

УДК 631.43/.45 (571.6)

В.И. ГОЛОВ, М.Л. БУРДУКОВСКИЙ, В.И. ОЗНОБИХИН

## Роль физических факторов в повышении плодородия пахотных почв юга Дальнего Востока

*Изложена краткая история изучения роли физических свойств почв для роста и развития возделываемых культур и повышения плодородия пахотных почв юга Дальнего Востока на примере Амурской области и Приморского края, где сосредоточены основные площади пахотных земель региона. Представлено современное физическое и экологическое состояние почвенного покрова. Приведены результаты последних экспериментальных исследований по влиянию длительной химизации на физические свойства почв. Обсуждаются возможные пути оптимизации физического состояния пахотных почв при выращивании основных возделываемых культур.*

*Ключевые слова:* почва, физические свойства, плодородие, экология почв.

**The role of physical factors in increasing the fertility of arable soils in the south of the Far East Region.**  
V.I. GOLOV, M.L. BURDUKOVSKII (Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity, FEB RAS, Vladivostok), V.I. OZNOBININ (Vladivostok).

*The article describes the short history of the study of the influence of physical properties of soils on growth and development of crops and increasing the fertility of arable soils in the south of the Far East by the example of the Amur Region and the Primorsky Region. The main areas of arable land are concentrated in these regions. The current physical and ecological states of the soil covers are presented. The results of recent experimental studies on the effect of long-term application of chemicals on the physical properties of the soils are given. Possible ways of optimizing the physical state of arable soils are discussed.*

*Key words:* soil, physical properties, fertility, soil ecology.

### Введение

Наиболее важным компонентом биосферы, поддерживающим ее гомеостаз (постоянство газового состава атмосферы, определенную минерализацию поверхностных вод, накопление и удержание влаги, а также тепла и пищи для почвенной флоры, и фауны), является почвенный покров Земли. При этом следует иметь в виду, что почвы (педосфера), в отличие от других сфер планеты (литосферы, гидросферы, атмосферы), принимают на себя львиную долю поллютантов и выбросов, поступающих от любых природных и антропогенных источников, включая экстремальные явления (извержение вулканов, наводнения, аварийные выбросы промышленных предприятий и т.д.). В то же время почва обладает наиболее развитой и эффективной системой самоочищения благодаря фильтрационным, буферным, адсорбционным и поглощательным свойствам в отношении многих веществ и микроорганизмов. Интенсивное использование почв в сельскохозяйственном производстве как вынужденная мера, направленная на получение высоких урожаев

---

\*ГОЛОВ Владимир Иванович – доктор биологических наук, главный научный сотрудник, БУРДУКОВСКИЙ Максим Леонидович – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник (Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН, Владивосток), ОЗНОБИХИН Владимир Иванович – кандидат сельскохозяйственных наук (Владивосток). \*E-mail: gvishm@mail.ru

в связи с растущими потребностями населения планеты, неотвратимо ведет к ухудшению их качества и, главное, снижению уровня плодородия. Особенно заметно это проявляется в странах с большим населением и недостаточным фондом пахотнопригодных земель, где приходится в огромных количествах применять минеральные удобрения, мелиоранты и ядохимикаты (Китай, Индия, Пакистан и др.).

В настоящее время в отечественной науке, как и в сельскохозяйственном производстве, очень мало внимания уделяется роли почвенного покрова в поддержании гомеостаза. Отсутствуют информативные и надежные параметры, определяющие экологическое состояние почвенного покрова, слабо разработаны методы биоиндикации.

В последние годы деградация пахотных почв и, как следствие, снижение их потенциального плодородия в разной степени наблюдаются повсеместно. Данные явления характерны как для почв России в целом, так и для Дальнего Востока в частности, где на одного жителя в среднем приходится 0,36 га пашни. Это почти в 3 раза меньше, чем в Российской Федерации (0,88 га) и в 5–8 раз меньше, чем в развитых в аграрном отношении странах, таких как Канада (2,2 га), Австралия (3,0 га) и США (1,2 га) [14].

В почвоведении неоправданно много внимания уделяется изучению химических свойств почв, что в свое время было связано с популярностью конвенционального (интенсивного) земледелия, которое основано на применении высоких доз минеральных удобрений, мелиорантов и пестицидов. Судя по свежим публикациям и перечню приоритетных направлений, вошедших в Программу фундаментальных научных исследований в Российской Федерации на долгосрочный период (2013–2020 гг.) и одобренных научно-координационным советом при ФАНО, особое внимание должно уделяться проблемам экологического состояния земельного фонда России и разработке технологий сохранения и увеличения плодородия почв ([www.ras.ru/scientificactivity/planrf.aspx](http://www.ras.ru/scientificactivity/planrf.aspx) (дата обращения: 23.12.2017)).

Еще в XIX в., более 150 лет назад, профессор МГУ Я.А. Линовский первым обратил внимание на одностороннее увлечение химией ученых, работающих в области земледелия и почвоведения. Этому способствовали идеи немецкого ученого Ю. Либиха, который позже признал правоту Линовского. Повсеместная деградация почв, достигшая сегодня катастрофических масштабов, произошла, как писал Н.А. Качинский [10], по причине игнорирования почвенной физики и микробиологии. В практике сельского хозяйства обычно недооценивают важность физических условий почвы. Уровень плодородия традиционно связывают с наличием в почве элементов питания. Между тем еще в середине XIX в. в отечественной сельскохозяйственной науке сформировалось мнение о том, что нельзя повысить плодородие почвы, не обеспечив растения необходимым количеством воды, воздуха и тепла. Русские ученые В.В. Докучаев и П.А. Костычев неоднократно отмечали необходимость радикальных улучшений водных и физических свойств почвы для борьбы с засухой, которая часто повторяется на широте, где сосредоточены основные посевные площади России. О важности перечисленных физических факторов роста и развития растительности красноречиво свидетельствуют факты пробуждения природы в сезон дождей в засушливых пустынных районах Азии и Африки. Здесь можно наблюдать, как выгоревшая под палящим солнцем ферраллитная почва, похожая на прокаленный кирпич, без гумуса и питательного почвенного раствора, без единой живой травинки, через 2–3 дня после нескольких ливней покрывается зеленым травостоем. Луговая растительность и кустарники рвутся к солнцу с максимально возможной скоростью (2–3 см в сутки). Такой эффект дает один из основных лимитирующих физических факторов – наличие влаги, так как остальные условия (тепло и воздух) в этих широтах присутствуют в избытке. Наличие питательных элементов и других оптимальных химических параметров почвы, о которых мы постоянно и педантично беспокоимся, в некоторых случаях, например в начале вегетации, не имеет никакого значения [22].

Наиболее важным показателем физического состояния почв, свидетельствующим о наличии в ней воды и воздуха, является плотность, или объемная масса (масса 1 см<sup>3</sup> сухой

почвы, взятой без нарушения ее природного состояния). Известно, например, что некоторые культуры, особенно клубневые и корнеплоды, плохо переносят плотные почвы. Для выращивания любых сельскохозяйственных культур величина объемной массы (плотности) имеет существенное значение, так как определяет не только водный и воздушный, но и в некоторой степени тепловой режим почвы. Оптимальная плотность наиболее распространенных в России глинистых и суглинистых почв составляет 1,00–1,35 г/см<sup>3</sup>. Примерно в этих же пределах (от 1,1 до 1,3 г/см<sup>3</sup>) находится оптимальный интервал плотности пахотных почв, необходимый для нормального роста и развития основных выращиваемых в Российской Федерации культур [10, 22].

Другой не менее важный показатель физического состояния почв – ее пористость, или порозность, скважность (суммарный объем всех пор между частицами твердой (минеральной) фазы почвы, выраженный в процентах от общего объема почвы). Для большинства минеральных почв интервал показателей пористости колеблется в пределах от 25 до 80 %. Для органических, особенно торфянистых почв этот показатель всегда выше и составляет в среднем 80–90 %. В.Ф. Вальков с соавторами считают [3], что оптимальная пористость для основных культур находится в узком интервале – от 55 до 60 %. Этому значению порозности соответствует не менее узкий интервал значений плотности для пахотного горизонта (от 1,0 до 1,2 г/см<sup>3</sup>).

Одним из фундаментальных физических свойств почв является также их влагоемкость, или водоудерживающая способность. Основным источником влаги для возделываемых растений в условиях богарного (неполивного) земледелия служат атмосферные осадки. В средних широтах России (между 30 и 60° с.ш.), где осадков выпадает примерно столько, сколько испаряется с поверхности почвы в единицу времени, во многих регионах складывается неблагоприятный, в основном дефицитный, водный режим для выращиваемых культур. Причем в эту зону входят наиболее плодородные на планете черноземные почвы, которые встречаются от Курской области на западе России до Амурской на востоке. В Амурской области и частично Приморском крае аналогичные почвы развиты не под лугово-степной растительностью, как черноземы, а под луговой и называются лугово-черноземовидные (синонимы – черноземовидные, луговые черноземовидные). По мере продвижения с запада на восток России увеличивается сухость климата и его континентальность. Вследствие этого продолжительность безморозного периода на западе и юге России составляет в среднем около 300, в Сибири 180, а в Амурской области от 103 (г. Шимановск) до 150 дней (г. Благовещенск) [4, 17]. Для характеристики водного баланса почв обычно используют годовое количество осадков, а для скорости водопроницаемости почв – величину просочившейся влаги в единицу времени (мм/мин).

Для лугово-черноземовидных почв, которые в Амурской области занимают 36 %, а в южных районах области (Ивановском, Михайловском, Тамбовском) от 76 до 89 % пахотного фонда территорий, могут применяться нормативы физических свойств черноземов на лёссовых суглинках [12]. Согласно этим нормативам водопроницаемость от 1,5 до 1,0 мм/мин считается оптимальной, от 1,0 до 0,5 мм/мин – допустимой, от 0,5 мм/мин и ниже – критической. Для лугово-черноземовидных почв характерна водопроницаемость от 0,44 мм/мин в пахотных и до 0,26 мм/мин в нижних горизонтах. При сумме осадков всего 25 мм в почвах, как правило, начинается переувлажнение. Этому способствует не только наличие водоупорного слоя на глубине 20–30 см, но и крайне неравномерное выпадение осадков в течение года. При сумме годовых осадков 450–660 мм на зиму приходится всего 10–15 %. Из-за малого снежного покрова почва промерзает на глубину 2,0–2,5 м и озимые вымерзают. Основные осадки в теплый период времени выпадают в конце вегетации злаковых культур, поэтому не всегда удается провести их уборку в сухую погоду и без потерь. Судя по количеству выпадающих осадков, возделываемые на Дальнем Востоке культуры теоретически не должны испытывать недостатка влаги. Их транспирационные коэффициенты вполне вписываются в среднегодовое количество осадков в этом регионе. Для злаковых (пшеницы, ячменя, овса) данный коэффициент составляет

326–330 мм, картофеля 245–415 мм, капустных 330–363 мм. Исключением являются лишь гречиха и соя, для которых транспирационный коэффициент находится в пределах 550–646 мм (далеко не каждый год выпадает такое количество осадков) [17].

Согласно исследованиям Н.И. Буянкина и др. [2] в суммарном эффекте разуплотнения (уплотнения) почв как природного, так и антропогенного происхождения 50 % приходится на рыхление и вспашку почв (антропогенный фактор), около 35 % – на меняющуюся влажность почвы и 15 % – на естественные колебания температуры, зависящие от солнечной радиации (природные факторы). Поскольку природные факторы малопредсказуемы и не контролируются человеком, кратко остановимся только на антропогенном факторе уплотнения почв как самом значимом для пахотных почв. Наиболее глубоко и обстоятельно влияние обработки почв на ее плотность с применением тракторов и другой сельскохозяйственной техники изучали ученые Дальневосточного государственного аграрного университета (г. Благовещенск) и Приморского научно-исследовательского института сельского хозяйства (ПримНИИСХ, пос. Тимирязевский) [8, 9, 15]. Согласно полученным Е.Б. Захаровой с коллегами данным [8, 9] существенное уплотнение почвы отмечается только при трех- и пятикратном прохождении тяжелой техники в течение всего периода вегетации. При использовании техники, имеющей массу от 15 до 25 т (ДТ-75, К-744, New Holland, Versatile), плотность почв увеличивается до критических значений. Однако следует отметить, что такое количество обработок почв с помощью тяжелых тракторов и комбайнов в настоящее время применяется крайне редко, в основном при вспашке и уборке. Остальные операции (культивацию, боронование и другие обработки) проводят с помощью легких тракторов.

В 50-е годы прошлого столетия увлечение тяжелой сельскохозяйственной техникой носило планетарный масштаб, что было предопределено стремлением повысить производительность труда. Предпочтение отдавалось технике с широким захватом, способной совмещать операции во время одного прохода агрегата (например, вспашку с культивацией или боронованием). Все это входило в понятие «минимальной обработки почвы», введенное позднее ГОСТом 16265-89, и должно было обеспечить снижение энергетических, трудовых или иных затрат путем уменьшения числа, глубины и площади обработки, а также за счет совмещения операций при одном проходе агрегата. Это способствовало экономии топлива и уменьшению износа техники. Примерно в то же время авральное и масштабное освоение целины в Казахстане с помощью традиционного, классического метода глубокой вспашки с оборотом пласта привело к небывалой ветровой эрозии на площади около 30 млн га. В итоге была потеряна почти половина освоенных целинных земель. Для предотвращения дальнейшей эрозии и восстановления пашни группой ученых во главе с А.И. Бараевым был разработан плоскорезный способ обработки почвы [1]. После такой обработки на поле остается стерня (корни с остатками несрезанной соломы), что препятствует выдуванию плодородного мелкозема. Опытный специалист в области агрохимии и земледелия И.Г. Ковшик рекомендует для борьбы с сорняками в условиях Амурской области не отказываться от глубокой осенней вспашки с оборотом пласта, но применять ее не чаще одного раза в 4 года.

Таким образом, ранее проведенные исследования не привели к однозначному решению. Поэтому в последних рекомендациях наиболее приемлемыми системами обработки почвы в зоне Приамурья называются как традиционные, так и безотвальные или минимальные способы обработки почв в зависимости от природно-производственных особенностей территории землепользования [11, 19].

Цель нашего исследования – изучить физические свойства почвы в основных агрофитоценозах юга Дальнего Востока.

Задачи исследования:

1) проанализировать ранее опубликованные работы, посвященные физическим свойствам почв Дальнего Востока;

2) определить основные физические показатели пахотных почв Приморского края и Амурской области под посевами сои и пшеницы;

3) оценить влияние длительного применения органических и минеральных удобрений на изменение физических свойств почв.

Эти вопросы до настоящего времени остаются слабо изученными.

### Объекты и методы исследования

Исследования проводились в 2011–2016 гг. на территории Приморского края и Амурской области Дальнего Востока России.

В Приморском крае почвенные образцы отобраны с трех наиболее насыщенных удобрениями участков, из длительного опыта, заложенного в 1941 г. на агрохимическом стационаре ПримНИИСХ (пос. Тимирязевский) на лугово-бурых почвах. Данные почвы занимают 34,5 %, а вместе с луговыми глеевыми, близкими к лугово-бурым по генезису и плодородию, – 50,7 % всего пахотного фонда края. За время существования этого опыта (76 лет) проведено восемь полных ротаций 9-польного севооборота, до 2013 г. внесено минеральных удобрений  $N_{2020}P_{3385}K_{2465}$  (в кг действующего вещества), 320 т/га навоза, 41,6 т/га известки. При подсчете количества внесенных минеральных удобрений, насколько это было возможно, учтена замена культур (например, овса на кукурузу, под которую вносили вдвое больше удобрений, чем под злаковые) или включение многолетних трав, не требующих использования удобрений, и т.д. [6, 15]. С 2000 по 2009 г. на этих же почвах был заложен дополнительный опыт с более высокими (в 3–5 раз) дозами удобрений и разными способами обработки почвы с целью изучения влияния экстремальных доз удобрений на ее физические свойства. За неимением кондиционного навоза запахивали сидераты дозой 16,5 т/га за ротацию 5-польного севооборота [20]. Результаты этих исследований приведены в табл. 1.

В Амурской области исследования проводились Всероссийским научно-исследовательским институтом сои (ВНИИ сои, г. Благовещенск). Анализировались результаты в длительном опыте, заложенном в 1962 г. на лугово-черноземовидных почвах в пос. Садовый (Тамбовский район). Эти почвы занимают пониженную часть Зейско-Буреинской равнины и распространены в южной части Амурской области. Их общая площадь превышает 800 тыс. га, составляя более 20 % площади сельхозугодий, почти 40 % пашни в области (около 500 тыс. га) и около 25 % в Дальневосточном регионе. Данные почвы для регионов их распространения являются типичными как в генетическом, так и в агрохимическом отношении.

Систематических исследований по определению гидрофизических показателей в длительных опытах в зоне Дальнего Востока практически не проводилось. Нами обнаружены в литературе только отдельные, весьма малочисленные сведения по определению влажности, удельной и объемной массы, а также количеству водопрочных почвенных агрегатов, полученные в разное время и по разному поводу. Начало изучению физических свойств почв при длительном применении удобрений на Дальнем Востоке было положено А.Т. Грицуном на Приморской сельскохозяйственной опытной станции (ныне ПримНИИСХ) в 40–50-е годы минувшего столетия. Именно в этот период был заложен длительный опыт по изучению эффективности систематического внесения минеральных, включая известку, и органических удобрений в 9-польном севообороте с двумя полями многолетних трав. Следует подчеркнуть, что за время 76-летнего существования этого опыта его схема претерпела минимальные изменения, несмотря на смену парадигм в агрохимии, кризисы и перестройки в стране, чего не скажешь об аналогичных опытах в Дальневосточном научно-исследовательском институте сельского хозяйства (г. Хабаровск) и ВНИИ сои. Подробная агрохимическая характеристика указанных почв приведена в нашей статье, опубликованной ранее [5]. Определение гидрофизических свойств почв

проводили по методике, изложенной Д.В. Федоровским [21]. Объемная масса почвы и влажность определяли весовым методом, удельный вес – с помощью пикнометра, агрегатный состав – по Саввину, гранулометрический – по Качинскому [10]. Общую порозность и влагоемкость оценивали расчетным методом.

Образцы почв для анализа отбирались из следующих вариантов опытов: 1) контроль (без удобрений); 2) минеральные удобрения (повышенная доза): NPK – на лугово-бурых почвах и NP – на лугово-черноземовидных; 3) органо-минеральные удобрения: NPK+навоз+известь на лугово-бурых почвах и NP+навоз на лугово-черноземовидных. В опыте на стационаре ВНИИ сои калийные удобрения и известь не использовались, поскольку многолетняя практика показала, что на лугово-черноземовидных почвах они неэффективны [13]. Статистическую обработку результатов анализа осуществляли стандартными методами дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову [7]. Достоверность проведенных анализов подтверждена шестикратной повторностью анализов, что отражено в табл. 1 и 2, в которых приведены среднестатистические отклонения повторностей (трех пространственных и двух аналитических) от средней арифметической величины.

### Результаты исследований и их обсуждение

Первые сведения о гидрофизических свойствах длительно удобряемых почв были получены в 1940-е годы А.Т. Грицуном на Приморском агрохимическом стационаре после прохождения первой ротации 9-польного севооборота в 1950 г. [6]. Было установлено, что на третий год после внесения удобрений количество водопрочных, наиболее ценных в агрономическом отношении агрегатов (от 0,25 до 10 мм), увеличилось в пахотном горизонте с 2,3 % в контроле до 8,5 % в варианте с внесением органических удобрений, причем существенный рост (соответственно 6,5 и 14,8 %) зафиксирован на поле, занятом клевером. В этих же вариантах улучшился водный режим: на контрольных делянках в наиболее засушливый период вегетации влажность почвы составила 16,7 %, в варианте после внесения органических удобрений – 20,6 %.

Позднее более детально влияние извести на физические свойства почв было исследовано Л.М. Рясинской. Ею установлено, что известь снижает объемную и удельную массу почвы, а также ее порозность и полную влагоемкость, причем прямо пропорционально вносимым дозам (при значениях гидролитической кислотности от 0,5 до 2,5 мг-экв./100 г. почвы, или от 4 до 20 т/га). На фоне применения извести органические удобрения (навоз) более существенно увеличивали влагоемкость и порозность почв по сравнению с внесением одной извести. Эти изменения автор объясняет улучшением структуры почвы от коагулирующего действия извести и применения органических удобрений, а структура почв, в свою очередь, обеспечивает рост урожая возделываемых культур [18].

Наши исследования, проведенные в длительном (после восьми полных ротаций 9-польного севооборота) опыте, заложенном на лугово-бурых почвах, подтвердили, что влажность и влагоемкость почвы более благоприятны для возделываемых культур при внесении удобрений, особенно органических (табл. 1).

Объемная масса почвы наиболее высока в вариантах с внесением одних минеральных удобрений, а наиболее оптимальна для выращиваемых культур в вариантах с одновременным внесением минеральных и органических удобрений. Пористость обуславливает запасы влаги в почвах и ее воздухообмен с атмосферой, поэтому этот показатель крайне важен для активной работы полезной микрофлоры. Как правило, между пористостью и плотностью почвы существует обратно пропорциональная зависимость: чем плотнее почва, тем меньше ее пористость, и наоборот. Наиболее оптимальная пористость формируется при одновременном внесении минеральных и органических удобрений. Длительное применение одних минеральных удобрений увеличивает плотность и, как следствие, уменьшает пористость до критического уровня.

Таблица 1

**Влияние интенсивного применения удобрений на физические свойства лугово-бурых почв  
Приморского края в посевах сои и пшеницы**

Вариант опыта	Влажность, %	Капиллярная влагоемкость, %	Объемная масса (плотность), г/см <sup>3</sup>	Удельная масса, г/см <sup>3</sup>	Порозность, %
Соя					
Контроль	23,0 ± 0,95	38,4 ± 1,08	1,17 ± 0,03	2,47 ± 0,06	52,1 ± 0,53
N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	24,5 ± 0,45	33,1 ± 0,70	1,28 ± 0,04	2,54 ± 0,06	51,0 ± 1,02
N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub> + сидераты 16,5 т/га	28,0 ± 1,37	41,8 ± 0,77	1,08 ± 0,03	2,48 ± 0,07	57,1 ± 0,43
Пшеница					
Контроль	19,4 ± 0,95	27,4 ± 1,23	1,14 ± 0,04	2,66 ± 0,06	56,1 ± 0,43
N <sub>80</sub> P <sub>100</sub> K <sub>100</sub>	24,0 ± 0,85	41,3 ± 0,72	1,42 ± 0,05	2,61 ± 0,03	47,1 ± 0,52
N <sub>80</sub> P <sub>100</sub> K <sub>100</sub> + сидераты 16,5 т/га	32,0 ± 1,50	50,3 ± 1,87	1,05 ± 0,03	2,66 ± 0,04	63,1 ± 0,65

Примечание. Здесь и в табл. 2 указаны среднегодовые дозы удобрений на 1 га севооборотной площади.

Аналогичным образом изменяются физические свойства луговых черноземовидных почв, распространенных в Амурской области. Длительное применение удобрений здесь также способствует увеличению дисперсии почв, т.е. повышению содержания в них мелких фракций (глины и пыли), определяющих их адсорбционные свойства и плодородие в целом (табл. 2).

Таблица 2

**Изменение физических свойств почв при длительном удобрении  
в различных почвенно-климатических условиях**

Вариант опыта	Глина, %	Ил, %	Объемная масса, г/м <sup>3</sup>	Удельная масса, г/м <sup>3</sup>
Лугово-бурая, оподзоленная (Приморский край)				
Контроль	54,2 ± 1,73	9,0 ± 0,43	1,13 ± 0,03	2,40 ± 0,02
N <sub>30</sub> P <sub>45</sub> K <sub>30</sub>	60,1 ± 2,64	12,4 ± 0,50	1,22 ± 0,04	2,49 ± 0,05
N <sub>30</sub> P <sub>45</sub> K <sub>40</sub> + Навоз 4,2 т/ га + Известь 0,55 т/га	64,4 ± 3,78	15,0 ± 0,43	1,08 ± 0,05	2,37 ± 0,02
Луговая черноземовидная (Амурская область)				
Контроль	49,1 ± 2,64	7,0 ± 0,53	1,17 ± 0,02	2,50 ± 0,05
N <sub>42</sub> P <sub>48</sub>	44,2 ± 2,00	11,3 ± 0,36	1,32 ± 0,04	2,60 ± 0,04
N <sub>42</sub> P <sub>48</sub> + Навоз 4,8 т/га	55,4 ± 2,73	14,0 ± 0,62	1,12 ± 0,03	2,45 ± 0,03

Содержание мелких фракций были выше в лугово-бурых почвах Приморского края, так как их природный гранулометрический состав тяжелее, чем у лугово-черноземовидных почв. Но удобрения одинаково действовали на плотность и пористость этих почв. Длительное применение минеральных удобрений увеличивало плотность, а органических, напротив, уменьшало. Если в абсолютных цифрах объемная масса исследуемых почв отличалась мало, то в относительных (в %) разница была более заметна (соответственно 3,6 % в лугово-бурых и 15,2 % в луговых черноземовидных). Данное явление можно объяснить внесением более высоких доз минеральных и органических удобрений на луговых черноземовидных почвах, в которых эта разница оказалась более заметной [15, 16].

### Заключение

Исследования показали, что длительное применение одних минеральных удобрений негативно сказывается на физических свойствах почв, увеличивая ее плотность

и соответственно снижая порозность и воздухоёмкость. Органические удобрения действуют в обратном направлении, смягчая отрицательное действие минеральных удобрений. Для поддержания оптимального физического состояния почв и ее плодородия необходимо компенсировать убыль органического вещества почв, которая неизбежна при выращивании культурных растений и усиливается при длительном внесении одних минеральных удобрений, включая известь.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бараев А.И. Почвозащитное земледелие. М.: Колос, 1975. 304 с.
2. Буянкин Н.И., Слесарев В.Н., Красноперов А.Г. Ключевые показатели минимизации обработки // Земледелие. 2004. № 4. С. 14–15.
3. Вальков В.Ф., Казеев К.Ш., Колесников С.И. Почвоведение: учебник для бакалавров. М.: Юрайт, 2014. 528 с.
4. Виленский Д.Г. Почвоведение: учебник для вузов. М.: Учпедгиз, 1957. 456 с.
5. Голов В.И., Бурдуковский М.Л., Тимошинов Р.В., Попова Ю.А., Максимов М.В. Агрогенное и техногенное загрязнение почв Дальнего Востока фтором. Реальные и мнимые проблемы // Вестн. ДВО РАН. 2017. № 2. С. 84–90.
6. Грицуц А.Т. Применение удобрений в Приморском крае. Владивосток: Дальневост. кн. изд-во, 1964. 440 с.
7. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1968. 336 с.
8. Захарова Е.Б., Щитов С.В., Немыкин А.А. Влияние уплотняющего действия движителей тракторов на формирование урожая ячменя при разных способах основной обработки почвы // Достижения науки и техники АПК. 2012. № 5. С. 50–52.
9. Захарова Е.Б. Зависимость урожайности сои и агрофизических показателей плодородия от плотности сложения почвы // Пути воспроизводства плодородия почв и повышения урожайности сельскохозяйственных культур в Приамурье. Благовещенск: ДальГАУ, 2003. С. 9–14 (Сб. науч. тр. Дальневост. гос. аграр. ун-та; вып. 9).
10. Качинский Н.А. Физика почв. Т. 1. М.: Высш. шк., 1965. 320 с.
11. Ковшик И.Г., Наумченко Е.Т. Применение гербицидов на сое при посеве по нулевой обработке почвы // Аграрные проблемы научного обеспечения Дальнего Востока / ВНИИ сои. Благовещенск, 2013. Т. 1. С. 92–98.
12. Кузнецова И.В. Изменения физического состояния черноземов типичных и выщелоченных Курской области за 40 лет // Почвоведение. 2013. № 4. С. 434–441.
13. Куркаев В.Т. Применение удобрений в Приамурье. Благовещенск: Хабаров. кн. изд-во, 1965. 72 с.
14. Люри Д.И., Горячкин С.В., Караваева Н.А., Денисенко Е.А., Нефедова Т.Г. Динамика сельскохозяйственных земель России в XX веке и постагрогенное восстановление растительности и почв. М.: ГЕОС, 2010. 416 с.
15. Моисеенко А.А., Тимошинов Р.В., Кушаева Е.Ж. Изменение свойств почвы и продуктивности севооборота в результате длительного применения разных систем удобрений в условиях Приморского края // Результаты длительных исследований в системе географической сети опытов с удобрениями Российской Федерации. М.: ВНИИА, 2012. Вып. 2. С. 221–246.
16. Наumenко А.В., Ковшик И.Г., Прокопчук В.Ф. Свойства почвы и урожайность культур в зависимости от системы удобрений и известкования. Благовещенск: ДальГАУ, 2012. 122 с.
17. Пустовойтов Н.Д. Физические свойства некоторых почв юго-западной части Зейско-Буреинской низменности и их гидрологические особенности // Почвенная и агрономелиоративная характеристика южной части Зейско-Буреинского междуречья. Благовещенск: Амур. кн. изд-во, 1959. С. 7–28.
18. Рясинская Л.М. Влияние известкования на физические свойства лугово-бурых оподзоленных почв // Тр. Биол.-почв. ин-та ДВНЦ АН СССР. 1973. Т. 18 (121). С. 58–62.
19. Система земледелия Амурской области: производственно-практический справочник / ред. П.В. Тихончук. Благовещенск: ДальГАУ, 2017. 574 с.
20. Устименко О.П. Оптимизация условий выращивания сельскохозяйственных культур в полевом севообороте: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Тимирязевский, 2004. 23 с.
21. Федоровский Д.В. Определение водных и физических свойств почв при проведении полевых и вегетационных опытов // Агрохимические методы исследования почв. М.: Наука, 1975. С. 296–330.
22. Шенин Е.В., Гончаров В.М. Агрофизика: учеб. пособие. М.: МГУ, 2006. 194 с.