

УДК 631.4

ПОДПОЧВЕННОЕ УПЛОТНЕНИЕ: ИНТЕНСИВНОСТЬ ПРОЯВЛЕНИЯ В ТЯЖЕЛОСУГЛИНИСТЫХ АЛЛЮВИАЛЬНЫХ КАРБОНАТНЫХ ПОЧВАХ РАЙОНА ЫГДЫР (ВОСТОЧНАЯ ТУРЦИЯ)

© 2019 г. У. Шимшек¹, Е. В. Шеин^{2,3,*}, Ф. Микаилсой¹, А. Г. Болотов⁴, Э. Эрдель¹¹Университет “Ыгдыр”, сельскохозяйственный факультет, кафедра почвоведения и питания растений, Турция, 76000, Ыгдыр²МГУ им. М.В. Ломоносова, Россия, 119991, Москва, Ленинские горы, 1³Почвенный институт имени В.В. Докучаева, Россия, 119017, Москва, Пыжевский пер., 7, стр. 2⁴Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, Россия, 127550, Москва, ул. Тимирязевская, 49

*e-mail: evgeny.shein@gmail.com

Поступила в редакцию 17.04.2018 г.

После доработки 15.05.2018 г.

Принята к публикации 19.09.2018 г.

Формирование уплотненного внутрипочвенного слоя (“подпочвенное уплотнение”) под влиянием тяжелой техники является глобальной проблемой почвоведения, физики почв и агротехнологии, так как имеет многочисленные и существенные влияния на водный, воздушный и тепловой режимы почв, их проницаемость для корневых систем растений и другие множественные воздействия на функционирования почв. Для современных аллювиальных карбонатных подгорных почв Восточной Турции (Silty Clay Calcaric Pantofluvic Fluvisols) данная проблема чрезвычайно важна, так как эти молодые почвы образовались в результате разливов и затоплений подгорных территорий рекой Аракс. Эти почвы представляют собой рыхлые слабодифференцированные образования со сформировавшимся за несколько десятилетий мощным (на глубине от 30 до 65 см) уплотненным до критических для суглинистых почв величин плотности почвы (более 1.5 г/см³) и сопротивления пене-трации (около 5 МПа) слоем. Исследованные почвы имеют равномерный тяжелосуглинистый гранулометрический состав с преобладанием фракций тонкой и средней пыли, невысокие равновесную плотность в слоях 0–30 и 70–150 см и сопротивление пене-трации (до 1.3 г/см³ и 2 МПа) при низком содержании почвенного органического вещества (около 0.5% в пахотном слое). Столь стремительное и глубокоразвитое уплотнение почв связано с исходным рыхлым состоянием материнской породы, тяжелым гранулометрическим составом и низким содержанием почвенного органического вещества – главного протектора подпочвенного уплотнения. Для предотвращения развития подпочвенного уплотнения рекомендуется оптимизировать агротехническую нагрузку при проведении работ в условиях повышенной влажности и внесение органических удобрений.

Ключевые слова: аллювиальная почва, тяжелосуглинистая почва, агрогенное уплотнение, плотность, сопротивление пене-трации, органическое вещество почв

DOI: 10.1134/S0032180X19030109

ВВЕДЕНИЕ

Проблема антропогенного уплотнения почв в условиях интенсивного сельскохозяйственного производства является одной из важных агрофизических проблем во всем мире. Действительно, сельскохозяйственная техника может проводить работы, заезжая до 10–15 раз на обрабатываемое поле, нередко весьма увлажненное. Все это приводит к постепенному, но кумулятивному формированию уплотненного слоя под пахотным, который в мировой литературе носит название подпахотного уплотнения (subsoil compaction),

либо “плужной подошвы”, “плужного уплотнения” и др. [2, 4–6]. Этот уплотненный подпахотный слой возникает в результате регулярного прохождения плугом и других рыхлителей на одну и ту же глубину почвы. Давление опорных плоскостей плугов создает уплотненный слой, который не наблюдается с поверхности почв, но является причиной многих неблагоприятных явлений в виде застоя влаги над уплотненным слоем, пониженной воздухопроницаемостью, резко сниженной проницаемости для корневых систем растений и многих других неблагоприятных поч-

венных явлений. Исследование формирования этого слоя, его пространственного распространения, связи его образования и развития с физическими свойствами почв, агротехническими мерами всегда представляли научную задачу для агрофизиков и практиков земледелия [2, 4–6]. До настоящего времени не существует научно обоснованных и эффективных мероприятий по восстановлению оптимальной плотности подпахотного слоя. Применение чизельных рыхлителей далеко не всегда дает долговременный эффект, в ряде случаев (например, при поверхностном переувлажнении почв) даже приводит к увеличению мощности уплотненного слоя. Формирование, интенсивность проявления, увеличения рисков переуплотнения являются одними из актуальных задач современного почвоведения и агрофизики, которые могут решаться только при всестороннем изучении как природных, так и агротехнических условий проявления и последствий этого внутрипочвенного явления [2, 4–6].

До настоящего времени основным методом контроля проявления и изучения динамики развития подпочвенного уплотнения являлись площадные исследования сопротивления пене-трации. Эти исследования получили развитие в связи с появлением новых современных приборов – пенетрометров, имеющих электронное информационное сопровождение (например, Penetrologger) [1, 2]. Однако даже с помощью этого современного оборудования затруднительно физически обоснованно предсказать развитие явления подпочвенного уплотнения, возможность его распространения в глубинные слои почвы и соответствующие последствия на изменение водного, воздушного и теплового режимов почв.

Цель данной работы: исследовать явление подпочвенного уплотнения в почвах на молодых рыхлых аллювиальных отложениях. Задачи: 1 – оценить развитие подпочвенного уплотнения с учетом формирования почв и времени агротехнического воздействия; 2 – интенсивность проявления процесса уплотнения в его вертикальной составляющей (по глубине почвы); 3 – составить экспертный прогноз развития подпочвенного уплотнения для предохранения почв от развития этого процесса в конкретном регионе с определенными требованиями к почвенному покрову, его температурному, водному и другим режимам.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Исследования почв проводили в западной части Араратской долины, на правом берегу р. Аракс, в 40 км к юго-западу от Еревана. Эта территория регулярно затапливалась до 1950-х годов

водами р. Аракс, несущими большое количество твердофазных взвесей. В периоды наводнений эта территория получала дополнительные осадочные накопления, на которых впоследствии формировались почвы, сразу и интенсивно вовлекаемые в земледелие. То есть материнской породой исследуемых почв являются рыхлые тяжелосуглинистые аллювиальные карбонатные отложения р. Аракс с низким содержанием органического углерода, которые активно использовались в сельскохозяйственном производстве. В 1960-х годах с правой стороны р. Аракс были построены дамбы и введены в строй мелиоративные каналы, что позволило зарегулировать сток и ликвидировать катастрофические наводнения территории. Таким образом, в середине прошлого столетия в районе г. Ыгдыр сформировались мощные тяжелосуглинистые аллювиальные осадки, представлявшие собой материнскую породу для агропочвы. Эти аллювиальные агропочвы интенсивно обрабатываются до глубины 30–33 см тяжелой современной техникой, причем без внесения органических удобрений. Последние годы эта территория относится к участку Университета района Ыгдыр. Разрез заложен на территории опытной станции университета Ыгдыр, координаты 035°55'702" с. ш., 044°05'722" в. д. Почва карбонатная, образовавшаяся на речных отложениях за счет разливов р. Аракс.

Ключевой почвенный разрез расположен в центральной части опытной станции университета Ыгдыр вскрыл аллювиальную слабо дифференцированную карбонатную почву на рыхлых аллювиальных отложениях. Несколько прикопок, сделанных на расстояниях 100–200 м от разреза подтвердили постоянство глубины подпочвенного уплотненного слоя с вариацией 33–37 см, что доказывает его антропогенное (агротехническое) уплотнение.

Описание ключевого разреза:

Гор. А пах, 0–35 (40 см) – влажноват, буровато-светло-серый, рыхлый, тяжелый суглинок, хорошо агрегирован, переход к нижележащему по увеличению плотности и твердости.

Гор. АВ уплотн, 35–55 (60 см) – влажноват, светлее предыдущего, тяжелый суглинок, плотный, твердый, выделяются отдельные крупные (до 4–8 см) прямоугольные педы, видны отдельные трещины, макропоры, переход постепенный по плотности и рыхлости.

Гор. В, 55–96 см – влажноват, рыхлый, следы уплотнения не замечены, переход по оттенку светло-бурого цвета.

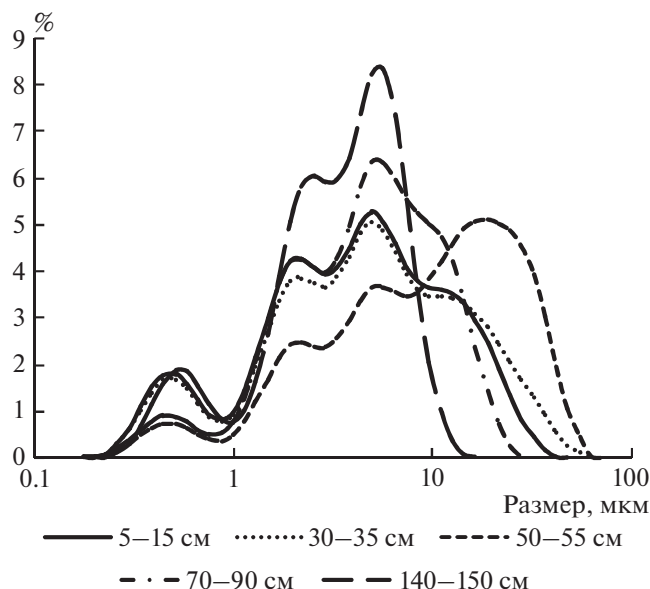


Рис. 1. Гранулометрический состав различных слоев аллювиальной почвы.

Гор. ВС, 96–170 см — тяжелый суглинок, светлее предыдущего, рыхлый, мощные аллювиальные отложения, слоистости не отмечено.

Название почвы: слабодифференцированная молодая карбонатная аллювиальная почва на рыхлых аллювиальных отложениях р. Аракс (Calcaric Pantofluvic Fluvisol (Loamic, Aric, Densic)).

В полевых условиях были определены: водопроницаемость методом трубок с переменным напором, плотность почвы буровым методом Качинского [1] и сопротивление пенетрации пенетрологом фирмы Эйгелькамп (Penetrologger Eijelkamp) до глубины 75 см с отсчетами через каждые 10 см. Гранулометрический состав — методом лазерной дифракции на приборе Analysette 22 (Fritsch, Germany) с предварительной ультразвуковой диспергацией почвенной суспензии в течение 5 мин [3]. Общее содержание углерода в отобранных образцах проведено на экспресс-анализаторе АН-7529 [3], углерод карбонатов — в кальциметре, содержание органического углерода рассчитывали по разности содержаний общего и карбонатного углерода [3]. Плотность почвы — методом режущего кольца (цилиндрический бур объемом 98.34 см³), влажность — термостатно-весовым методом в трехкратной повторности.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Исследуемая почва — тяжелосуглинистая по всему профилю (содержание физической глины составляет 52–59%, рис. 1), причем грануломет-

рический состав практически одинаков по всему профилю, лишь в глубинных слоях отмечается некоторое его облегчение, что связано, видимо, со слоистостью речных отложений р. Аракс. До глубины 90 см почва представлена иловатым тяжелым суглинком (silty clay loam) с преобладанием фракций тонкой и средней пыли (точнее — фракций размерами 1–3 и 4–6 мкм), что указывает на высокую пластичность почвы и ее податливость к нагрузкам. Об этом свидетельствует и морфология почвы, в которой выделяется слой 35–60 см — уплотненный, с отдельными призматическими педрами, то есть с характерными особенностями переуплотненного почвенного слоя.

На наличие переуплотненного слоя указывает и характерное профильное распределение плотности почвы, которая в указанном переуплотненном слое достигает величин, близких к 1.6 г/см³, а также сопротивление пенетрации, достигающее 5 МПа, что свидетельствует о превышении критических значений сопротивления пенетрации для соответствующего класса по гранулометрическому составу [4–6]. Водопроницаемость этого слоя в пределах исследуемого почвенного профиля также характеризуется как низкая. Она достигает 1.5 см/сут при средней хорошей водопроницаемости по профилю — около 55 см/сут [1]. Следует отметить низкое содержание органического вещества — в верхнем пахотном слое менее 1%, глубже интенсивно уменьшающееся практически до нуля (рис. 2). Приведенные данные однозначно указывают на физическую антропогенную внутripочвенную деградацию почвы, проявляющуюся в формировании труднопроницаемого переуплотненного слоя.

Аллювиальные отложения, служащие материнской породой для исследованной почвы, сформировались в середине прошлого века. Это означает, что мощный, почти 40-сантиметровый внутрипочвенный уплотненный слой образовался за несколько десятилетий. Что же способствовало столь быстрому формированию? Прежде всего, специфический гранулометрический состав, в котором при преобладании пылевой фракции второй по значению является илистая фракция. Именно она, как самая тонкая среди фракций гранулометрического состава, заполняет часть свободного порового пространства, тем самым формируя уплотненный пылевой по гранулометрическому составу слой. Кроме того, в данном районе агротехнологическая обработка почвы проводится после зимне-весенних осадков во влажном состоянии. И, безусловно, отсутствие органического вещества почв — самого действенного протектора уплотняющего воздействия сельскохозяйственной

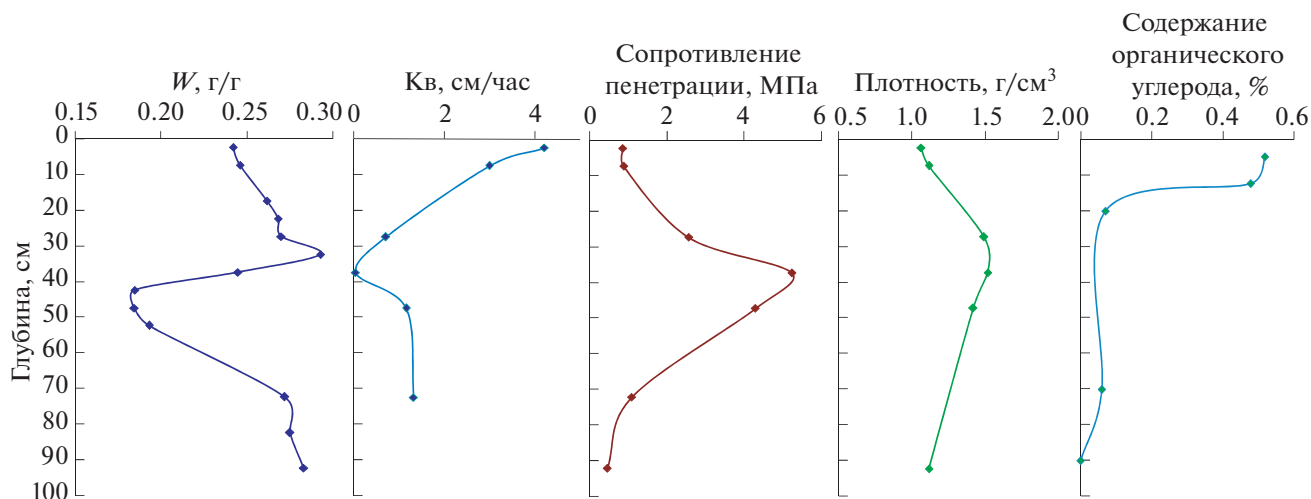


Рис. 2. Изменение коэффициента впитывания (K_v), влажности в момент определения (W), сопротивления пенетрации, плотности почвы и содержания органического углерода по профилю почвы.

техники, противодействующего накопительному уплотнению почв [4–6]. Последний факт ориентирует пользователей данного земельного угодья на применение органических удобрений и внедрение травяного клина в севооборот, что поможет снизить риски распространения и увеличения критического внутрипочвенного уплотнения, создаст условия для формирования агрегатной почвенной структуры, позволяющей сохранить благоприятные физические свойства в пахотном и подпахотном горизонтах почв.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Современные аллювиальные карбонатные почвы подгорных районов Восточной Турции образовались на рыхлых аллювиальных отложениях р. Аракс. Эти почвы имеют тяжелосуглинистый гранулометрический состав и нередко подвергаются агротехнической обработке во влажном состоянии. В связи с тяжелым гранулометрическим составом и исходной низкой плотностью в этих почвах сформировался плотный слой мощностью 30–65 см с плотностью около 1.5 г/см^3 и сопротивлением пенетрации выше 5 МПа. Этот внутрипочвенный слой представляет проблему не только для развития корневых систем растений, но и для движения влаги, воздуха и прогревания почв в условиях подгорных районов Восточной Турции. Проблема подпочвенного уплотнения чрезвычайно важна, так как лимитирующими факторами активного сельскохозяйственного использования этих почв являются недостаток влаги и скорость прогревания. Тепловой и водный режимы будут существенно зависеть от наличия в

профиле почвы уплотненного слоя. Уменьшение плотности этого внутрипочвенного слоя не может быть достигнуто только за счет глубокой вспашки, так как содержание органических веществ в этих почвах весьма низкое. Поэтому рекомендуется внесение органических удобрений, подавляющих процесс внутрипочвенного уплотнения.

Благодарность. Данное исследование осуществлено при финансовой поддержке гранта программы BİDEB 2221 (Department of Science Fellowships and Grant Programmes, code 2221) организации TÜBİTAK (Scientific and Technological Research Council of Turkey).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Теории и методы физики почв / Под ред. Е.В. Шеина, Л.О. Карпачевского. М.: Гриф и К., 2007. 616 с.
2. Шеин Е.В., Иванов А.Л., Бутылкина М.А., Мазиров М.А. Пространственно-временная изменчивость агрофизических свойств комплекса серых лесных почв в условиях интенсивного сельскохозяйственного использования // Почвоведение. 2001. № 5. С. 578–585.
3. Шеин Е.В., Милановский Е.Ю., Хайдапова Д.Д., Поздняков А.И., Тюгай З.Н., Початкова Т.Н., Дембовецкий А.В. Практикум по физике твердой фазы почв. М.: Буки Веди, 2017. 119 с.
4. Horn R., Rostek J. Subsoil Compaction Process – State of Knowledge // Advances in Geoecology. 2000. № 32. P. 44–54.
5. Hartke K.H. The reference Base for compaction state of soils // CATENA. 1988. Suppl. 11. P. 73–77.
6. Hartke K.H. The effect of soil deformation on physical soil properties // Advances in Geoecology. 2000. № 32. P. 44–54.

Subsoil Compaction: the Intensity of Manifestation in the Silty Clayic Calcic Pantofluvic Fluvisols of the Ygdyr Region (Eastern Turkey)

U. Simsek^a, E. V. Shein^{b, c, *}, F. Mikailsoy^a, A. G. Bolotov^d, and E. Erdel^a

^aUniversity of Igdir, Agricultural Faculty, Department of Soil Science and Plant Nutrition, 76000, Igdir, Turkey

^bLomonosov Moscow State University, 119991, Moscow, Russia

^cDokuchaev Soil Science Institute, Pyzhevskiy per., 7, bld 2, Moscow, 119017, Russia

^dRussian State Agrarian University – MAAA named K.A. Timiryazev, Timiryazevskaya street, 49, Moscow, 127550, Russia

*e-mail: evgeny.shein@gmail.com

Formation of compact subsoil layer owing to the work of heavy machines is a global problem in soil science, soil physics and agrotechnology, since it has numerous and significant effects on the water, air and thermal regimes of soils, their permeability for root systems of plants, etc. For recent alluvial carbonate soils in the foothill areas in Eastern Turkey this problem is extremely important, since soils were formed as a result of floods of the Aras River. These young soils are unconsolidated homogeneous formations and have a compacted horizon at the depth of 30 to 65 cm, which was formed during dozens of years; its density almost reached critical values for loamy soils (more than 1.5 g/cm^{-3}), its penetration resistance is also high: close to 5 MPa. The soils studied are heavy loamy throughout the whole depth with a predominance of silt fractions (1–3 and 4–6 microns), have a low content of soil organic matter (up to 0.5% in the plow layer). In the layers 0–30 cm and 70–150 cm, soil density and penetration resistance are not high: 1.3 g/cm^3 and 2 MPa. Such a speedy and deeply penetrating soil compaction is associated with their initial loose state, heavy texture and low content of soil organic matter – the main protector of the subsoil compaction. It is recommended to optimize the agrotechnical load to limit machinery in conditions of high moisture content and to introduce organic fertilizers to prevent further development of subsoil compaction.

Keywords: alluvial heavy loamy soil, soil density, agrotechnological compaction, penetration resistance, soil organic matter