаков по характеру катионов послужили исследования К. К. Гедройца, показавшие, что в результате промывания кальциевых и натриевых солончаков образуются различные почвы.

Если солончак содержит только соли кальция (и магния), то после вымывания из него растворимых солей его поглощающий комплекс останется насыщенным кальцием (и магнием), и он перейдет в соответствующую зональную почву: чернозем или каштановую почву. Если солончак содержал значительное количество солей натрия, то в результате промывания такого солончака образуется почва, содержащая обменный натрий, то-есть солонец.

К. К. Гедройц указывает, что солонцом, или солонцеватой почвой, следует называть почву, содержащую обменный натрий и лишенную заметных количеств растворимых солей в верхней части почвенного профиля, т. е. в перегнойно-аккумулятивном и столбчатом горизонтах.

На процесс почвообразования и свойства почвы как среды для развития растений большое влияние оказывает образование в почве соды. Еще в опубликованной в 1912 г. статье, посвященной приложению коллоидной химии к вопросам почвоведения, К. К. Гедройц показал, что одним из важных источников образования в почве соды служит поглощенный натрий. При взаимодействии почвенного поглощающего комплекса, содержащего обменный натрий, с Н-ионом углекислоты почвенного раствора или кальцием бикарбоната, в результате обменных реакций в почвенном растворе образуется сода. Реакция идет по уравнению



Описанный К. К. Гедройцем путь образования в почвах соды, повидимому, имеет широкое распространение в природе.

В прошлом в черноземной зоне нередко описывали почвы, по своему морфологическому строению похожие на дерново-подзолистые. На этом основании их называли «южные подзолистые почвы», или «степные подзолы», а также «подзолы

западин». К. К. Гедройц показал, что эти почвы принципиально отличны от дерново-подзолистых почв и предложил именовать их народным термином «солоди».

В дальнейшем К. К. Гедройц установил, что солоди отличаются от дерново-подзолистых почв и черноземов высоким содержанием аморфной кремнекислоты особенно в верхней части почвенного профиля, содержание которой достигает 4—6%.

Полученные результаты по изучению физико-химических свойств почв различных типов К. К. Гедройц попытался в дальнейшем использовать для решения вопроса о генезисе главных типов почв. Однако развитые К. К. Гедройцем представления о процессе почвообразования и генезисе почв в настоящее время не могут быть приняты.

Почвообразование К. К. Гедройц рассматривал преимущественно как изменение состояния почвенного поглощающего комплекса. Он исходил из положения, что почвенный поглощающий комплекс и состав почвенных поглощенных катионов имеют большое значение в определении многих свойств почв, тесно связаны с их генезисом и могут быть использованы как классификационный признак. Однако К. К. Гедройц не учел, что построенные на одном этом признаке представления о генезисе почв и классификация почв окажутся односторонними, а потому и непередающими существующих в природе закономерностей во всем их многообразии. Посвятив разработке учения о поглощательной способности почв всю жизнь, К. К. Гедройц невольно переоценил значение изученных им явлений и установленных закономерностей.

Неблагоприятное влияние на работы К. К. Гедройца в области генезиса почв оказало то обстоятельство, что в освещении процессов почвообразования он руководствовался ошибочной теорией своего учителя П. С. Коссовича о развитии почв по элювиальному ряду. Унаследовав от П. С. Коссовича недооценку роли растительности в почвообразовании, К. К. Гедройц стремился свести почвообразовательный процесс, главным образом, к промыванию почв атмосферными осадками, выносу ими растворимых соединений, разрушению почвенных минералов с последующим выносом продуктов их разрушения; поэтому тип почвообразования К. К. Гедройц ставит в зависимость в первую очередь от климата, а не от растительности, что неизбежно приводит в дальнейшем к неверному представлению о разви-

тии почв в направлении прогрессирующего обеднения элементами зольной пищи растений.

В этой части работы К. К. Гедройца способствовали укреплению и распространению ошибочных представлений его учителя П. С. Коссовича о почвообразовании как преимущественно элювиальном процессе и потому имели отрицательное влияние на развитие науки о почве.

Хотя в учении о поглотительной способности К. К. Гедройц выделяет особый вид биологической поглотительной способности, которая обуславливает биологическую концентрацию элементов питания в верхних слоях почвы, он это положение в дальнейшем не развивает и совершенно не использует при освещении генезиса почв.

Эти ошибки К. К. Гедройца проистекали из недооценки возражений В. Р. Вильямса против одностороннего и по существу неверного взгляда на почвообразование как на элювиальный процесс, а также вследствие игнорирования работ В. Р. Вильямса об едином почвообразовательном процессе, в котором ведущая роль принадлежит растительности.

В. Р. Вильямс с предельной убедительностью показал, что неправильно рассматривать почвообразование как элювиальный процесс вымывания растворимых соединений, содержащихся в первоначальной горной породе и образующихся в процессе ее изменения. Это по своей природе не почвенный, а геологический процесс, который возникает и развивается при промывании атмосферными осадками обломочных горных пород, лишенных растительности.

С поселением на обломочной горной породе растительности возникает и развивается противоположный элювиальному процесс почвообразования. Изменяя свойства материнской горной породы путем накопления перегноя, мелкозема (включая коллоидную часть), повышения влагоемкости, создания поглотительной способности и т. д., процесс почвообразования приводит к ослаблению геологического элювиального процесса. В результате биологического круговорота элементов происходит обогащение верхних слоев почвы не только перегноем, но элементами питания растений.

Почвообразование развивается в результате борьбы названных двух противоположных процессов: старого геологического элювиального процесса и нового почвенного процесса накопления элементов питания. По определению В. Р. Вильямса, единственным существенным и общим признаком всех почв, отличающим их от материнских пород,

служит концентрация в почвах биологически важных элементов зольного питания и азота, которая происходит в результате воздействия на материнскую породу растительности.

Согласно учению В. Р. Вильямса, развитие и превращение одних типов почв в другие осуществляется в результате смены растительных формаций, из которых каждая накапливает в почве изменения, приводящие к ее вытеснению другой растительной формацией. Вначале развитие идет в пределах одного типа почвообразования, происходит лишь количественное нарастание вызываемых в почве изменений. Постепенное изменение свойств почвы как среды для развития растительности обуславливает смену растительных формаций. Новый состав растительности вызывает новые изменения в свойствах почвы и, изменяя условия своего существования, подготавливает свою смену растительностью, более соответствующей вновь созданным условиям и т. д. Развитие почвы состоит из ряда звеньев или стадий, составляющих единый почвообразовательный процесс.

В. Р. Вильямс относился отрицательно к стремлению К. К. Гедройца положить в основу развития почв изменения в составе и свойствах почвенного поглощающего комплекса, что нашло прямое отражение в составленном им конспекте курса почвоведения¹.

Следствием допущенной К. К. Гедройцем недооценки роли растительности в почвообразовании было то, что последующие исследования, проведенные с биологических позиций, принесли не подтверждение, а опровержение его общих представлений о процессе почвообразования.

Из работ К. К. Гедройца в области генезиса почв наибольшее значение имеют исследования, посвященные солончакам и солонцам. Вопросу о происхождении и свойствах этих почв К. К. Гедройц в течение всей своей деятельности уделял наибольшее внимание. Однако и при исследовании этих почв К. К. Гедройц недооценил значения биологического круговорота элементов в соленакоплении и изменении состава обменных катионов.

Солончаки и солончакватые почвы согласно исследованиям К. К. Гедройца в известных условиях климата, рельефа и дренирования могут образоваться или на мате-

¹ Почвоведение. Избранные сочинения в двух томах, т. I, Сельхозгиз, М., 1949, стр. 72.

ринских породах, содержащих растворимые соли, или под влиянием растворимых солей, образующихся в процессе почвообразования и приносимых в данное место со стороны. При этом принос может происходить как боковым подтоком почвенных вод, так и поднятием грунтовых вод из более глубоких горизонтов. В условиях климата с сухим летним периодом, создающим большой расход влаги на испарение, даже слабо засоленные воды, «постепенно поднимаясь кверху и усиленно испаряясь с поверхности, будут оставлять тут свои соли, количество которых может в конце концов достичь в поверхностных слоях почвы значительных размеров» (78, стр. 20).

Состав обменных катионов находится в прямой зависимости от состава и концентрации в почвенном растворе солей, вернее оснований, связанных с этими солями. Поэтому почвы, засоленные натриевыми солями, должны содержать обменный натрий.

Повторяющееся из года в год поднятие и воздействие на почву грунтовых вод, приносящих даже небольшие количества натриевых солей при отсутствии или небольшом содержании солей кальция, с течением времени приведет к весьма сильному насыщению поглощающего комплекса обменным натрием. Если почва раньше содержала обменный кальций и магний, то они (т. е. кальций и магний) будут вытеснены и передвинуты с капиллярно поднимающимся раствором в поверхностные слои почвенного профиля.

На склонах мезорельефа вследствие внутрипочвенного горизонтального притока солей натрия также может происходить образование почв, насыщенных натрием, а вытесненные из почвы обменные кальций и магний будут уноситься дальше боковым током влаги и поступать в гидрографическую сеть.

Присутствие в почвенном растворе солей кальция препятствует вхождению в состав обменных катионов натрия. Ранее было сказано, что катион кальция обладает большей энергией поглощения, чем натрий. Поэтому катион натрия сможет замещать в заметных количествах обменные основания лишь при значительном преобладании его солей над кальциевыми. Большая растворимость солей натрия по сравнению с солями кальция (кроме хлоридов) благоприятствует повышению содержания в почвенном растворе натрия, а следовательно, и вхождению его в состав обменных оснований.

При промывании солончаков кальциевых и натриевых происходит образование различных типов почв.

Если солончак содержит только соли кальция и магния, то после вымывания из него растворимых солей его поглощающий комплекс будет насыщен кальцием и магнием, он перейдет в соответствующую данной зоне черноземную или каштановую почву. Иначе пойдет процесс при промывании натриевого солончака.

Если допустить, что какая-либо незасоленная почва, например чернозем, в силу определенных причин засоляется натриевыми солями (хлористым или сернокислым натрием), то она переходит в засоленный чернозем, а в дальнейшем — в черноземный солончак. При промывании такого солончака, после выноса из него растворимых солей состав обменных катионов будет уже существенно изменен: часть обменного кальция будет замещена натрием. Даже длительным промыванием водой обменный натрий не будет в заметных количествах вытеснен из почвы. Таким образом, указывает К. К. Гедройц, взятая почва после вымывания из нее солей, перестав быть солончаком, не возвратится в свое прежнее состояние чернозема, образуется новая почва, существенно отличающаяся от исходной, а именно солонец.

Важно указание К. К. Гедройца, что солонец может образоваться и при промывании слабозасоленных почв, если имело место длительное, повторяющееся воздействие на почву поднимающимися по капиллярам растворами солей натрия невысокой концентрации, постепенно приведшее к значительной замене обменных оснований на натрий. Таким образом, К. К. Гедройц считал, что солонцы могут образоваться и без прохождения стадии солончака.

Большое влияние на свойства почвы, образующихся при промывании натриевых солончаков, оказывает присутствие гипса. Гипс в очень небольших количествах растворяется в воде (0,25%). Поэтому хлористый натрий, обладающий несравненно более высокой растворимостью (35%), будет вымыт из почвы значительно раньше, чем гипс. Тогда оставшийся в почве сернокислый кальций, постепенно переходящий в почвенный раствор, приведет к замещению обменного натрия на кальций. При достаточном содержании гипса в результате промывания солончака, содержавшего соли натрия (т. е. смешанного натриево-кальциевого), не образуется солонца.

Присутствие даже в больших количествах углекислого кальция не оказывает действия, подобного гипсу. Вследствие очень малой растворимости углекислый кальций не может обеспечить значительной замены обменного натрия на кальций.

В некоторых случаях образование солонцов бывает вызвано присутствием в почвенном растворе соды. Образование таких солонцов имеет свои особенности.

Главным источником образования соды в почве К. К. Гедройц считает рассолонцовывание солонцов. Он полагает, что это несравненно более широко распространенный и более мощный источник поступления соды, чем ее образование в процессе разрушения минералов материнских горных пород. Если в одном месте в силу промывания почвы водами, содержащими углекислоту или бикарбонат кальция, происходит вытеснение из солонца обменного натрия (процесс осолодения), то образующиеся растворы соды, передвигаясь с внутрипочвенным током вниз по склону и воздействуя на соседнюю несолонцеватую почву, постепенно сообщают ей солонцеватость.

Следует отметить значительно меньшую концентрацию соды в почвенном растворе (не более 0,01 нормальной) по сравнению с другими солями (хлоридами, сульфатами).

Одна из характерных особенностей солонцов — образование на небольшой глубине от поверхности (5—15 см) столчатого горизонта, состоящего из очень плотных крупных структурных отдельностей с округлыми ерзушками, вытянутых по вертикальной оси. Этот горизонт назван столчатым. Мощность горизонта около 20 см. В сухом состоянии столчатые отдельности обладают очень большой прочностью и при копке ямы нередко приходится прибегать к лому. Во влажном состоянии они расплываются в бесструктурную массу, вязкую и клейкую.

Подобную структуру солонцов К. К. Гедройц связывает с влиянием обменного натрия, содержащегося в наибольшем количестве именно в этом горизонте. Из предыдущей главы известно, что обменный натрий обладает по сравнению с другими обменными катионами наименьшей коагулирующей способностью. Поэтому во влажной почве в столчатом или солонцовом горизонте, содержащем обменный натрий, коллоиды находятся в диспергированном состоянии. Вследствие этого столчатые отдельности расплываются в бесструктурную массу. При высыхании коллоидные частицы

вследствие молекулярного притяжения склеиваются, цементируют более крупные механические элементы и образуют прочную столбчатую или глыбистую структуру.

Большое влияние на диспергирование коллоидных частиц столбчатого горизонта оказывает образующаяся в нем сода. Как соль сильного основания и слабой угольной кислоты, сода в водных растворах гидролитически расщепляется с образованием едкого натра и угольной кислоты. В результате диссоциации едкого натра создается повышенная концентрация гидроксильных ионов. Поскольку диспергирующее действие гидроксильных ионов сильнее коагулирующего действия ионов натрия, присутствие в почве соды приводит к диспергированию почвенных коллоидов.

В солончаках коллоиды находятся в коагулированном состоянии вследствие высокой концентрации солей в почвенном растворе. Лишь после вымывания растворимых солей, когда их концентрация в почвенном растворе опустится ниже порога коагуляции, наступает диспергирование насыщенных натрием коллоидов, а следовательно, переход солончака в солонец. Из всех солей только сода (при встречающихся в почвах концентрациях) вызывает не коагуляцию, а диспергирование коллоидов.

К. К. Гедройц высказывает предположение (78, стр. 30), что от состава натриевых солей в солончаке зависит глубина залегания столбчатого горизонта. Содовые солончаки дают солонцы с глубоко лежащим от поверхности столбчатым горизонтом (глубокостолбчатые солонцы); при засолении хлористым натрием после промывания образуются солонцы со столбчатым горизонтом, залегающим на очень небольшой глубине от поверхности. Солончаки, содержащие сернокислый натрий, дают солонцы промежуточного строения.

Подобное различие обусловлено неодинаковым взаимодействием названных натриевых солей с обменными основаниями почвы.

Из растворов соды несолонцеватая почва поглощает натрий в большем количестве, чем из растворов сульфатов и хлоридов. Это можно объяснить образованием при обмене натрия соды на поглощенный кальций почвы малорастворимого углекислого кальция, который выпадает из раствора. Создаются условия для дальнейшей замены поглощенного кальция на натрий. При взаимодействии той же почвы с хлоридами и сульфатами натрия происходит образование

более растворимых хлоридов и сульфатов кальция, которые, оставаясь в почвенном растворе и повышая в нем концентрацию ионов кальция, препятствуют дальнейшей замене обменного кальция на натрий.

Вследствие сказанного поднимающиеся по капиллярам растворы соды будут более полно насыщать почву натрием, а потому двигаться медленней. Кроме того, замедляющее влияние должно оказывать резкое снижение водопроницаемости насыщенного натрием слоя, особенно в присутствии соды. В противоположность этому хлориды и сульфаты, оказывающие коагулирующее влияние на почвенные коллоиды, будут свободнее подниматься к поверхности почвы и замещать на натрий обменные катионы в слое большей мощности.

Замена обменных оснований на натрий сообщает поглощающему комплексу подвижность. Высокая концентрация солей, которая в солончаках удерживала коллоиды в коагулированном состоянии, в солонцах отсутствует. В результате при переходе солончака в солонец вода начинает выщелачивать органическую часть поглощающего комплекса, а минералы вода разрушает, образуя более простые соединения, в том числе конечные продукты распада силикатов: кремнекислоту и гидроокиси железа и алюминия (78, стр. 30). Происходит переход солонца в новую почву, которая была названа солодь, а процесс ее образования — осолодение. Этому процессу К. К. Гедройц посвящает специальную работу «Осолодение почв». Для доказательства разрушающего влияния воды на почвенный поглощающий комплекс, насыщенный обменным натрием, К. К. Гедройц приводит результаты ряда опытов. Эти опыты с достаточной ясностью показали, что из чернозема, насыщенного натрием, вода извлекает значительно больше минеральных и органических веществ. Особенно возрастает вымывание минеральных веществ при промывании водой, насыщенной углекислотой. При этом в наибольшем количестве из почвы, насыщенной натрием, происходит вынос полуторных окислов и кремнекислоты. Внесение углекислого кальция резко снижает вынос как полуторных окислов, так и кремнекислоты. К. К. Гедройц считает, что разрушение поглощающего комплекса начинается с поверхности столбчатого горизонта. Уже на стадии солонца верхушки столбчатых отдельностей под влиянием начавшегося процесса осолодения бывают покрыты белесой присыпкой. Дальнейшее

развитие процесса осолодения приводит к созданию сплошного белесого горизонта.

В результате почвенный профиль приобретает следующее строение: Под небольшой мощности перегнойным (дерновым) горизонтом идет белесый осолоделый горизонт, далее — иллювиальный.

Внесение в насыщенную натрием почву углекислого кальция повышает устойчивость поглощающего комплекса этих почв против разрушающего действия воды. В этих условиях вода извлекает из насыщенной натрием почвы лишь очень небольшое количество кремнекислоты и полоторных окислов, так же как из почв, не содержащих обменного натрия. На этом основании К. К. Гедройц делает вывод, что при рассолонцевании карбонатных солонцов не может происходить накопления заметных количеств аморфной кремнекислоты.

Результаты исследования процесса осолодения К. К. Гедройц в дальнейшем приложил к разрешению вопроса о происхождении почв Днепровской низины. Этот вопрос он освещает в книге «Осолодение почв», а также в специальной работе «К вопросу об естественно-историческом районе Носовской с.-х. опытной станции».

Широкое распространение в Днепровской низине солонцов и солонцеватых почв, всегда вскипающих с поверхности от соляной кислоты (т. е. карбонатных), позволило К. К. Гедройцу высказать два предположения. Во-первых, что в прошлом через стадию засоления прошли не только пятна солонцов, но и все почвы, окружающие эти пятна, и, во-вторых, в числе насыщавших солей были карбонаты кальция (и магния). Поэтому, пишет К. К. Гедройц, «...нынешние несолонцеватые почвы Днепровского ледникового языка следует рассматривать как рассолонцевавшиеся, осолодевшие карбонатные солонцеватые почвы» (73, стр. 38).

Из отличительных особенностей почв, окружающих солонцы, следует отметить следующие. По мощности перегнойного горизонта и распределению перегноя по профилю это «...несомненно почвы черноземного типа почвообразования». Их отличительная особенность — очень невысокое содержание перегноя, а именно 3,5% в верхнем (пахотном) слое почвы. Интересно отметить, что данные валового анализа в пересчете на безводную, безперегнойную и бескарбонатную почву показывают даже несколько большее содержание глинозема в верхней части почвенного профиля по сравне-

нию с нижней. Например, для одного из разрезов найден следующий порядок чисел: 8,57; 7,61; 6,74.

Объяснения этому явлению не дано. Подобное распределение окислов в профиле делает несколько непонятным утверждение К. К. Гедройца о солонцеватости и осолодении этих почв.

В северной части Днепровского ледникового языка имеют широкое распространение солонцы, солонцеватые почвы и заболоченные почвы, а также «...подзоловидные почвы», изученные в районе Чемерского опытного поля. По поводу этих почв К. К. Гедройц пишет:

«Те же соображения, какие мы привели для черноземовидных почв области Днепровского ледникового языка, усиленные еще для Чемерских почв фактом чрезвычайно сильной разрушенности их алюмосиликатной части поглощающего комплекса,— разрушенности, совершенно не соответствующей степени увлажнения этих почв, заставляет нас считать, что и эти подзоловидные теперь несолонцеватые почвы северной части Днепровского ледникового языка связаны с солонцами этого района не только географически, но и генетически. Это также осолодевшие солонцеватые почвы — солоды» (73, стр. 46).

Данные анализа 5% КОН вытяжки показывают значительно большее содержание аморфной кремнекислоты, чем в дерново-подзолистых почвах и несолонцеватых черноземах, но значительно меньшее, чем в типичных солодах. Возможной причиной небольшого накопления аморфной кремнекислоты служит, по мнению К. К. Гедройца, относительно слабая солонцеватость этих почв в прошлом. Таким образом, К. К. Гедройцем впервые были выявлены различия в свойствах солончаков, солонцов и солодей.

Исследования К. К. Гедройца в области изучения почв солонцового типа почвообразования получили дальнейшее развитие в трудах И. Н. Антипова-Каратаева, Д. Г. Виленского, Е. Н. Ивановой, В. А. Ковды, Н. В. Орловского и других. Исследование почв этого типа в различных частях нашей страны показало, что описанное К. К. Гедройцем образование солонцов в результате промывания натриевых солончаков в природных условиях может иметь только ограниченное местное значение. Более общим найдено изменение свойств в указанном К. К. Гедройцем направлении при искусственном промывании натриевых солончаков.

Развивая положение К. К. Гедройца, что солонцы могут образоваться не только из сильно засоленных почв, но и в результате многократной обработки почв растворами с невысокой концентрацией солей натрия, В. А. Ковда в специальной монографии¹ показал необязательность прохождения стадии солончака для образования солонца. В природе, по его мнению, широко распространено образование солонцов и без прохождения стадии солончака. Чередование осеннего и весеннего промывания атмосферными осадками с летним подъемом в верхние слои почвы растворов, даже с небольшим содержанием натриевых солей, приводит к образованию солонцов, минуя стадию солончака. В дальнейшем Н. И. Базилевич² распространила этот вывод и на образование солодей, доказывая возможность их возникновения без предварительного прохождения стадии солонца.

В заключение необходимо добавить, что накопление кремнекислоты в процессе осолодения может происходить не только в результате разрушения почвенных силикатов и алюмосиликатов в условиях щелочной реакции, но в значительно большей степени биологическим путем. Зола многих степных растений содержит большие количества кремнекислоты и может служить источником накопления в почвах кремнекислоты.

В. Р. Вильямс связывал образование по вогнутым элементам рельефа солодей с условиями, когда водоразделы заняты осиновым лесом или дубравами с густым подростом осины. Новейшие исследования показали, что листья осины содержат значительные количества кремнекислоты. Эти источники накопления в почвах кремнекислоты К. К. Гедройцем не были приняты во внимание.

¹ Солончаки и солонцы. Изд. АН СССР, М.—Л., 1937.

² Материалы к вопросу о генезисе солодей. Почвоведение, 1947, стр. 227.





РОЛЬ ОБМЕННЫХ КАТИОНОВ В ПИТАНИИ РАСТЕНИЙ

Начиная с первых лет научной деятельности, К. К. Гедройц стремился связать свои исследования в области изучения химических свойств почв с развитием сельскохозяйственных растений. В начале своих работ К. К. Гедройц шел от растения к почве, от почв, на которых внесение фосфорита дает повышение урожайности, к гипотезе о почвах, не насыщенных основаниями; реакция растений на вносимые удобрения приводила его к изучению соответствующих свойств почв. Иной характер приняли работы К. К. Гедройца по изучению почвы как среды для развития растений, когда им были получены новые данные о поглотительной способности. Теперь он уже стремится, исходя из установленных свойств почв, подойти к выяснению, в какой мере эти свойства могут быть благоприятны для развития растений и что нужно изменить в свойствах почвы, чтобы повысить их эффективное плодородие. Эти вопросы составляют основное содержание работ К. К. Гедройца в последние годы.

К. К. Гедройцем было поставлено большое число вегетационных опытов в целях изучения доступности растениям обменных и необменных катионов, выяснения значения соотношения между различными обменными катионами для развития растений и решения других вопросов влияния почвенного поглощающего комплекса и почвенных поглощенных катионов на растения. Особенно широкий масштаб эти исследования получают с 1930 г., после переезда К. К. Гедройца на Долгопрудное опытное поле Научного института по удобрениям. Проведение вегетационных

опытов по указанным вопросам было связано с необходимостью насыщать большие количества почвы различными обменными катионами. Это потребовало разработки специальной методики вегетационных опытов¹.

Результаты проведенных исследований были К. К. Гедройцем опубликованы в ряде журнальных статей, собранных после его смерти в сборнике «Почвенный поглощающий комплекс, растение и удобрение».

Из наиболее важных для растений элементов зольного питания кальций, калий и магний могут находиться в почве как в форме обменных катионов, так и в необменном состоянии, т. е. входить в состав различных силикатов и алюмосиликатов. Соотношение между количеством этих катионов в обменном и необменном состоянии различно. Содержание обменного кальция обычно выше, чем необменного. Для калия и магния мы имели обратное соотношение: они находятся главным образом в необменном состоянии. Особенно мало содержится в обменном состоянии калия (около 1 м-экв. на 100 г почвы), хотя валовое его содержание достигает нескольких процентов (2—3%). В связи с этим возникает вопрос, в какой мере растения могут использовать перечисленные основания, находящиеся в обменном и необменном состоянии.

Еще в 1912 г. К. К. Гедройц в целях выяснения некоторых вопросов применения калийных удобрений поставил вегетационный опыт с черноземом, в котором все обменные основания, в том числе калий, были замещены на кальций. Опыт был проведен с овсом, горчицей и гречихой. Можно было предполагать, что в этих условиях внесение калийных удобрений даст повышение урожая. Однако на почве, лишенной обменного калия, не наблюдалось повышения урожая названных растений при внесении калийных удобрений. Во всех сосудах урожай был одинаковым. Поскольку в чернозем, полностью насыщенный кальцием, не было внесено магния и это не отразилось на высоте урожая, то, следовательно, растения способны удовлетворять свою потребность в магнии и при отсутствии его в обменном

¹ Тарановская В. Г. Вегетационный метод в работе К. К. Гедройца. Журн. «Хим соц земл» № 1, 1933, стр. 67—71

С. С. Щедеров Методика акад. К. К. Гедройца в вегетационных опытах. В кн.: К. К. Гедройц Почвенный поглощающий комплекс, растение и удобрение. М.—Л., Сельхозгиз, 1935, стр. 164.

состоянии. Последующие повторные опыты подтвердили эти выводы.

Таким образом, на почве, лишенной обменного калия и магния, растения в состоянии использовать эти элементы, находящиеся в необменном состоянии и при обеспеченности другими питательными веществами дают высокие урожаи. Совершенно иначе обстоит дело в отношении кальция. Если из почвы вытеснить обменный кальций, заменив его другим катионом, безвредным для растений, и не вносить солей кальция, то на такой почве растения совершенно не смогут развиваться.

На основании изложенных результатов К. К. Гедройц приходит к общему выводу: «Совершенно ясно, что при наших методах вытеснения обменных катионов из почвы растение на почве, практически лишенной обменного магния и калия, имеет в самой почве источник этих элементов, необходимых ему для той или иной высоты урожая; на почве же, лишенной обменного кальция, растение такового уже не находит в самой почве» (83, стр. 44).

В дальнейшем К. К. Гедройц переходит к выяснению вопроса, как будут развиваться растения на почвах, полностью насыщенных каким-либо одним катионом. При этом им было исследовано влияние катионов как встречающихся в почве в обменном состоянии, так и не содержащихся в обменном состоянии.

Первые опыты, поставленные еще в 1913 г. с черноземом из Тульской области, насыщенным аммонием, натрием и калием, показали, что при внесении полного минерального удобрения (N, P, K, Mg) семена всех бывших в опыте растений даже не давали всходов. Из этого следовало, что почвы, полностью насыщенные аммонием, натрием или калием, совершенно непригодны для развития сельскохозяйственных растений.

Последующие опыты подтвердили этот вывод. Дальнейшие исследования (1928 и 1929 гг.) были проведены с горчицей и овсом на обыкновенном черноземе из Каменной степи, полностью насыщенном магнием, барием, марганцем, кобальтом, никелем, медью или водородом. Нормальный урожай горчицы был получен только на неизменном черноземе. На черноземе, насыщенном любым из перечисленных катионов, несмотря на внесение полного удобрения (NPK), всходы совсем не появлялись или быстро гибли. Многократный пересев не изменил результатов.

Опыт был повторен с овсом при внесении, кроме полного минерального удобрения (НРК) по 10 г. CaCO_3 на сосуд. На черноземе, насыщенном барием, никелем и кобальтом всходов овса не наблюдалось. На почве, насыщенной медью, овес развивался очень плохо даже при внесении мела (урожай 0,39 г против 5,4 г в контрольном сосуде). Более высокий урожай был получен в сосуде с почвой, насыщенной магнием (1,56 г) и марганцем (1,6 г). На почве, насыщенной водородом, при внесении мела получен такой же урожай, что и в контрольном сосуде.

Дальнейшее развитие исследований выявило совершенно неожиданное положительное влияние стронция на развитие овса. На почве, насыщенной стронцием, урожай овса был получен без внесения мела почти такой же, что и на первоначальной почве, содержащей обменный кальций. Повидимому, стронций может в известной мере заменять растениям кальций. Следует еще указать, что на почве, насыщенной двухвалентным железом, в отсутствие углекислого кальция был получен более высокий урожай, чем на почвах, насыщенных другими катионами (кроме кальция и стронция). При внесении мела в почву, насыщенную кадмием, растения на ней урожая не дали, а на почвах, насыщенных другими катионами, при внесении мела овес развивался, но давал небольшие урожаи. Лишь на почвах, насыщенных стронцием и водородом, при внесении мела был такой же урожай, что и на первоначальной почве.

На основании изложенных вегетационных опытов К. К. Гедройц делает вывод, что из всех катионов «...кальцию, как обменному катиону, принадлежит особая роль в жизни почвы. Во-первых, его в почвах (по крайней мере не особенно сильно разрушенных) обычно значительно больше, чем других перечисленных металлов как обменных катионов. Во-вторых, когда именно кальций насыщает (или почти насыщает) емкость обмена почвы, то в почве создаются наиболее благоприятные условия для поддержания в почвенном растворе реакции, близкой к нейтральной, элементы Li, NH_4 , Na, K и отчасти магний как обменные катионы вызывают более щелочную реакцию, а Mn, Al, Fe и H — кислую реакцию» (83, стр. 49).

Несколько ниже К. К. Гедройц указывает, что «...обменный кальций создает в почве особые физические свойства, вследствие которых между водным и воздушным режимами почвы устанавливается такое соотношение, которое для

данной почвы и данных климатических условий наиболее благоприятствует жизни большинства высших растений и аэробных микроорганизмов. При всех остальных перечисленных металлах как обменных катионах это соотношение будет менее благоприятным. Ближе всего к кальцию во всех этих отношениях из перечисленных катионов стоит магний» (83, стр. 49).

В дальнейшем К. К. Гедройц предпринимает исследование влияния на рост растений соотношения между количествами обменного кальция и обменного магния в почве. Эти исследования К. К. Гедройц связывает с выяснением вопроса о причинах отрицательного действия высоких доз извести на некоторых почвах и под некоторые растения.

Еще в первые годы работы К. К. Гедройцу пришлось встретить сильно кислые почвы, на которых внесение извести до определенной величины доз давало прибавку урожая, а при более высоких дозах наблюдалось снижение урожая. В то время причина подобного явления не могла быть расшифрована. Последующие работы по изучению поглотительной способности почв открыли новые перспективы.

После ряда предварительных опытов К. К. Гедройцем был поставлен вегетационный опыт с внесением различных доз углекислой извести в искусственно насыщенную Н-ионом почву под пять растений: овес, гречиху, клевер, лен и горчицу. Была обнаружена неодинаковая реакция находившихся в опыте растений на внесение высоких доз извести. Наибольшее угнетение от высоких доз извести испытывали горчица и лен, более выносливым был клевер. Гречиха только при очень высоких дозах извести явно страдала и гибла. Овес в условиях опыта не обнаружил отрицательной реакции даже при внесении наиболее высоких доз извести.

Ряд подобных опытов привел К. К. Гедройца к предположению, что неблагоприятное действие высоких доз извести обусловлено соотношением между кальцием и магнием в почве, т. е. имеется проявление закона антагонизма ионов. В этих условиях избыточное количество извести приводит к полной гибели некоторых растений, а при меньших дозах наблюдается повышение урожая, поэтому при проведении известкования надо учитывать содержание в почве физиологически усвояемых форм магния.

Вредное действие высоких доз извести обнаруживается только на дерново-подзолистых почвах с сильно кислой реакцией, а на черноземе внесение больших количеств углекислого кальция не оказывает вредного действия на растения.

Исследования по данному вопросу были К. К. Гедройцем продолжены, и в 1932 г. он приступил к обобщению полученных результатов в статье «Действие на растение углесолей кальция и магния» (94, стр. 87—97). Эту статью автор не успел закончить.

Вегетационные опыты с овсом, горчицей и льном в песчаных культурах показали, что углекислый кальций, доломит и магнезит в условиях опыта были совершенно безвредными для всех растений. Даже внесение очень большого количества названных удобрений (400 м-экв. на 1 кг песку) не оказывало вредного действия. Совершенно иным было влияние углекислого магния. Растения обнаруживали сильное угнетение даже от наименьшей дозы (12,5 м-экв. на 1 кг песку). В условиях малобуферной¹ песчаной среды углекислый магний мог сильно сдвинуть реакцию раствора. При взбалтывании с водой углекислого кальция рН раствора равнялась 7,2, доломита — 7,5, магнезита — 7,3, а углекислого магния — 9,0. Это объясняет высокую щелочность в сосудах с углекислым магнием (рН-8,0—9,1), значительно более высокую, чем при внесении доломита или магнезита (рН-7,3—7,9).

Однако К. К. Гедройц считает, что снижение урожая нельзя полностью объяснить только вредным действием щелочной реакции, имеет место и непосредственное влияние ионов магния при недостаточном количестве ионов кальция. При значительно более высокой растворимости углекислого магния по сравнению с доломитом и магнезитом в растворе создавался большой избыток ионов магния, не уравновешенных ионами кальция.

Иной результат дал опыт с черноземом, обладающим высокой буферностью не только в отношении реакций, но и в отношении концентрации катионов в почвенном растворе. Внесение углекислого кальция, доломита и магнезита было безвредным для растений, а внесение углекислого маг-

¹ Буферностью называют способность почвы противостоять изменению активной реакции при внесении (или образовании) кислых или щелочных соединений.

ния и на черноземе оказывало вредное действие. Различие проявилось лишь в том, что в песчаных культурах вредное действие на горчице и овсе обнаруживалось уже при наименьшей дозе углекислого магния, а в опытах с черноземом — только при наибольшей.

В опубликованных уже после смерти К. К. Гедройца выполненных им лично анализах мы находим дальнейшее развитие исследований по выяснению влияния соотношения кальция и магния на развитие растений. Представляют интерес анализы водных вытяжек природного и насыщенного Н-ионом чернозема при внесении различных углесолей (100 г чернозема + 10 г углесолей + 500 мл воды).

В природном черноземе из Каменной степи под влиянием внесения углесолей изменяется содержание в водной вытяжке кальция и магния, а вместе с тем и соотношение между ними. Внесение углекислого кальция, доломита и магнезита сравнительно мало изменяют это соотношение, но при внесении углекислого магния оно резко нарушается. Раньше в водной вытяжке преобладал кальций, а теперь получает преобладание магний, резко возрастает активная щелочность (рН-8,7), растворимость перегноя и т. д.

Те же самые исследования, произведенные с черноземом, предварительно насыщенным водородом, показали иное содержание переходящих в водную вытяжку кальция и магния. Без внесения углесолей эти элементы переходят в водную вытяжку в ничтожных количествах. Внесение углекислого кальция существенно повышает содержание в водной вытяжке кальция, несколько увеличивая в то же время и количество магния. Доломит повышает содержание кальция и магния почти в одинаковой степени. Внесение углекислого магния и магнезита сильно повышает извлечение водной вытяжкой магния, обуславливая в первом случае его преобладание над кальцием, а во втором почти равное количество.

Составу обменных катионов и соотношению между ними К. К. Гедройц придавал очень большое значение. Об этом можно судить из следующих слов последней законченной им работы (18 сентября 1932 г.):

«Непосредственные опыты указывают на большое влияние на высоту урожая величины отношения между обменным кальцием и магнием; оптимальное отношение $Ca : Mg$ различно для растений и повидимому зависит от величины ёмкости обмена данной почвы и присутствия в ее поглощаю-

щем комплексе других обменных катионов. Создание в почве неблагоприятного отношения между кальцием и магнием (слишком высокого) объясняет неблагоприятное действие, иногда совершенно губящее урожай, избыточного известкования чувствительных к этому отношению растений (лен, картофель, горчица и др.)» (90, стр. 158). В дальнейшем это направление работ К. К. Гедройца получило развитие в трудах акад. О. К. Кедрова-Зихмана.

Специальное исследование было предпринято К. К. Гедройцем в целях изучения влияния на урожай марганца, алюминия и ряда других катионов, искусственно введенных в поглощающий комплекс (88, стр. 70—81). Опыты были поставлены с чернозёмом из Каменной степи. Опытными растениями служили овес и горчица. Продолжительность опыта была два года. Наиболее показательные результаты были получены в опыте с овсом. На основании результатов этих исследований К. К. Гедройц сделал следующие выводы.

Рубидий при концентрации 0,001 нормальной, взятой для обработки почвы соли, дал заметное повышение урожая соломы и особенно зерна; с повышением же концентрации соли урожай зерна (особенно в первый год) сильно падал, урожай соломы, наоборот, все повышался.

Кадмий дал сильное повышение урожая зерна (особенно на второй год) и небольшое повышение урожая соломы при наименьшей из исследованных концентраций; с повышением концентрации кадмий действовал отрицательно на второй год. Так, при концентрации раствора 0,01 нормальной, которым обрабатывали почву, т. е. в присутствии в почве меньше 1 м-экв. кадмия, совсем не было получено зерна, а урожай соломы понизился до 27% от урожая на почве без кадмия.

Барий два года при всех испытанных концентрациях давал заметное повышение урожая зерна; на солому более благоприятно действовало меньшее его количество.

Марганец при всех концентрациях два года давал сильное повышение урожая зерна (до 80%) и сравнительно слабое повышение урожая соломы.

Кобальт в первый год опыта дал положительный эффект при первых двух концентрациях, а при высшей концентрации по внешнему виду растения заметно страдали и увеличения урожая не наблюдалось. На второй год почвы, обработанные 0,005 и 0,01 нормальным раствором хлорида, дали резкое

падение урожая зерна горчицы и овса, хотя урожай соломы был выше.

Никель в первый год при низшей концентрации не действовал вовсе, а при следующих двух концентрациях давал небольшой положительный эффект, тогда как на следующий год сильно повышал урожай, особенно зерна, при всех испытанных концентрациях.

Смесь катионов рубидия, кадмия, марганца и кобальта в первый и во второй годы опыта действовала положительно, особенно на урожай зерна.

В другом вегетационном опыте содержание 3,4 м-экв. обменного кадмия на 100 г почвы вызывало полное прекращение роста овса и гречихи. Оба растения обнаруживали сильное угнетение в развитии, но росли при содержании в почве 2,7 м-экв. никеля и погибали при 6,1 м-экв.

Более подробные опыты были проведены с марганцем и алюминием. Из того же чернозема Каменной степи были приготовлены для вегетационных опытов почвы с различным содержанием марганца (от 0,5 до 18,6 м-экв. и полного насыщения), опытными растениями служили овес, гречиха, горчица, лен, клевер. В сосуды были внесены азотнокислый кальций, фосфат калия и сернокислый магний.

Уже при наиболее низком содержании марганца ясно проявилось его положительное действие на всех растениях, особенно у льна и горчицы. С повышением его содержания до 4 м-экв. урожай овса остался без изменения, а у других культур обнаруживал колебания в обе стороны. Дальнейшее повышение содержания обменного марганца до 7 м-экв. вызвало понижение урожая всех бывших в опыте растений, кроме овса, а при 18 м-экв. обменного марганца все растения, кроме овса, погибли. Однако и овес развивался заметно хуже, чем при меньшем количестве марганца. При полном насыщении почвы обменным марганцем погиб и овес.

Сопоставляя результаты изложенных опытов с предыдущими, К. К. Гедройц обращает внимание, что в данном опыте на почве, полностью насыщенной обменным марганцем, овес погибал несмотря на внесение кальция в форме нитрата. В предыдущих опытах с внесением в полностью насыщенную обменным марганцем почву углекислого кальция овес рос, хотя и давал пониженный урожай. Объяснения этому явлению найти не удалось.

По сходной схеме были поставлены опыты с черноземом, насыщенным в разной степени обменным алюминием (от 0,5

до 23,7 м-экв. и полного насыщения). В качестве опытного растения был взят овес.

Опыты показали, что при наименьшем количестве введенного в почву обменного алюминия (0,5 м-экв. на 100 г почвы) наблюдается ясно выраженное повышение урожая соломы и особенно урожая зерна. Дальнейшее повышение содержания обменного алюминия до 1 м-экв. не вызывает большего эффекта, но, начиная с увеличения его содержания до 5 м-экв., эффект падает, а при 23 м-экв. сходит на нет. На почве, полностью насыщенной алюминием, овес, как и в прежних опытах, погиб. Внесение, кроме NPK, нитрата кальция и сульфата магния не отражалось на величине урожая. Внесение же углекислого кальция в количестве, эквивалентном содержанию обменного алюминия (14 г на 460 г почвы), совершенно уничтожило вредное действие алюминия.

К. К. Гедройц напоминает, что в его прежних опытах с овсом на черноземе, насыщенном алюминием, при внесении углекислого кальция в первый год было получено небольшое повышение урожая, а на второй год в тех же сосудах вредное действие обменного алюминия в результате внесения углекислого кальция было уничтожено. В заключение К. К. Гедройц делает общий вывод, что в рассмотренных опытах на почвах, полностью насыщенных обменным алюминием, углекислый кальций действует не как источник известкового питания, а «...сам по себе как-то обезвреживает обменный алюминий». Это обезвреживающее действие наступает при более высоких дозах углекислого кальция раньше, при меньших дозах — позднее.

В дальнейшем акад. О. К. Кедров-Зихман, развивая работы К. К. Гедройца в этом направлении, показал, что в данном случае в условиях слабощелочной реакции происходит осаждение алюминия.

Специальная статья посвящена К. К. Гедройцем поглощению аммония как источнику азота для растения (91).

Под влиянием процесса аммонификации азотсодержащих органических веществ в почве происходит образование аммиака. В пахотных почвах большая его часть подвергается нитрификации и окисляется в нитраты, меньшая — может поглощаться почвой и удерживаться в форме обменного аммония. В почвах с подавленной нитрификацией (например, в почвах хвойно-моховых лесов) поглощение аммония происходит в большем размере. Поскольку в почвах идет энергичное потребление растительностью обменного аммония, то его

содержание обычно очень невысокое. К. К. Гедройц приводит величину содержания обменного аммония 0,1 м-экв. на 100 г почвы.

Далее К. К. Гедройц высказывает предположение, что обменный аммоний уже при сравнительно небольшом содержании может оказывать не только положительное, но и неблагоприятное влияние на развитие растений. Повышенная концентрация в растворе аммиака подавляет деятельность нитрифицирующих бактерий. Кроме того, ион аммония повышает диспергирование почвенных коллоидов, вызывает разрушение почвенной структуры, приводит к разрушению почвенного поглощающего комплекса.

«Поэтому,— пишет К. К. Гедройц,— наряду с изучением действия на растения обменного аммония, как источника азотистого питания растений, необходимо и не в меньшей степени изучение действия его на почву вообще и, в частности, на те ее свойства, которые так или иначе влияют на урожай» (91, стр. 6 и 80).

Для изучения зависимости растворяющего и разрушающего действия воды от состава обменных катионов были приготовлены образцы чернозема, полностью насыщенного литием, аммонием, натрием, калием, магнием и водородом. Навески по 10 г почвы, насыщенной перечисленными катионами, помещали в литровые цилиндры с притертыми пробками, доливали водой до метки и после взбалтывания оставляли на двое суток. В одну серию цилиндров было прибавлено по 2 г CaCO_3 .

По прошествии указанного времени растворы отфильтровывали, почву на фильтре промывали еще одним литром воды. В первом литре фильтрата определяли растворимый перегной, сумму растворимых веществ, кремнекислоту, полуторные окислы, во втором литре определяли только перегной.

Полученные данные показали, что все щелочные катионы очень сильно повышают растворение перегноя и диспергирование алюмосиликатного комплекса. Хотя аммоний оказывает значительно менее сильное действие, чем литий, натрий и отчасти калий, но и он в 54 раза увеличивает растворимость перегноя, в 37 раз количество извлекаемой кремнекислоты, а количество извлекаемых полуторных окислов повышает от следов до 0,448%.

Присутствие углекислого кальция в почве во всех цилиндрах существенно понизило растворение перегноя, переход в раствор кремнекислоты и полуторных окислов.

На основании проведенных исследований К. К. Гедройц делает общее заключение: «Почва, содержащая обменный аммоний, должна существенно отличаться по многим своим свойствам от почв, содержащих обменный кальций, магний и водород, и в этом числе по составу своего почвенного раствора; совершенно ясно, что отношение растений к такой почве должно быть иным и что это отношение будет изменяться в зависимости от коэффициента насыщения почвы аммонием и величины емкости обмена данной почвы» (91, стр. 8).

Для изучения влияния обменного аммония на развитие растений был поставлен вегетационный опыт с овсом на черноземе из Каменной степи, в который обработкой хлористым аммонием были введены следующие количества обменного аммония: в первом образце 1,5 м-экв., во втором 4,1 м-экв. (или соответственно 7,5 и 20,5 м-экв. на сосуд) при общей емкости обмена 56,2 м-экв. на 100 г почвы. Для сравнения был взят образец чернозема, промытый только водой. Опыт проводили два года.

В первый год при меньшей дозе обменного аммония повышение урожая (зерна и соломы) было такое же, как и при внесении селитры, при большем содержании обменного аммония общий урожай был даже выше, чем в сосудах с селитрой. При этом урожай зерна был одинаковым, а урожай соломы был выше в сосуде с обменным аммонием, что указывает на избыточное азотное питание. При меньшей дозе обменного аммония на второй год последствий не наблюдалось, в сосудах с большим содержанием обменного аммония овес дал больший урожай, чем в сосудах без внесения азота, но меньший, чем в сосудах, удобренных селитрой. Причина этого снижения осталась невыявленной.

На основании изложенных опытов К. К. Гедройц делает общий вывод, что обменный (поглощенный) аммоний представляет хороший источник азотного питания для растений и в условиях данного опыта не создал в исследованной почве неблагоприятных химических или физических свойств.





РАБОТЫ ПО ИЗЫСКАНИЮ ПУТЕЙ ПОВЫШЕНИЯ ПОЧВЕННОГО ПЛОДОРОДИЯ

С первых лет научной деятельности К. К. Гедройц много внимания уделял вопросам повышения почвенного плодородия, стремясь возможно полнее использовать новейшие приемы исследования.

Когда К. К. Гедройц начинал научную работу, под влиянием горячей пропаганды К. А. Тимирязева в практику агрохимических и физиологических исследований стал входить вегетационный метод. Первый вегетационный домик был построен в Москве К. А. Тимирязевым в 1872 г. Широкое применение этого метода стало возможно после постройки более обширных вегетационных павильонов сначала в Москве, в Петровской (ныне Тимирязевской) сельскохозяйственной академии при кафедре Д. Н. Прянишникова в 1897 г., а вскоре в Петербурге при сельскохозяйственной химической лаборатории, руководимой П. С. Коссовичем.

К. К. Гедройц сильно заинтересовался этим новым в то время методом исследования питания растений, полагая, что он открывает широкие перспективы в изыскании путей повышения почвенного плодородия. Вегетационным методом К. К. Гедройц неизменно широко пользовался в течение всей своей научной деятельности.

Многие вопросы методики постановки вегетационных опытов в те годы, когда этот метод только начал получать широкое применение, были еще недостаточно разработаны. В связи с этим, по поручению П. С. Коссовича, К. К. Гедройц уделяет значительное внимание выяснению ряда вопросов методики проведения вегетационных опытов.

В ряде публикаций (8, 13, 19, 20, 21 и 23) К. К. Гедройц сообщает результаты своих исследований о зависимости

величины урожая в условиях вегетационного опыта от размера сосудов или, другими словами, количества почвы, густоты стояния растений, плотности набивки почвы в сосуды, устройства дренажа, увлажнения и т. д. Не останавливаясь на рассмотрении результатов всех этих методических исследований, укажу лишь на один вывод принципиального значения. На основании многих вегетационных опытов К. К. Гедройц пришел к выводу, что в зависимости от условий увлажнения изменяется способность растений использовать питательные элементы почвы. Так почва, обнаруживавшая при одних условиях увлажнения в первом минимуме азот, при других условиях увлажнения показывала в первую очередь недостаток фосфатного питания.

Рассматривая вопрос о задачах, решаемых вегетационным методом, К. К. Гедройц приходит к заключению о непригодности этого метода для выяснения вопроса о потребности почв в удобрениях, поскольку показания вегетационного метода часто расходятся с данными полевых опытов. Вместе с тем он считает, что вегетационным методом лучше, чем каким-либо другим, по крайней мере из имеющихся до сих пор в нашем распоряжении, можно изучить те процессы, которые совершаются в почве и которые имеют непосредственное отношение к питанию растений, а также отношения почвы и растения между собой. Именно в этом направлении развивает свои исследования К. К. Гедройц.

Особенно большое значение имеют вегетационные опыты К. К. Гедройца по выяснению применения фосфоритной муки и использованию растениями других форм фосфатных удобрений.

Опыты с песчаными культурами показали резкие различия между растениями в способности использовать фосфорную кислоту фосфорита. При постановке вегетационных опытов с почвами различия между растениями в способности использовать фосфорную кислоту фосфорита сглаживались. Это расхождение в показаниях песчаных и почвенных культур, по мнению К. К. Гедройца, обусловлено растворяющим влиянием на фосфоритную муку самих исследованных почв. Последующие опыты обнаружили, что почвы, не насыщенные основаниями, т. е. имеющие кислую реакцию, обладают способностью переводить в доступную растениям форму фосфорную кислоту фосфоритной муки.

По способности использовать фосфорную кислоту фосфоритной муки К. К. Гедройц делит растения на три группы.

В первую группу он относит растения с сильно выраженной способностью использовать фосфорную кислоту фосфоритной муки — это горчица, клевер, гречиха, горох; вторую группу со средней способностью составляют овес, ячмень, конопля, лен, тимофеевка; в третью группу со слабо выраженной способностью он отнес только люцерну.

В присутствии углекислого кальция величина урожая при внесении фосфоритной муки у всех растений, кроме горчицы, люпина и гороха, сильно понижается. Подобное действие извести К. К. Гедройц объясняет тем, что углекислый кальций понижает растворяющее действие корневых выделений растений и растворяющее действие самой почвы, которое обусловлено кислотностью почвы. В обоих случаях известь оказывает нейтрализующее действие.

Кроме фосфатов кальция некоторые почвы содержат значительные количества фосфатов полуторных окислов, фосфорная кислота которых значительно менее доступна растениям. Фосфаты полуторных окислов преобладают в дерново-подзолистых почвах. Известкование этих почв может повысить усвояемость почвенных фосфатов за счет частичной мобилизации фосфатов полуторных окислов. Кроме того, по мнению К. К. Гедройца, известкование повышает доступность растениям фосфорно-органических соединений.

Можно еще отметить попытку К. К. Гедройца объяснить явление клевероутомления почвы (и льноутомления) высоким потреблением клевером (и льном) фосфорной кислоты (15, стр. 39—60), приводящим при длительной культуре к существенному понижению в почве усвояемых форм фосфорной кислоты, а вследствие этого и снижению урожая клевера. Последующие исследования показали большую сложность клевероутомления (и льноутомления) почвы, это явление обусловлено главным образом причинами биологическими. Установленное же К. К. Гедройцем высокое потребление фосфорной кислоты клевером и льном имеет большое значение для разработки системы применения удобрений и чередования культур в травопольных севооборотах.

Существенное значение имеют работы К. К. Гедройца по выяснению возможности и условий применения цианамиды кальция (22), получившие затем практическое использование при строительстве химической промышленности в СССР.

Следует еще упомянуть исследования К. К. Гедройца по изучению вегетационным методом плодородия различных генетических горизонтов чернозема и дерново-подзолистых

почв (25), опыты по влиянию стерилизации почвы на рост растений и на самую почву (26). Все эти вопросы, поставленные К. К. Гедройцем еще в начале текущего столетия, получили в дальнейшем широкое развитие в трудах советских агрохимиков.

Работая над мелиорацией засоленных почв, известкованием, применением фосфоритной муки и т. д., К. К. Гедройц вскоре должен был увидеть, что решение всех этих практических вопросов тесно связано с поглотительной способностью почв. Однако имеющиеся в литературе сведения о поглотительной способности почв были настолько неполны и противоречивы, что их не представлялось возможным использовать для указанных целей. Именно необходимость решения чисто практических вопросов агрономии не только привела К. К. Гедройца к изучению поглотительной способности почв, но и помогла ему найти в этой новой области правильный путь развития исследований.

В течение долгого времени изучение поглотительной способности составляет основное содержание работ К. К. Гедройца, отодвигая другие вопросы на второй план. Когда после многих лет напряженной работы на основании полученного громадного нового аналогического материала К. К. Гедройц в достаточной мере изучил поглотительную способность почвы, перед ним открылись совершенно новые перспективы. Теперь он мог подойти к решению интересовавших его ранее отдельных практических вопросов повышения почвенного плодородия уже на основании новых данных о поглотительной способности почв.

Для К. К. Гедройца весьма характерно широкое понимание законов, управляющих почвенным плодородием. Он неоднократно подчеркивал зависимость успешного развития растений не только от наличия доступных растениям элементов пищи, но и от физических свойств почвы, обеспечивающих благоприятный водно-воздушный режим и проницаемость для корневых систем, от отсутствия токсичных для растений соединений.

Например, в книге «Учение о поглотительной способности почв» К. К. Гедройц писал:

«Растение предъявляет к почве как среде, на которой оно растет, из которой получает необходимые питательные вещества, воду, кислород для дыхания корней,— ряд определенных требований, от степени выполнения которых зависит

успешность роста, величина и качество даваемого растением урожая» (64, стр. 192, изд. 4).

В другой работе читаем: «Почва представляет собой трехфазную систему, состоящую из твердой, жидкой и газообразной фаз. Познать почву означает познать эти три фазы в отдельности и в их совокупном взаимоотношении, изучить статику и динамику этой системы». И дальше: «Если смотреть на почву, как на культурную среду для растений, то приходится признать, что структурность почвы является одним из самых важных моментов, определяющих величину создаваемой почвой растительной массы. Особенно существенна подходящая структура для сельскохозяйственных растений» (74, стр. 125).

Далее К. К. Гедройц пишет об антагонизме, существующем в почве между содержанием в ней воды и воздуха. Увеличение содержания воды приводит к сокращению объема, приходящегося на долю воздуха, и снижению аэрации. Это в свою очередь влечет затруднения с минерализацией мертвого органического вещества и освобождением в доступной растениям форме заключенных в нем элементов питания, а также образованию недоокисленных, токсичных для растений соединений. Наоборот, повышенное содержание воздуха означает недостаток для растений влаги. Лишь путем образования в почве соответствующей структуры можно регулировать соотношения между содержанием в почве воды и воздуха и создать наилучшие условия для развития сельскохозяйственных растений. Сказанным объясняется то большое внимание, которое К. К. Гедройц уделял изучению вопросов структурообразования.

Наиболее подробное освещение проблемы почвенного плодородия и путей его повышения К. К. Гедройц дает на примере изучения почв Носовской сельскохозяйственной опытной станции.

Как уже было указано ранее, черноземные почвы района деятельности Носовской сельскохозяйственной опытной станции (Черниговская область УССР) отличаются рядом особенностей. Главнейшая отличительная черта этих черноземов — очень невысокое содержание перегноя (около 3,5%) при равномерном его распределении по профилю. По мнению К. К. Гедройца (71), причина малого содержания перегноя — переходный характер этих черноземов, связанный с близостью южной границы дерново-подзолистой зоны, механический состав и возможная солонцеватость в прошлом.

По механическому составу это легкие пылеватые суглинки. Содержание частиц «физической глины» ($< 0,01$ мм) около 33% при характерном преобладании частиц средней и мелкой пыли (в сумме 25%) и очень небольшом содержании ила (7%). В районе деятельности Носовской сельскохозяйственной опытной станции имеют значительное распространение солонцы и солончаки.

Полевые опыты показали очень низкое плодородие носовских черноземов, что обусловлено резким недостатком в этих почвах физиологически доступных соединений азота и фосфора. При довольно высоком валовом содержании этих важнейших элементов питания они находятся в форме соединений, трудно доступных для растений. Малая обеспеченность растений доступными соединениями фосфора при его высоком валовом содержании — явление обычное для черноземов. Малая доступность для растений азота несвойственна черноземным почвам и представляет отличительную особенность данных черноземов. В то же время при ясно выраженной необеспеченности растений усвояемыми соединениями азота и фосфора внесение азотных и фосфатных удобрений не дает существенного положительного эффекта. К. К. Гедройц обращает внимание, что включение в севооборот клевера повышает отзывчивость носовских черноземов на внесение фосфатов. Другие бобовые такого действия не оказывают. В дальнейшем особое внимание было обращено на фосфатное питание.

Для выяснения причин перечисленных особенностей носовских черноземов и изыскания путей повышения их плодородия К. К. Гедройцем были предприняты специальные исследования.

Вегетационные опыты подтвердили очень небольшое содержание в рассматриваемых черноземах доступных растениям соединений азота, несмотря на значительное валовое содержание азота в форме органических соединений. Повидимому минерализация этих соединений и переход заключенного в них азота в доступные растениям минеральные формы затруднены. Внесение же в условиях вегетационного опыта минеральных азотных и фосфатных удобрений сильно повысило урожай в сосудах.

Условия вегетационного опыта отличаются от условий полевого опыта главным образом тем, что в сосудах растения поставлены в более благоприятные условия аэрации и обеспечения влагой, чем в полевом опыте. Поэтому К. К. Гедройц

приходит к выводу, что слабая отзывчивость исследованных черноземов на внесение удобрений в полевом опыте обусловлена их неблагоприятным водно-воздушным режимом. Именно этим следует объяснить различия в показаниях вегетационных и полевых опытов.

Сделанное заключение было в дальнейшем подтверждено и уточнено опытами на малых делянках. Применение в этих опытах полива не дало повышения урожая. Это показало, что отсутствие отзывчивости на вносимые азотные и фосфатные удобрения обусловлено не недостатком влаги.

Совершенно другой эффект дало введение в опыт делянок с улучшенным воздушным режимом. Хотя примененный в опыте воздушный дренаж (скважины на глубину 50 см со вставленными в них стеклянными трубками) нельзя признать вполне достаточным, но этот прием дал значительное повышение урожая. В условиях улучшенного дренажа полив еще более повышал урожай. Данный опыт убедил К. К. Гедройца, что неблагоприятные свойства исследованных почв обусловлены недостаточной аэрацией и, как следствие, неудовлетворительным воздушным режимом. Внесение в почву удобрений и другие мероприятия могут дать положительный результат лишь при условии улучшения воздушного режима.

Поставленные К. К. Гедройцем вегетационные опыты с образцами почв из различных генетических горизонтов почвенного профиля показали, что наименьший урожай получается в сосудах с образцами почв из подпахотного горизонта, взятого с глубины 20—50 см. На почвах из этого слоя урожай не только без удобрений, но и с внесением удобрений в различных комбинациях, включая полное удобрение, неизменно получались ниже, чем на почвах из других горизонтов.

Поскольку в условиях вегетационного опыта аэрация вполне достаточная, то К. К. Гедройц приходит к заключению, что понижение урожая вызывают какие-то токсические соединения, содержащиеся во взятых для опыта образцах почвы. За время вегетационного опыта содержание этих вредных для растений соединений, повидимому, заметно не изменилось.

Последующие опыты с выращиванием овса в водных вытяжках из различных горизонтов подтвердили присутствие токсических соединений в подпахотном и в меньшей степени в пахотном слоях. Предварительное кипячение этих вытяжек,

разрушающее названные соединения, улучшало развитие растений. Совокупность всех наблюдений привела К. К. Гедройца к общему заключению, что наиболее неблагоприятным воздушным режимом обладает не пахотный слой, а лежащий под ним на глубине 20—50 см подпахотный.

Ранее уже было сказано, что введение в севооборот клевера повышает использование минеральных удобрений описываемыми черноземами. Сопоставляя это с предыдущим выводом о неблагоприятном воздушном режиме рассматриваемых почв, К. К. Гедройц приходит к выводу, что культура клевера улучшает воздушный режим почвы. В пользу такого заключения говорят и другие наблюдения.

Вегетационные опыты, поставленные с различными горизонтами чернозема, взятыми с поля после клевера, не обнаружили неблагоприятных свойств подпахотного слоя. Равным образом и водные вытяжки из этих почв не содержали вредных для растений соединений. Непосредственное исследование физических свойств подтвердило наблюдения об улучшении воздушного режима почв под влиянием культуры клевера.

Водопроницаемость, аэрация, а вместе с этим и воздушный режим почвы зависят от величины некапиллярной скважности. Чем выше некапиллярная скважность, тем больше водопроницаемость и воздухоемкость почвы, полнее аэрации почвы.

Черноземы Носовской сельскохозяйственной опытной станции имеют очень низкую величину некапиллярной скважности, близкую к нулю. После клевера некапиллярная скважность заметно повышается. Равным образом и водопроницаемость почвы после клевера повышается более чем в два раза. Все это говорит о существенном улучшении воздушного режима почв в результате введения в севооборот клевера.

От степени аэрации почвы зависят микробиологические процессы разложения мертвого органического вещества, а также процессы аммонификации и нитрификации. Все эти процессы окислительные и требуют притока богатого кислородом атмосферного воздуха. Культура клевера, повышая аэрацию почвы, способствует минерализации содержащихся в ней органических соединений и переходу заключенных в них элементов питания в доступные растениям минеральные соединения. Непосредственные химические анализы показывают усиление нитрификации под влиянием культуры клевера.

Отрицательные физические свойства носовских черноземов обусловлены в значительной мере их механическим составом: высоким содержанием пылеватых частиц (в сумме около 90%) и очень низким содержанием иловатых (7%). Иловатые частицы будучи насыщены обменным кальцием служат «цементом», склеивающим более крупные механические элементы. Поэтому низкое содержание этих частиц является причиной бесструктурности описываемых черноземов.

Для улучшения структурного состояния носовских черноземов К. К. Гедройц считает нужным обогащение их органическим веществом. Внесение навоза оказывает благоприятное действие, но это улучшение не может быть достаточно большим, так как с навозом вносят сравнительно небольшие количества сухого органического вещества.

По заключению К. К. Гедройца, наилучший эффект дает культура клевера, который не только обогащает почву органическим веществом, но и существенно улучшает структуру, создавая тем самым более благоприятный водно-воздушный режим. Касаясь причин влияния клевера на структурность почв, К. К. Гедройц на первое место ставит влияние сильно развитой и разветвленной корневой системы клевера. Он высказывает предположение о механическом действии этой корневой системы. Растущие корни при проникновении в почву раздвигают частицы, оказывая давление, уплотняют почву, образуя сеть корневых сплетений, создают плотные комочки почвы. После сгнивания корней получаются просторные ходы, служащие некапиллярными скважинами. Далее, он высказывает предположение о выделении корнями клевера органических соединений, обладающих клеящей способностью. Все сказанное приводит к образованию под влиянием клевера не только микро-, но и макроструктурных мелкокомковатых отдельностей. Клевер придает структурным агрегатам «...большую прочность вследствие насыщения почвенного поглощающего комплекса кальцием» (71, стр. 64).

В заключение К. К. Гедройц указывает на значение погодных условий. Во влажные годы на бесструктурных почвах особенно резко снижается аэрация, что вредно отражается на прохождении микробиологических процессов и развитии культурных растений.

Правильно подметив роль клевера в придании структурным отдельностям прочности, К. К. Гедройц упустил из внимания значение рыхлокустовых злаков в образовании почвенной структуры, о чем уже было сказано ранее. Это

привело К. К. Гедройца к ошибочной рекомендации введения в севооборот только посевов клевера, а не злаково-бобовых травосмесей.

В других работах К. К. Гедройц касается общего вопроса повышения эффективного плодородия черноземов. Особенно его интересует вопрос о недостаточном обеспечении растений физиологически доступными соединениями азота на некоторых черноземах, отличающихся высоким валовым содержанием азота (0,5%), в то время как дерново-подзолистые почвы, обладающие меньшими валовыми запасами азота (0,1%), в большей степени обеспечивают растительность азотным питанием. Многочисленные вегетационные опыты обнаруживали хрощую отзывчивость растений на внесение азотных удобрений в почвы черноземного типа, часто бóльшую, чем на дерново-подзолистых почвах. На основании этих наблюдений К. К. Гедройц делает вывод о малой подвижности органических азотистых соединений в черноземных почвах (72).

В дальнейшем К. К. Гедройц рассматривает причины малой подвижности азотсодержащих органических соединений черноземов и пути повышения доступности растениям этих соединений.

Устойчивость и малая доступность растениям азота почвенного перегноя может быть обусловлена двумя причинами: во-первых, неблагоприятными условиями среды для развития процесса аммонификации и нитрификации, а именно слишком кислой или щелочной реакцией, присутствием токсических для бактерий соединений, неблагоприятным водно-воздушным режимом. В типичных черноземах все перечисленные неблагоприятные условия не имеют места и потому не могут препятствовать процессу нитрификации. Ранее рассмотренные носовские черноземы в этом отношении представляют исключение.

Второй причиной может служить сама природа почвенного перегноя черноземов. К. К. Гедройц высказывает предположение, что высокая насыщенность перегноя этих почв кальцием, связанная с этим прочная крупнозернистая структура, ничтожная коллоидная растворимость в воде обуславливают малую подвижность перегноя черноземов, делая его более устойчивым в отношении аммонификаторов. Слабое развитие процессов аммонификации служит причиной недостаточной обеспеченности растительности азотным питанием, несмотря на большие валовые запасы азота.

В почвах дерново-подзолистого типа, где образование почвенного перегноя происходит при недостатке кальция и насыщенности основаниями, перегной обладает большей подвижностью и легче поддается воздействию микроорганизмов, в том числе аммонификаторов. Сказанное обуславливает свойственную этим почвам большую обеспеченность растительности физиологически усвояемыми соединениями азота. В солонцеватых почвах большая подвижность перегноя обусловлена влиянием поглощенного иона натрия.

На основании изложенного К. К. Гедройц полагает, что введение в состав обменных катионов небольших количеств ионов натрия или водорода должно повысить подвижность перегноя черноземных почв. По его мнению, «об искусственной замене кальция водородным ионом, как практическом приеме, говорить не приходится» (72, стр. 15). Ввести натрий в состав обменных катионов не трудно, но в этом случае возникает опасность создания солонцеватости почвы (образование соды, неблагоприятные физические свойства). Однако очень слабая солонцеватость, по мнению К. К. Гедройца, не вредна для большинства культурных растений.

Внесение удобрений, содержащих натрий, например натриевой селитры, может повышать подвижность перегноя. Сходное действие должны оказывать и калийные удобрения. Вопрос о количестве однозначных катионов, которое может быть введено в состав обменных катионов без вреда для растений, зависит от величины емкости поглощения и его следует устанавливать опытным путем.

Говоря о возможности введения в состав обменных оснований однозначных катионов, К. К. Гедройц в то же время пишет, что длительное применение минеральных удобрений, содержащих натрий, аммоний и калий, может существенно ухудшить агрономические свойства почвы. Это ухудшение выразится в обесструктуривании почвы, склонности ее к заплыванию и образованию на поверхности корки, более легкой разрушаемости почвенного поглощающего комплекса. Отрицательное влияние сильнее проявится на почвах с меньшей емкостью поглощения.

Ряд исследований К. К. Гедройца посвящен почвам, не насыщенным основаниями. К. К. Гедройц неоднократно возвращался к доказательству более легкого разрушения водой почвенного поглощающего комплекса, содержащего обменный Н-ион. В целях устранения кислой реакции дерново-подзолистых почв, оказывающей вредное действие на многие

культурные растения и почвенные микроорганизмы, и для предохранения от разрушения водой ненасыщенного основаниями почвенного поглощающего комплекса К. К. Гедройц рекомендует известкование почв, не насыщенных основаниями.

В одной из работ он пишет, что известкование почв, не насыщенных основаниями «...предохраняет эти почвы от разрушения и выноса из них наиболее ценной в сельскохозяйственном отношении их части а именно, поглощающего их комплекса как минерального, так и органического» (61, стр. 49).

Далее он высказывает предположение, что «...умеренное известкование должно быть полезно и на тех почвах, которые естественно вовсе не содержат ни поглощенного натрия ни поглощенного водородного иона, но которые усиленно удобряются натриевой селитрой (или калийными солями)» (61, стр. 50). Известкование, замещая натрий или калий на кальций, устраняет вредное действие этих удобрений.

К. К. Гедройц считал, что «...на известкование нельзя смотреть лишь как на меру поднятия урожайности почвы». Он полагал что «...известкование является не только временной мерой в целях повышения на ближайшее время урожайности почвы, но и коренной мелиорацией почвы» (87, стр. 53).

В связи с таким взглядом К. К. Гедройца уместно напомнить указание В. Р. Вильямса, что известкование (равным образом мергелевание и фосфоритование) «...ни в каком случае нельзя рассматривать как *коренное улучшение, или мелиорацию почв*»¹, так как углекислая известь легко вымывается из почвы и через 6—9 лет известкование надо повторять.

В. Р. Вильямс рекомендует вносить углекислую известь только непосредственно в поля под многолетние травы, а в случае необходимости (в паровых севооборотах) внесения известки под однолетние растения производить известкование по возможности задолго до посева.

С проблемой известкования почв связаны исследования К. К. Гедройца, посвященные выяснению влияния на урожай о соотношении между обменными кальцием и магнием в почве, содержании магния в применяемых для известкования агрорудах (известняке, доломите, мергеле и т. д.), а также о влиянии высоких доз известки. В непосредственной

¹ Собрание сочинений, т. VI, Сельхозгиз, М., 1951, стр. 507.

зависимости от этих исследований находится решение вопроса об установлении доз вносимой извести. К. К. Гедройц указывает, что нельзя ограничиваться определением только гидrolитической кислотности, а нужно обязательно принимать в расчет величину емкости обмена, абсолютное содержание обменных кальция и магния и соотношение между ними.

Исследования К. К. Гедройца способствовали теоретическому обоснованию и практическому применению известкования в нашей стране.

Как уже было показано выше, К. К. Гедройц придавал очень большое значение введению в севооборот клевера как надежного приема создания почвенной структуры и улучшения водно-воздушного режима почвы. Во многих случаях клеверосеяние тесно связано с известкованием. На сильно кислых почвах успех введения в севооборот посевов клевера в злаково-бобовых травосмесях может быть достигнут лишь при условии известкования почвы.

Исследования К. К. Гедройца, установившие зависимость положительного действия фосфоритной муки от величины насыщенности почв основаниями, оказали в свое время существенную помощь в выяснении районов возможного применения фосфоритной муки.

Особенно большое значение имеют работы К. К. Гедройца в области мелиорации засоленных почв.

Чтобы превратить солончаки и сильно солончаковатые почвы в пригодные для сельского хозяйства угодья необходимо промыванием удалить избыток солей. Важно указание К. К. Гедройца на исключительно большое значение состава солей для качества получаемой в результате промывания почвы. Если солончак содержал только кальциевые соли, то можно без опасения применять промывание, так как будет получена незасоленная и несолонцеватая почва. При этом в случае содержания карбонатов или сульфатов кальция вследствие их небольшой растворимости нет даже необходимости прибегать к промыванию, так как эти соли безвредны для растений.

Иное дело хлористый кальций, обладающий большой растворимостью и могущий создавать высокую концентрацию в почвенном растворе. Присутствие хлористого кальция очень вредно для растений, поэтому для таких солончаков необходимо проведение мероприятий по удалению из почвы его избытка.

Если солончак содержит значительные количества солей натрия, которые оказывают очень сильное неблагоприятное действие на культурные растения, то безусловно необходимы мелиоративные мероприятия. Однако в этом случае дело усложняется тем, что при промывании такого солончака он перейдет в солонец, поэтому мероприятия по мелиорации солончаков, содержащих соли натрия, должны совмещаться с мероприятиями по мелиорации солонцов.

Для солонцов К. К. Гедройц предлагает различать коренную мелиорацию, когда в короткий срок устраняют основную причину, обусловившую их неблагоприятные свойства, и мелиорацию, временно устраняющую отдельные вредные для растения свойства солонца.

Коренная мелиорация заключается в удалении из солонца обменного натрия и замене его кальцием. Для этого возможно применение различных солей кальция. Однако наиболее целесообразно вносить в почву гипс. Хлористый кальций как более растворимая соль способен быстрее вытеснить обменный натрий, но вследствие высокой цены на хлористый кальций его применение в больших количествах экономически нецелесообразно. Углекислый кальций в силу своей малой растворимости не может обеспечить в нужном размере замену обменного натрия на кальций. Гипс обладает достаточной для этого растворимостью и сравнительно не дорог.

К. К. Гедройц рекомендует устанавливать размер количества гипса для мелиорации солонцов в соответствии с содержанием обменного натрия. Для этого надлежит определить содержание обменного натрия в пахотном слое и вычислить эквивалентное количество гипса. Так как реакция идет не полностью, то должен быть внесен некоторый избыток против вычисленного. Внесение недостаточных количеств гипса не исправит солонца.

В результате взаимодействия гипса с солонцеватой почвой образуется сернокислый натрий, который может оказывать неблагоприятное влияние на растения, поэтому гипсование нужно сочетать с удалением из почвы образующегося сернокислого натрия. Только в этом случае оно может дать положительный результат. Если природные условия не обеспечивают вымывания сернокислого натрия, то необходимо применять искусственное промывание почв.

К. К. Гедройц считает, что гипсование одинаково пригодно для мелиорации бескарбонатных и карбонатных солон-

цов. Мелиорацию карбонатных солонцов можно также проводить внесением серной кислоты или серы. В пользу сказанного он приводит следующие соображения.

Во многих карбонатных солончаках содержится значительно больше кальция в форме углесолей, чем его требуется для замещения обменного натрия. Внесение в такую почву серной кислоты переводит карбонаты кальция в сульфаты и образующийся гипс уже приведет к мелиорации солонца.

При внесении в почву серы под влиянием серобактерий происходит ее окисление в серную кислоту с образованием сульфатов. В случае карбонатного солонца происходит образование гипса; в бескарбонатные солонцы вместе с серой надо вносить и известь.

При внесении серной кислоты и серы надлежит обеспечивать удаление из почвы образующегося сернокислого натрия, как об этом уже было сказано при рассмотрении гипсования солонцов. В заключение К. К. Гедройц подчеркивает, что хотя теоретически вопрос о мелиорации совершенно ясен, практически он требует еще проведения экспериментальных исследований.

При мелиорации натриевых и натриево-кальциевых солончаков промывание следует сочетать с внесением гипса, а в случае карбонатных солончаков при промывании водой можно прибавлять серную кислоту.

Временное улучшение физических свойств солонцов может быть достигнуто внесением в почву навоза, особенно солоमистого, торфа и других материалов, придающих почве большую рыхлость. Благоприятное влияние оказывает глубокая обработка, а иногда проведение осушительных канав. Химические свойства солонцов можно временно улучшить переводением нормальной соды (особенно ядовитой для растений) в двууглекислую. Поэтому увеличение содержания в почвенном воздухе углекислоты в результате внесения органических удобрений может оказать благоприятное действие. К. К. Гедройц предупреждает, что чрезмерное накопление в почве двууглекислой соды также вредно для растений. Поэтому данный прием требует дополнительного опытного изучения.

В заключение К. К. Гедройц отмечает дороговизну приемов искусственной мелиорации солонцов и высказывает мнение, что «...главное внимание должно быть направлено на разыскание солонцовоустойчивых сортов растений и на разработку приемов культуры на солонцах таких растений»

(72, стр. 65). Корневые системы растений, выделяя углекислоту, будут способствовать растворению карбонатов кальция, их переводу в более активную форму бикарбоната. Кроме того, они поглощают из почвы образующуюся соду. Сильно развитая корневая система разрыхляет почву. Указанный прием также требует еще детальной разработки.

Предложенные К. К. Гедройцем на основе лабораторных исследований пути мелиорации солончаков и солонцов указаны в великом Сталинском плане преобразования природы и получают широкое практическое применение.

Преждевременная смерть К. К. Гедройца оборвала в самом начале его работы по изучению влияния на растения небольших количеств алюминия, марганца и других элементов, объединяемых под общим названием микроэлементов. Последующее развитие советской агрохимии блестяще подтвердило плодотворность этого направления в трудах К. К. Гедройца.

Внесение в почвы небольших количеств бора, меди и некоторых других элементов находит возрастающее применение в производстве ¹.

Из всего изложенного следует, что К. К. Гедройцем были разработаны многие отдельные вопросы повышения почвенного плодородия, но результаты этих исследований не были им объединены в единую систему практических мероприятий. В настоящее время его работы об известковании кислых почв, гипсовании солонцов, мелиорации солончаков, о влиянии однозначных катионов на структуру почвы и другие вошли в общую систему мер для повышения плодородия почв в нашей стране. Разработанные К. К. Гедройцем методы химического анализа находят широкое применение при агрономической и мелиоративной характеристике почв. Работы в области азотных и фосфатных удобрений существенно помогли при планировании строительства нашей туковой промышленности.

¹ Подробнее см. Школьник М. Я. Значение микроэлементов в жизни растений и земледелии. Изд. АН СССР, М., 1950.





ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Работы К. К. Гедройца в области изучения поглотительной способности почв, представляя большой ценности вклад в познание химических свойств почв, существенно помогли изучению законов, управляющих почвенным плодородием.

Развитые К. К. Гедройцем положения об известковании и гипсовании ряда почв находят сейчас широкое практическое осуществление в повышении плодородия почв дерново-подзолистой зоны, мелиорации солонцов и солончаков, другие его работы помогают разработке правильных мероприятий по применению удобрений и т. д.

За время, прошедшее со дня смерти К. К. Гедройца, существенно изменились взгляды на процессы почвообразования. Широкое признание получило учение академика В. Р. Вильямса о ведущем значении растительности в развитии почв и создании почвенного плодородия, опровергающее ошибочные представления П. С. Коссовича о почвообразовании как геологическом эллювиальном процессе. Освобождение работ К. К. Гедройца от неверных положений в области генезиса почв, порожденных влиянием П. С. Коссовича, лишь укрепит и повысит положительное значение исследований К. К. Гедройца в области изучения химических свойств почв, почвенного плодородия и путей его повышения.

Коллектив советских почвоведов и агрохимиков сделал очень много для творческого развития исследований К. К. Гедройца в области изучения поглотительной способности почв. Несравненно возросли наши сведения о составе и свойствах почвенного поглощающего комплекса. Примене-

ние новых методов исследования (рентгено- и термоанализов и др.) далеко продвинуло наши знания о составе глинных минералов почвы и их роли в явлениях поглощения. Значительно подробнее изучены закономерности обмена ионов между раствором и твердой фазой почвы¹. Проведены многочисленные работы, развивающие исследования К. К. Гедройца о влиянии состава обменных катионов на развитие растений и применении в качестве удобрений микроэлементов.

Это все более расширяет практическое применение результатов работ К. К. Гедройца для повышения продуктивности земледелия нашей Родины. Многие положения, выдвинутые К. К. Гедройцем, нашли использование при осуществлении великого Сталинского плана преобразования природы.

Лучшим памятником Константину Каэтановичу Гедройцу будет дальнейшее творческое развитие его работ в соответствии с высказанным им пожеланием в предисловии к последнему изданию «Учения о поглотительной способности почв».

«Наша эпоха строительства социализма, — писал К. К. Гедройц, — требует от нас всех, работников науки, сознательной плановой реконструкции на основе марксистско-ленинской методологии той области науки, в которой каждый из нас работает, и не только требует, но и дает нам все необходимые условия для проведения этой реконструкции в жизнь».

¹ И. Н. Антипов-Каратаев. Учение о почве как полидисперсной системе и его развитие в СССР за 25 лет (1917—1942). Журн. «Почвоведение» № 6 и 7, 1943.

О и же. Об успехах и задачах химии почв в СССР в связи с 30-летием советской власти. Журн. «Почвоведение», № 10, 1947, стр. 600.



ПРИНЯТЫЕ СОКРАЩЕНИЯ

- | | |
|----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Бюлл. Почвовед | Бюллетени Почвовед. Москва. |
| Бюлл. III Всерос. съезда почвоведов | Бюллетень III Всероссийского съезда почвоведов в Москве. Москва. |
| Из Бюро по земл. и почвовед. Учен. Ком. Гл. Упр. З. и З. | (Сообщения) Из Бюро по земледелию и почвоведению Ученого Комитета Главного Управления Землеустройства и Земледелия. Петроград. |
| Вісник с.-г. науки та досвідн. справи. | Вісник сільсько-господарської науки та досвідної справи. Харків. |
| „ЖОА“ | „Журнал Опытной Агрономии“. |
| Изв. геогр. ин-та | С.-Петербург. |
| Изв. Гос. ин-та оп. агро. | Известия географического института. |
| Изв. Ив.-Вознесенского политехн. ин-та | Известия Государственного института опытной агрономии. Ленинград. |
| Изв. Лен. лесн. ин-та. | Известия Иваново-Вознесенского политехнического института. |
| „Научно-агр. журн.“ | Известия Ленинградского лесного института. Ленинград. |
| Изд. Деп. земл. | „Научно-агрономический журнал“ |
| НКЗ. Носовская с.-х. оп. ст. | Москва. |
| НКЗ. С.-х. Учен. Ком. Из хим. лабор. лесного отд. | Издание Департамента земледелия. |
| „Почвоведение“ | С.-Петербург. |
| „Русский Почвовед“ | Наркомзем. Носовская сельскохозяйственная опытная станция имени пятилетия Октябрьской революции. Отдел агрохимический. Ленинград — Киев. |
| „С.-х. оп. дело“ | Наркомзем. Сельскохозяйственный Ученый Комитет. Сообщения из химической лаборатории лесного отдела. Петроград. |
| „Сельск. хов-во и лесоводство“ | Журнал „Почвоведение“. Москва. |
| | Журнал „Русский Почвовед“. Москва. |
| | Журнал „Сельскохозяйственное опытное дело“. Харьков. |
| | Журнал „Сельское хозяйство и лесоводство“. Петроград. |

- | | |
|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Тр. ВИУАА | Труды Всесоюзного института удобрений, агротехники и агропочвоведения имени К.К.Гедройца. М.—Л. |
| Тр. НИУ | Труды Научного института по удобрениям имени Я. В. Самойлова. М.—Л. |
| Тр. Ин-та истории естествознания АН СССР | Труды Института истории естествознания Академии наук СССР. Москва. |
| Тр. Почвен. ин-та АН СССР | Труды почвенного института имени В. В. Докучаева Академии наук СССР. М.—Л. |
| Тр. сов. секции МАП. | Труды советской секции Международной ассоциации почвоведов. Москва — Ленинград. |
| Тр. с.-х. хим. лабор. | Труды Сельскохозяйственной химической лаборатории в С.-Петербурге. С.-Петербург. |
| „Удобр. и урожай“ | Журнал „Удобрение и урожай“. Москва. |
| „Химиз. соц. зем.“ | Журнал „Химизация социалистического земледелия“. Москва. |
-