

## **ПЛОТНОСТЬ И ПЛОДОРОДИЕ ОСУШАЕМОЙ ГЛЕЕВАТОЙ ПОЧВЫ**

**Ю.И. Митрофанов, к.с.-х.н., ВНИИ сельскохозяйственного использования мелиорированных земель**

*Приведены результаты исследований о влиянии переуплотнения почвы на водно-воздушный режим осушаемой глееватой почвы, водопроницаемость, влагообеспеченность и развитие корневой системы растений, питательный режим, микробиологическую активность почвы, урожайность ячменя и однолетних трав.*

*Ключевые слова: осушаемые почвы, объемная масса, плотность, водно-воздушный режим, водопроницаемость, корневая система, плодородие, азот, влагообеспеченность, урожайность.*

Объемная масса почвы (плотность) представляет собой функцию многих ее физических свойств (структурное состояние, плотность твердой фазы, набухаемость и т.д.) и одновременно является наиболее доступным и объективным обобщающим показателем, отражающим физическое состояние почвы. Изменение плотности оказывает непосредственное воздействие на содержание в почве воды, воздуха, питательных веществ и, в итоге, на водный, воздушный, тепловой и питательный режимы почвы. В качестве оценочных величин используют параметры плотности, отражающие оптимальное и равновесное состояние почвы, а также уровень ее критического уплотнения [1-3]. Сопоставление этих критериев позволяет достаточно точно определить физические условия произрастания растений, установить допустимый уровень интенсивности воздействия на почву и возможность минимизации ее обработки и др. Большинство растений отрицательно реагируют как на излишне рыхлое, так и на избыточно плотное сложение почвы и проявляют свой адаптивный потенциал наиболее полно при оптимальной для данной культуры плотности. Под оптимальной плотностью почвы, чаще всего, понимается ее плотность, которая обеспечивает наиболее высокую продуктивность растений [1]. Разным почвам и культурам соответствует своя оптимальная плотность. Наиболее часто встречаемые в литературе параметры оптимальной плотности дифференцированы относительно гранулометрического состава почв. У дерново-подзолистых почв с легкосуглинистым составом для растений сплошного посева они составляют 1,20-1,30 г/см<sup>3</sup>, с тяжелосуглинистым – 1,10-1,25, песчаным и супесчаным – 1,35-1,40 г/см<sup>3</sup>. Для роста и развития пропашных культур оптимальные условия на суглинистых дерново-подзолистых почвах складываются при плотности 1,0-1,2 г/см<sup>3</sup> [1-3]. При этом важно учитывать, что оптимальные параметры плотности сложения весьма динамичны. Характер и интенсивность временных изменений плотности сложения почв зависят от биологических особенностей полевых культур, типа и гранулометрического состава почв, содержания гумуса, окультуренности и структуры почвы, погодных условий и обеспеченности влагой, приемов обработки почвы и других факторов. При недостатке влаги уровень параметров оптимальной плотности увеличивается, при повышенном увлажнении снижается, а в условиях достаточного увлажнения диапазон оптимальных значений плотности расширяется.

На осушаемых почвах, которые характеризуются достаточно высокой пространственной и временной динамичностью объемной массы, склонностью к переуплотнению и т.д., большое влияние на параметры объемной массы оказывают местоположение почвы в агроландшафте, уровень их гидроморфизма, содержание органического вещества и др.

Цель исследования – изучить влияние переуплотнения на плодородие осушаемых почв.

**Методика.** Исследования проводили во Всероссийском НИИ сельскохозяйственного использования мелиорированных земель в специальном полевом опыте. Почва опытного

участка дерново-подзолистая глееватая легкосуглинистая хорошо окультуренная, осушаемая закрытым гончарным дренажем. Расстояние между дренами 20 м, глубина заложения 0,9-1,2 м. Оптимальные параметры объемной массы почвы для зерновых культур в этом опыте – 1,18-1,31 г/см<sup>3</sup>. Изучаемые варианты объемной массы показаны на рисунке 1. В контрольном варианте реальная объемная масса почвы в пахотном слое в среднем за вегетацию составила 1,28 г/см<sup>3</sup>, т.е. соответствовала оптимальным значениям плотности. В других опытных вариантах почва в пахотном слое была переуплотнена. При критическом уровне плотности почвы для зерновых культур 1,31 г/см<sup>3</sup>, объемная масса составляла 1,35-1,48 г/см<sup>3</sup>. Увеличение средней за вегетационный период плотности почвы с 1,28 до 1,48 г/см<sup>3</sup> привело к значительному нарушению водно-воздушного режима почвы – снижению общей пористости с 51,2 до 43,5%, пористости устойчивой аэрации с 16,1 до 9,4, реальной пористости с 20,8 до 9,4%. При объемной массе, превышающей критический уровень, пористость аэрации при НВ снижается до неудовлетворительного состояния. Негативное влияние высокой плотности почвы на продуктивность растений связано с создающимися неблагоприятными физическими условиями для формирования корневой системы, подавлением биологических процессов, снижением пористости, ухудшением пищевого и воздушного режимов почвы, с более быстрым проявлением антагонизма между водой и воздухом в условиях повышенного увлажнения. Подробно результаты исследований о влиянии плотности на водно-воздушный режим осушаемых почв в этом опыте были рассмотрены в ранее опубликованной статье [4].

Переуплотнение почвы сильно влияет на такие физические свойства как водопроницаемость, наименьшая влагоемкость, запасы недоступной растениям влаги. При увеличении объемной массы в пахотном слое с 1,28 до 1,48 г/см<sup>3</sup> коэффициент фильтрации с поверхности почвы снизился с 0,59 до 0,03 м/сут – в 20 раз. Снижение водопроницаемости почвенного профиля усиливает процесс поверхностного стока дождевых и талых вод, создает условия для перераспределения влаги по элементам рельефа, неравномерного увлажнения и формирования почвенной пестроты, ухудшает работу дренажа, снижает влагообеспеченность растений и т.д. Последнее связано с уменьшением влагоемкости почвы, увеличением количества недоступной растениям влаги, ухудшением условий для развития корневой системы растений и др. В нашем опыте наименьшая влагоемкость (весовая) при оптимальной объемной массе составляла 27,4%, при равновесной – 25,7, и в варианте с объемной массой 1,48 г/см<sup>3</sup> – 23,1%. По мере увеличения объемной массы почвы соответственно уменьшались и общие запасы влаги в пахотном слое – при влажности, равной наименьшей влагоемкости в пахотном слое содержалось 71,2 мм воды, при плотности почвы 1,48 г/см<sup>3</sup> – 60,0, или на 11,2 мм (15,7%) меньше (рис.1). Влажность устойчивого завядания в смоделированном опыте при повышении плотности почвы с 1,0 до 1,5 г/см<sup>3</sup> увеличилась с 4,2 до 5,6% к массе почвы – запасы недоступной растениям влаги увеличились на 3,6 мм (с 10,9 до 14,5 мм). Уровень недоступной влаги возрос по отношению к НВ с 15,3 до 24,2%, или в 1,6 раза.

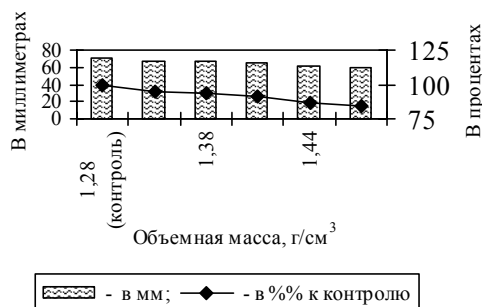


Рис.1. Запасы влаги в пахотном слое в зависимости от объемной массы почвы (при наименьшей влагоемкости почвы)

Плотность почвы является не только мощным фактором накопления продуктивной влаги, но и служит регулятором ее расходования из почвы [5]. От плотности почвы зависят характер и скорость перемещения влаги в ней, в том числе скорость диффузии. При объемной массе 1,50-1,60 г/см³ и влажности 16% относительная величина диффузии в 2,5 раза ниже, чем при той же влажности в рыхлой почве [6]. Использование почвенной влаги растениями определяется развитием их корневых систем. Наблюдается обратная связь между объемной массой и массой корней растений, их способностью осваивать почвенное пространство. Переуплотнение почвы ухудшает развитие корневой системы растений, снижает общую массу корней и характер их расположения в почве. У ячменя масса корней в слое 0-40 см снизилась с 3,07 до 2,42 т/га сухого вещества, у однолетних трав – с 3,42 до 2,55 т/га (рис.2). В переуплотненной почве формируется более мелко расположенная корневая система, масса корней возрастает в верхнем слое и уменьшается в более глубоких слоях.

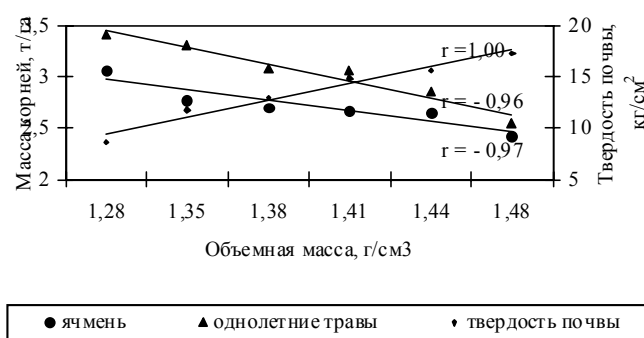


Рис.2. Взаимосвязь твердости почвы и массы корней с объемной массой почвы (сухая масса корней в слое 0-40 см; твердость почвы под однолетними травами в среднем за 3 года)

При объемной массе 1,28 г/см³ в слое 0-10 см располагалось 63,2 % корней от общей их массы, при 1,38 – 72,5 и 1,48 г/см³ – 91,0%. Одновременно удельный вес корней в слоях 10-20 и 20-40 см уменьшился, соответственно, в 3,3 и 10 раз (рис.3).

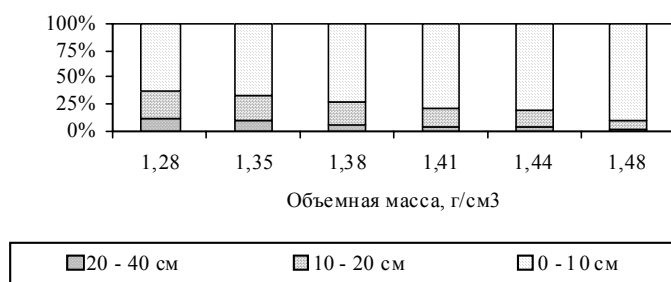


Рис.3. Влияние плотности на распространение в почве корневой системы ячменя, % от общей массы

Влагообеспеченность растений ухудшалась вследствие того, что мелко расположенная корневая система хуже использует запасы влаги из нижних горизонтов почвы. Более слабое развитие корневых систем растений в переуплотненных вариантах объясняется, с одной стороны, менее благоприятным состоянием водно-воздушного режима при повышенной влажности почвы, а, с другой, более высокой твердостью почвы, прежде всего при низкой ее влажности. При оптимальной плотности почвы твердость ее была меньше в 1,5 раза, чем при равновесной и в 2,0 раза по сравнению с наиболее переуплотненной.

Таким образом, при переуплотнении почв растения сильнее страдают как от избытка влаги, так и от ее недостатка. Оптимизация физического состояния почвы – важное условие улучшения влагообеспеченности растений на осушаемых землях.

Плотность сложения почвы является весомым фактором, определяющим скорость и направленность микробиологических процессов в почве. В оптимально рыхлой почве быстрее идут процессы накопления нитратов и разложения целлюлозы, чем в плотной. Динамика снижения целлюлозоразрушающей способности почвы под влиянием нарастающего уплотнения её показана на рисунке 4.

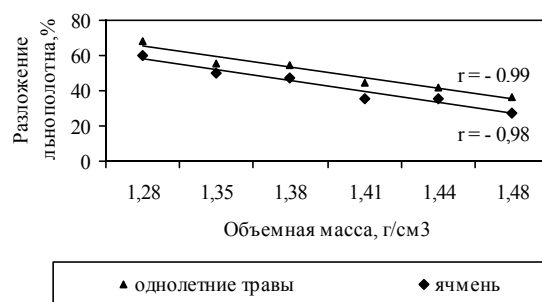


Рис.4. Взаимосвязь биологической активности с плотностью почвы

При увеличении плотности почвы с 1,28 до 1,48 г/см³ количество разрушенной микроорганизмами целлюлозы за период вегетации ячменя и однолетних трав снизилось в 2 раза.

Плотность почвы в определенной степени является регулятором питательного режима. Физические условия влияют как на мобилизационные процессы в самой почве, так и на эффективность вносимых минеральных удобрений. Наиболее сильным изменениям под влиянием физических условий подвержен азот почвы и удобрений. По данным А.В. Королева, содержание нитратов в умеренно плотной почве было больше в 4,6 раза, чем в рыхлой и в 8,5 раза, чем в плотной почве [7]. Аналогичные результаты получены и рядом других авторов. Ухудшение азотного питания – одна из основных причин снижения продуктивности культур при выращивании на дерново-подзолистых переуплотненных почвах. По данным некоторых авторов в переуплотненных дерново-подзолистых почвах содержание легкорастворимых фосфатов снижается. В опытах М.А. Козырева увеличение плотности сложения почвы на 0,2 г/см³ снижало их содержание в пахотном слое более, чем в 2 раза [8]. Применение минеральных удобрений позволяет снизить негативное влияние переуплотнения почвы на продуктивность растений. Оптимальные параметры объемной массы для растений при внесении минеральных удобрений расширяются на 0,1-0,2 г/см³ [9].

В проведенных опытах зависимость содержания нитратного азота от плотности почвы, в том диапазоне объемной массы, который изучали, была обратной. При увеличении плотности почвы с 1,28 до 1,48 г/см³ количество нитратного азота в период вегетации под растениями ячменя снизилось более чем в 2 раза – с 1,83 до 0,78 мг/кг почвы, на парующих площадках с 6,72 до 2,89, или в 2,3 раза (рис.5).

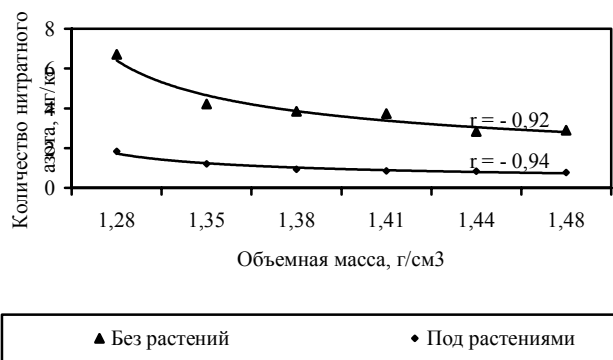


Рис.5. Содержание нитратного азота (N-NO<sub>3</sub>) в пахотном слое в зависимости от плотности почвы (ячмень)

Переуплотнение почвы оказало крайне негативное влияние на процессы роста, развития и формирования урожая. Повышение плотности почвы с 1,28 до 1,48 г/см<sup>3</sup> снизило сохранность растений ячменя с 81,1 до 65,3%, овса с 82,0 до 68,0, а гороха с 74,7 до 14,7%, или более чем в 5 раз. Большие изменения были отмечены в структуре урожая – количество стеблей с колосом у ячменя уменьшилось с 496 до 284 шт/м<sup>2</sup>, число зерен в колосе – с 24,9 до 19,0, масса 1000 зерен – с 38,3 до 32,1 г. Урожайность ячменя при этом снизилась с 3,13 до 1,87 т/га, или на 1,26 т/га. Скорость снижения составила 0,06 т/га на каждые 0,01 г/см<sup>3</sup> увеличения плотности почвы. Основное снижение урожайности ячменя произошло за счет уменьшения количества стеблей с колосом – на 67,4%. Под влиянием изменений числа зерен в колосе, массы 1000 зерен и в целом массы зерна в колосе урожайность уменьшилась на 32,6%. Аналогичные результаты получены по горохо-овсяной смеси (рис.6). В варианте с оптимальной плотностью почвы получено 25,7 т/га зеленой массы однолетних трав, при равновесной плотности 21,0-21,9 и при объемной массе 1,48 г/см<sup>3</sup> – 14,8 т/га зеленой массы.

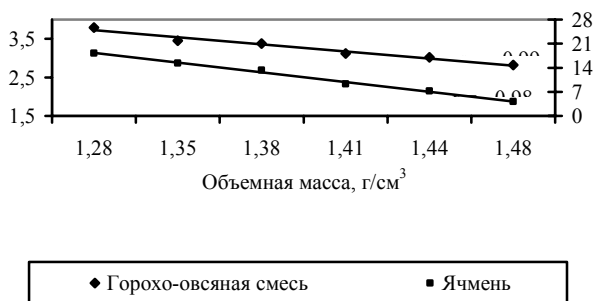


Рис.6. Взаимосвязь урожайности (т/га) горохо-овсяной смеси и ячменя с объемной массой почвы

## DENSITY AND FERTILITY OF DRAINED GLEYIC SOIL

Yu.I. Mitrofanov

All-Russian Research Institute of Agricultural Use of Reclaimed Lands, Emmaus 27, Kalinin raion, Tver oblast, 170530 Russia,  
E-mail: vniimz@list.ru

The impact of soil compaction on the water-air regime, permeability, and moisture content of drained gleyic soil, as well as on the development of plant root systems, the nutrient regime, the microbial activity of soil, and the yields of barley and annual grasses has been studied.

Keywords: drained soil, bulk density, density, water-air regime, permeability, root system, fertility, nitrogen, moisture content, crop yield.

Таким образом, проведенные исследования показали, что плотность почвы – один из важнейших критериев, определяющих физическое состояние почвенной среды, водно-воздушный и питательный режимы почвы, влагообеспеченность растений, характер и направленность микробиологических процессов, развитие корневой системы, уровень плодородия и продуктивности растений на осушаемых землях.

Сопоставление параметров равновесной, критической и оптимальной плотности почвы показывает, что осушаемые разнооглеенные почвы в разной степени нуждаются в дополнительных мероприятиях по оптимизации водно-воздушного режима. Больше всего необходимы они на осушаемых землях с неблагоприятными водно-физическими свойствами и признаками переувлажнения. Устранение чрезмерного уплотнения и переувлажнения почвы, оптимизация ее физического состояния, являются необходимым условием формирования высокопродуктивных посевов полевых культур.

### Литература

- Кузнецова И.В. Об оптимальной плотности почвы // Почвоведение. - 1990. - № 5. - С. 40-42.
- Бондарев А.Г. Теоретические основы и практика оптимизации физических условий плодородия почв // Почвоведение. - 1994. - № 11. - С. 10-15.
- Ревут И.Б. Плотность и плодородие почвы // В сб. Теоретические вопросы обработки почвы. - Л.: Гидрометеониздат, 1968.
- Митрофанов Ю.И. Плотность и водно-воздушный режим осушаемых почв // Мелиорация и водное хозяйство. - 2012. - №1. - С. 16-19.
- Роде А.А. Основы учения о почвенной влаге. - Л.: Гидрометеониздат, 1968. - 267 с.
- Ревут И.Б., Лебедева В.Г., Абрамов Н.А. Плотность почвы и ее плодородие // В сб. науч. тр. АФИ по агрономической физике. Вып. 10, 1962. - С. 53-56.
- Королев А.В. Изменение сложения пахотного слоя почвы под действием колес тракторов / Записки ЛСХИ. - Л., Вып. 3, 1968. - С. 33-43.
- Козырев М.А. Влияние уплотнения и удобрений на свойства дерново-подзолистой почвы и урожайность сельскохозяйственных культур. // В сб. научн. тр. ВНИИМЗ. Расширенное воспроизводство плодородия почв. - Калинин. Вып. 7, 1985. - С. 65-70.
- Купер А., Никонен С. Обзор работ по исследованию влияния уплотнения почвы тракторами и машинами на развитие растений // Сельское хозяйство за рубежом. - 1960. - №2. - С. 50-54.