

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГБОУ ВПО «КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Агрономический факультет
Кафедра общего и орошаемого земледелия

СОСТОЯНИЕ ПОЧВЕННОГО ПЛОДОРОДИЯ

Методические указания
к лабораторным и практическим занятиям
для магистрантов очной и заочной форм обучения
по направлению «Агрономия» программа
подготовки «Земледелие»

Краснодар
КубГАУ
2015

Составители: В. П. Василько, А. В. Сисо, С. А. Макаренко

Состояние почвенного плодородия : метод. указания к лабораторным и практическим занятиям / сост. В. П. Василько, А. В. Сисо, С. А. Макаренко. – Краснодар : КубГАУ, 2015. – 46 с.

В методических указаниях изложены теоретические вопросы и практические указания для выполнения лабораторных работ по расчёту степени аэрации почвы, количества пор, занятых влагой, коэффициента структурности почвы. Приводится методика расчёта баланса гумуса в севообороте.

Предназначены для магистров по направлению подготовки «Агрономия».

Методические указания рассмотрены и одобрены методической комиссией агрономического факультета Кубанского госагроуниверситета, протокол № 5 от 26.01.2015.

Председатель метод.
комиссии, профессор

В. П. Василько

© Василько В. П., Сисо А. В.,
Макаренко С. А., сост., 2015
© ФГБОУ ВПО «Кубанский
государственный аграрный
университет», 2015

ВВЕДЕНИЕ

Интенсивное ведение сельскохозяйственного производства постепенно меняло и меняет облик нашей планеты. Если вспомнить историю, то все континенты претерпели эти изменения: Европа, которая ещё в середине девятнадцатого века была покрыта непроходимыми лесами, теряла их, превращалась в степные сельскохозяйственные просторы. Распахивались ранее не тронутые ковыльные степи, изменялись оводнённость территорий и в целом ландшафты. Это не могло не оказать определённого влияния на почвенный покров, т. е. потенциальное и эффективное его плодородие. Постепенно начали нарастать негативные процессы, выразившиеся в дегумификации сельскохозяйственных угодий, обесструктурировании почвы, переуплотнении и т. д. Ухудшилось состояние почвенной биоты, воздушный, водный и пищевой режимы.

Применительно к Краснодарскому краю следует помнить, что наши почвы во многом уникальны и аналогов им в мире нет. Они отличаются мощностью гумусового слоя, сравнительно рыхлым сложением пахотного и подпахотных слоёв, богатством элементов минерального питания. Сохранение этих уникальных чернозёмов является первоочередной задачей землепользователей любой формы собственности от малого товаропроизводителя до руководителей крупных Агрообъединений.

Назрела необходимость в детальном изучении деградиционных процессов, произошедших в пахотных землях Кубани и разработке комплекса агроприёмов, способствующих его сохранению и расширенному воспроизводству: создание адаптивно-ландшафтных систем земледелия, отказ от энергоресурсозатратных технологий возделывания культур и переход на энергоресурсосберегающие технологии

нового поколения, внедрение в производство точного земледелия. Основой ведения сельскохозяйственного производства должна стать сбалансированная биологизированная система земледелия, базирующаяся на агроландшафтах.

1 РАСЧЁТ БАЛАНСА ГУМУСА В СЕВООБОРОТЕ

В ландшафтно-адаптивном земледелии правильно сформированный севооборот становится основой почвоохранной системы земледелия, адаптированной к особенностям данной ландшафтной местности.

С помощью севооборота можно не только противостоять водной и ветровой эрозии, но и сохранить запасы гумуса – основу плодородия почвы. Для этого необходимо сбалансировать севооборот по доле культур-гумусонакопителей (многолетние бобовые травы), нейтральных культур (зерновые и зернобобовые культуры сплошного сева) и гумусоразрушителей (пропашные культуры).

Оценка сбалансированности производится по расчету баланса гумуса в севообороте. Баланс рассчитывается как разность между его приходом с пожнивно-корневыми остатками и расходом в результате минерализации.

Порядок расчета гумуса следующий:

1. Определяем количество гумуса, расходуемого в процессе минерализации. Эта величина может быть рассчитана по расходу почвенного азота на формирование урожая каждой культуры севооборота. Для этого рассчитывается общий вынос азота ($N_{\text{общ.}}$) с урожаем каждой культуры севооборота по формуле 1:

$$N_{\text{общ. кг/га}} = Y_{\text{ц/га}} \times B_{\text{кг/ц}}, \quad (1)$$

где $N_{\text{общ}}$ – общий вынос азота, кг/га; $Y_{\text{ц/га}}$ – планируемая урожайность, ц/га; B – вынос азота урожаем данной культуры в кг/ц.

Удельные значения выноса культурами севооборота даны в таблице 1.

Таблица 1 – Вынос азота урожаем сельскохозяйственных культур с учетом побочной продукции

Культура	Основная продукция	Вынос азота, кг на 1 ц продукции
Озимая пшеница	зерно	3,0
Озимая рожь	зерно	3,0
Яровая пшеница	зерно	3,6
Ячмень	зерно	2,6
Овес	зерно	2,9
Просо	зерно	3,3
Горох	зерно	5,0
Вика	зерно	4,9
Кукуруза	зерно	2,5
Сахарная свекла	корнеплоды	0,5
Подсолнечник	семена	5,0
Овощи (в целом)	плоды	0,3
Картофель	клубни	0,5
Кукуруза	силос	0,3
Силосные (без кукурузы)	силос	0,3
Вико-овсяная смесь	силос	0,3
Многокомпонентная смесь	силос	0,4
Кормовые корнеплоды (в целом)	корнеплоды	0,5
Кормовая свекла	корнеплоды	0,5
Однолетние травы	сено	1,8
Многолетние травы	сено	2,3
Люцерна	сено	2,4
Эспарцет	сено	24
Многолетние травы (смесь)	зеленая масса	0,5

2. Определяем количество азота, используемого из гумуса. Вынос азота почвы (гумуса) ниже, чем общий. Часть азота потребляется растениями из удобрений. Эта часть составляет 50–60 % общего количества в зависимости от количества вносимых азотных удобрений (таблица 2).

Таблица 2 – Доля азота гумуса в формировании урожая сельскохозяйственных культур в зависимости от его уровня и дозы удобрения

Доза удобрения, кг/га д.в.	Уровень урожая	Доля азота, %
N ₄₀ и менее	низкий	60
N ₄₀₋₈₀	средний	55
N ₈₀ и более	высокий	50

Кроме того, бобовые культуры частично обеспечивают себя азотом: многолетние бобовые травы – на 70 %, зернобобовые – на 60 %, смешанные посевы (например, вика с овсом) – на 37 % от общего выноса.

Размер образования минерального азота из гумуса зависит от гранулометрического состава почвы и технологии возделывания культуры. В расчетах это отражается введением соответствующего поправочного коэффициента.

Для гранулометрического состава почвы:

1. Для глины и тяжёлого суглинка – 0,8;
2. Среднего суглинка – 1,0;
3. Лёгкого суглинка – 1,2;
4. Супеси – 1,4.

Для технологии возделывания культуры:

1. Для многолетних бобовых трав – 1,0,
2. Зерновых колосовых и других однолетних культур сплошного сева – 1,2,
3. Пропашных – 1,6.

3) Минерализация гумуса рассчитывается умножением величины $N_{\text{факт.}}$ на 20 (коэффициент перевода азота в гумус).

4) Расчет накопления гумуса. Приход гумуса ($\Gamma_{\text{ц/га}}$) рассчитывается в два этапа. Сначала по формуле 2 рассчитывается накопление пожнивных и корневых остатков (ПК):

$$\text{ПК}_{\text{ц/га}} = Y \times K_{\text{ПК}}, \quad (2)$$

где Y – планируемая урожайность культуры, ц/га; $K_{\text{ПК}}$ – поправочный коэффициент на образование ПКО (таблица 3).

Таблица 3 – Накопление пожнивно-корневых остатков (ПКО) в зависимости от урожая основной продукции

Культура	Уровень урожая и количество ПКО, ц/га		
	низкий	средний	высокий
Озимая пшеница	1,44	1,30	1,21
Озимый ячмень	1,44	1,30	1,21
Озимая рожь	1,67	1,49	1,35
Яровая пшеница	1,33	1,13	1,00
Яровой ячмень	1,54	1,24	1,07
Овес	1,44	1,22	1,09
Горох	1,53	1,32	1,21
Кукуруза на зерно	1,34	1,27	1,23
Сахарная свекла	0,09	0,08	0,06
Корнеплоды кормовые	0,09	0,08	0,07
Подсолнечник	2,05	1,86	0,97
Овощи	0,12	0,10	0,09
Кукуруза на силос	0,24	0,18	0,16
Однолетние травы (сено)	1,51	1,13	0,92
Многолетние травы (сено)	2,35	1,80	1,59

Далее по формуле 3 рассчитывается количество образованного гумуса ($\Gamma_{ц/га}$):

$$\Gamma_{ц/га} = ПК \times K_r, \quad (3)$$

где ПК – накопление пожнивных и корневых остатков, ц/га;
 K_r – коэффициент гумификации пожнивных и корневых остатков данной культуры (таблица 4).

Таблица 4 – Коэффициент гумификации сухой массы
пожнивно-корневых остатков
сельскохозяйственных культур

Группа культур	Коэффициенты гумификации
Многолетние бобовые травы	0,25
Зерновые, зернобобовые, однолетние	0,20
Кукуруза и другие силосные, подсолнечник, конопля	0,15
Картофель, корнеплоды, овощи	0,08

5) Расчет баланса гумуса.

Баланс гумуса рассчитывается как разность между величиной образования гумуса и величиной минерализации гумуса. Расчет проводится по каждой культуре. Если площади каждого поля севооборота одинаковые, то величина баланса равна алгебраической сумме баланса по каждой культуре севооборота деленной на число культур.

При таком подходе сам севооборот способен сохранить запасы гумуса (простое воспроизводство гумуса).

Полученные данные записываются в таблицу 5, предварительно записав севооборот из своего задания. По оконча-

нии расчетов делается заключение о сбалансированности севооборота по гумусу и необходимости использования нетоварной части урожая или навоза для стабилизации его запасов.

б) Оценка баланса гумуса.

Положительный баланс гумуса показывает, что данный севооборот способен за ротацию компенсировать потери гумуса только за счет пожнивных и корневых остатков. Севооборот соответствует требованиям сохранения органического вещества почвы.

Если баланс гумуса отрицательный, для компенсации потерь следует использовать навоз, а так же нетоварную часть урожая (солома, стебли, ботва) в качестве органического удобрения. Считается, что одна тонна соломы равна 3,5 т навоза. Из одной тонны подстилочного навоза в среднем образуется 0,65 ц гумуса.

Расчет необходимого количества соломы в качестве органического удобрения на 1 га севооборотной ($C_{т/га}$) можно рассчитать по формуле 4:

$$C_{т/га} = Дг \div 0,65 \text{ ц} \div 3,5, \quad (4)$$

где C – необходимое количество соломы, т/га; $Дг$ – дефицит гумуса на 1 га севооборотной площади за ротацию севооборота.

Расчет необходимого количества навоза на 1 га севооборотной площади ($H_{т/га}$) можно рассчитать по формуле 5:

$$H_{т/га} = Дг \div 0,65, \quad (5)$$

где H – необходимое количество соломы, т/га; $Дг$ – дефицит гумуса на 1 га севооборотной площади за ротацию севооборота.

Таблица 5 – Расчёт баланса гумуса в севообороте

№ поля	Культура	Планируемый урожай (у), ц/га		Вынос азота урожаем с учетом побочной продукции		Приход азота за счет азотфиксации		Вынос азота с учетом азотфиксации, кг/га	Поправки на технологию возделывания культуры	Поправка на гранулометрический состав почвы	Вынос азота урожаем, кг/га		Минерализация гумуса (K=20), ц/га	Накопление пожнивнокорневых остатков,		Накоплено гумуса в почве		Баланс гумуса, ц/га	Требуется навоза для бездефицитного баланса гумуса, т (K=0,65)	навоза	соломы	Внесение органических удобрений, т/га	
		В, кг/ц	Нобщ, кг/га	% от потребности растений	кг/га	всего	в т.ч из почвы.				норматив к урожайности основной продукции	ПК, ц/га		коэф. гумификации, Кг	Г, ц/га								
Среднее на 1 га																							

Задание.

1. Рассчитать баланс гумуса в представленных севооборотах.

2. Наметить мероприятия по обеспечению бездефицитного баланса гумуса.

Северная зона края (равнинный агроландшафт)***Севооборот № 1***

№ поля	Культура	Планируемый урожай, ц/га
1	Эспарцет	350
2	Озимая пшеница	65
3	Озимая пшеница	65
4	Подсолнечник	20
5	Озимая пшеница	60
6	Горох	25
7	Озимая пшеница	65
8	Кукуруза на силос	300
9	Озимая пшеница	65
10	Кукуруза на зерно	60
11	Яровой ячмень + эспарцет	25

Севооборот № 2

№ поля	Культура	Планируемый урожай, ц/га
1	Люцерна	120
2	Люцерна	350
3	Озимая пшеница	65
4	Озимая пшеница	55
5	Подсолнечник	20
6	Озимая пшеница	50
7	Соя	20
8	Озимая пшеница	60
9	Сахарная свекла	400
10	Кукуруза на зерно	55
11	Озимая пшеница	65
12	Яровой ячмень + люцерна	25

Севооборот № 3

№ поля	Культура	Планируемый урожай, ц/га
1	Люцерна	120
2	Люцерна	350
3	Люцерна	200
4	Озимая пшеница	65
5	Кукуруза на зерно	40
6	Озимая пшеница	55
7	Сахарная свекла	400
8	Озимая пшеница	60
9	Кукуруза на силос	300
10	Озимая пшеница	60
11	Подсолнечник	20
12	Озимая пшеница	55

Северная зона края (низменно-западинный агроландшафт)

Севооборот № 1

№ поля	Культура	Планируемый урожай, ц/га
1	Эспарцет	350
2	Озимая пшеница	65
3	Подсолнечник	20
4	Озимая пшеница	55
5	Горох	25
6	Озимая пшеница	65
7	Яровой ячмень + эспарцет	25

Севооборот № 2

№ поля	Культура	Планируемый урожай, ц/га
1	Кукуруза на зерно	40
2	Озимая пшеница	55
3	Сахарная свекла	400
4	Озимая пшеница + сидерат	60/55
5	Озимая пшеница	50

Севооборот № 3

№ поля	Культура	Планируемый урожай, ц/га
1	Эспарцет	350
2	Озимая пшеница	65
3	Подсолнечник	20
4	Озимая пшеница	55
5	Яровой ячмень + эспарцет	30

Центральная зона края (равнинный агроландшафт)

Севооборот № 1

№ поля	Культура	Планируемый урожай, ц/га
1	Люцерна	500
2	Люцерна	250
3	Озимая пшеница	70
4	Озимый ячмень	65
5	Подсолнечник	25
6	Озимая пшеница	60
7	Кукуруза на зерно	50
8	Озимая пшеница	60
9	Сахарная свекла	500
10	Озимая пшеница	63
11	Яровой ячмень + люцерна	30+70

Севооборот № 2

№ поля	Культура	Планируемый урожай, ц/га
1	Люцерна	500
2	Люцерна	250
3	Озимая пшеница	70
4	Озимый ячмень	65
5	Сахарная свёкла	600
6	Горох	30

7	Озимая пшеница	55
8	Подсолнечник	25
9	Озимая пшеница	50
10	Кукуруза на зерно	50
11	Озимая пшеница	60
12	Яровой ячмень + люцерна	30+70

Севооборот № 3

№ поля	Культура	Планируемый урожай, ц/га
1	Люцерна	500
2	Люцерна	250
3	Озимая пшеница	70
4	Кукуруза на зерно	70
5	Озимая пшеница	65
6	Подсолнечник	25
7	Озимая пшеница	60
8	Соя	20
9	Озимая пшеница	60
10	Сахарная свекла	500
11	Озимая пшеница	60
12	Яровой ячмень + люцерна	30+70

Центральная зона края (низменно-западинный агроландшафт)

Севооборот № 1

№ поля	Культура	Планируемый урожай, ц/га
1	Люцерна	500
2	Люцерна	250
3	Озимая пшеница	70
4	Кукуруза на зерно	50
5	Подсолнечник	25
6	Озимая пшеница	60
7	Яровой ячмень + люцерна	30+70

Севооборот № 2

№ поля	Культура	Планируемый урожай, ц/га
1	Люцерна	500
2	Люцерна	250
3	Озимая пшеница	50
4	Сахарная свёкла	500
5	Соя	25
6	Кукуруза на зерно	60
7	Озимая пшеница	40

Южно-предгорная зона края (равнинный агроландшафт)

Севооборот № 1

№ поля	Культура	Планируемый урожай, ц/га
1	Люцерна	500
2	Люцерна	250
3	Озимая пшеница	65
4	Кукуруза на зерно	60
5	Соя	25
6	Озимая пшеница	65
7	Озимый рапс	30
8	Озимая пшеница	65
9	Подсолнечник	25
10	Озимая пшеница	55
11	Яровой ячмень + люцерна	30+70

Севооборот № 2

№ поля	Культура	Планируемый урожай, ц/га
1	Люцерна	500
2	Люцерна	250
3	Люцерна	300
4	Озимая пшеница	65
5	Озимая пшеница	55
6	Кукуруза на зерно	60
7	Однолетние травы	200
8	Озимая пшеница с подсевом люцерны	65

Севооборот № 3

№ поля	Культура	Планируемый урожай, ц/га
1	Люцерна	200
2	Люцерна	350
3	Озимая пшеница	68
4	Кукуруза на зерно	60
6	Озимая пшеница	65
7	Сахарная свекла	450
8	Озимая пшеница	62
9	Соя	25
10	Озимая пшеница	65

Южно-предгорная зона края (низменно-западинный агроландшафт)

Севооборот № 1

№ поля	Культура	Планируемый урожай, ц/га
1	Кукуруза на зерно	60
2	Озимая пшеница	58
3	Соя	25
4	Озимая пшеница + сидерат	65+100

Севооборот № 3

№ поля	Культура	Планируемый урожай, ц/га
1	Люцерна	500
2	Люцерна	250
3	Озимая пшеница	60
4	Кукуруза на зерно	60
5	Озимая пшеница+сидерат	50+100
6	Соя	20
7	Озимая пшеница + люцерна	58+100

2 ИЗМЕНЕНИЕ СТРУКТУРНОГО СОСТАВА И ВОДОПРОЧНОСТИ ПОЧВЫ С РАЗЛИЧНОЙ СТЕПЕНЬЮ АЭРАЦИИ

Почва состоит из твердой, жидкой и газообразной фаз. Твердая фаза является основой почвы. Она представлена комплексом разнообразных частиц, среди которых могут быть минералы различной величины и органические вещества в разной степени разложения.

Структурой почвы называют комки – почвенные агрегаты различной формы и величины, на которые она способна распадаться.

Структура почв определяется пространственным расположением твердых почвенных частиц. От размера, формы и расположения почвенных частиц зависят скважность почвы и тип пор, что, в свою очередь, значительно влияет на водный, воздушный и тепловой режимы почвы, деятельность почвенных организмов и тем самым на все протекающие в почве биологические и химические процессы.

Различают первичные частицы, к которым относятся остатки горных пород, минеральные частицы и гумусовые вещества, и вторичные частицы, образующиеся при слипании первичных частиц. Эти вторичные частицы называют **агрегатами**, если они расплываются в воде, и почвенными комочками, если они не распадаются под действием воды. По размеру агрегаты подразделяются на микроагрегаты с диаметром менее 0,2 мм, мезоагрегаты – 0,2–5 мм и макроагрегаты с диаметром более 5 мм.

Имеются две основные формы почвенной структуры; раздельночастичная и комковатая. В пахотных почвах Кубани, представленных чернозёмами при интенсивном использовании уменьшилось содержание гумуса и ухудшилась комковатая структура пахотного слоя, пахотный слой

вследствие более высокого содержания гумуса имеет лучшую комковатую структуру, чем подпахотный горизонт, глубокие слои которого всегда имеют раздельночастичную структуру.

Не все комки одинаково ценны с агрономической точки зрения. Выделяют **агрономически ценные** агрегаты размером 10–0,25 мм. Наиболее ценными считаются только те, которые не расплываются в воде, т. е. водопрочные.

Количество и прочность комков в почве подвергаются постоянному изменению в результате воздействия воды, корней растений, механических ударов (давления машин и орудий обработки) т. е. разрушение комков, происходит под влиянием механических, физико-химических и биологических факторов. Особенно ярко выражен этот процесс при орошении. Пользуясь методами учета структуры почвы, можно проследить за ее изменениям и разработать способы регулирования процессов разрушения и восстановления структуры почвы.

Существуют прямые и косвенные методы учета структурного состояния почвы.

К **косвенным** относятся методы: Фадеева–Вильямса (основан на учете количества воды, прошедшей через исследуемую почву в единицу времени); Н. И. Андрианова (позволяет определить водопрочность аналитическим путем по одному какому-либо размеру комков с учетом времени, прошедшего на распадание в воде комков, взятых для определения их прочности); капельный метод Д. Г. Виленского, в котором показателем водопрочности является количество капель и объем воды, израсходованной на разрушение комка.

К **прямым** методам определения прочности структуры относятся методы А. Ф. Тюлина, Г. И. Павлова, И. М. Бакшеева.

Наиболее точным и легко доступным методом структурно-агрегатного анализа почвы является метод Н. И. Саввинова.

Прямые методы дают возможность определить степень разрушения агрегатов при воздействии на них воды.

При выполнении анализа любым методом необходимо строго соблюдать технику отбора средних образцов в полевых условиях. Обычно их берут почвенным буром на отведенных для этой цели площадках с ненарушенным состоянием почвы. При отборе проб соблюдают единообразие: средний образец почвы по Н. И. Саввинову составляют по каждой интересующей исследователя глубине в отдельности (0–10, 10–20, 20–30 см и т. д.). Масса образца почвы по каждой глубине с каждого варианта исследований должна составлять 2,5 кг. При доведении образца почвы до воздушно-сухого состояния необходимо раздавить рукой крупные комки в момент оптимальной их влажности так, чтобы в высушенном образце не было комков диаметром более 1 см.

Свежие образцы дают более близкие результаты в параллельных определениях. Все образцы должны храниться один и тот же срок после доведения до воздушно-сухого состояния. По мере увеличения срока хранения образцов уменьшается процент водопрочных комков более 1 мм в диаметре и повышается процент содержания ила.

Отбор средних проб из сухих образцов почвы требует большой тщательности и единообразия в их составлении. Чем выше температура воды, в которой просеивается образец почвы, тем сильнее идет диспергация почвы. Поэтому вода должна быть взята из одного и того же источника, иметь одинаковый химический состав и температуру.

Ход определения. Для определения водопрочности почвенных агрегатов при естественной влажности отбирают

навеску массой в 100 г. Ее переносят на набор сит с диаметром ячеек 3; 2; 1; 0,5; 0,25 мм, затем сита погружают в ванну с водой или выварку на 45 мин.

По истечении этого времени замачивания почву просеивают: сита медленно поднимают на 5–6 см, не обнажая комков почвы на верхнем сите и быстро опускают вниз на 3–4 см. Выждав 3–4 с, пока комочки не опустятся на дно сита, опять медленно поднимают и быстро опускают на ту же глубину.

Так повторяют 10 раз, затем, не вынимая всего набора сит из воды, снимают одно верхнее сито, а с остальными ситами повторяют этот же процесс еще 5 раз и вынимают сита с почвой из воды. Оставшиеся на сите агрегаты смывают слабой струей воды сначала в большой сосуд, затем из него сливается вода агрегаты переносятся в сосуд среднего размера, а из последнего почва переносится в сушильный стаканчик.

После отстаивания воды в стаканчике, ее сливают, а почву высушивают в термостате в течение 6 ч при температуре 105 °С. Содержание водопрочных агрегатов рассчитывается на абсолютно сухую навеску. Для установления массы абсолютно сухой почвы необходимо определить влажность почвы, взятую для анализа. Для этого одновременно с отбором образцов на водопрочность отбирают навеску массой 15–20 г для определения влажности и рассчитывают по формуле:

$$W = \frac{a}{b} \times 100,$$

где W – влажность почвы в % от абсолютно сухой массы, %;
 a – масса испарившейся при сушке воды, г; b – масса абсолютно сухой почвы, г.

Массу абсолютно сухой почвы, взятой для анализа, вычисляют после определения влажности по формуле:

$$M = \frac{100g \times 100\%}{100\% + W\%},$$

где M – масса абсолютно сухой почвы, взятой для анализа, г;
 100 – навеска, в которой определялась водопрочность, г;
 W – влажность исследуемой почвы, %.

После вычисления массы абсолютно сухой почвы рассчитывают процентное содержание каждой фракции по следующей пропорции:

$$\frac{\text{масса абсолютно сухой почвы, г} - 100\%}{\text{масса каждой фракции, г}} = x\%$$

Рассчитанное содержание каждой фракции заносят в таблицу 6 и рассчитывают сумму водопрочных агрегатов.

Таблица 6 – Результаты определения водопрочности почвенных агрегатов

№ почвы	Размер агрегатов, мм; содержание, %					Сумма водопрочных агрегатов, %
	более 3	3-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	
1						
2						
3						

Задание:

1. Провести сравнительную оценку структуры почвы и её водопрочности в равнинном и низменно-западинном агроландшафте Центральной и Южно-предгорной зон.

2. Оценить с агротехнической точки зрения полученные результаты.

3. Объяснить влияние изменения в соотношении агрегатов на водный, воздушный и пищевой режимы почвы.

4. На основании полученных результатов необходимо сделать выводы, наметить мероприятия, уменьшающие отрицательное воздействие поливной воды на почву и способствующие повышению плодородия орошаемых земель.

3 ИЗМЕНЕНИЕ ПОРОВОГО ПРОСТРАНСТВА ПРИ РАЗЛИЧНОЙ СТЕПЕНИ УПЛОТНЕНИЯ ПОЧВЫ

Между твердыми частицами почвы постоянно находятся поры, общий объем которых образует **скважность**, или **порозность** почвы. В порах, заполненных водой и воздухом, растут корни растений, активно функционируют микроорганизмы. Так как все жизненные процессы в почве зависят от пор, то вопрос о порозности почвы при всех агротехнических мероприятиях приобретает особый интерес.

Порозность пахотного слоя лучших почв составляет около 50–70 % общего объема почвы. В глинистых почвах она достигает 65–79 %, в песчаных – от 40 до 45 %, а в уплотненных почвах – только от 30 до 35 %.

В литературе можно найти схему идеального строения почвы, при котором объем твердой фазы равен 50 % и объем всех пор также составляет 50 % (в том числе 50 % занято водой и 50 % – воздухом).

Это соотношение применимо только к некоторым почвам (например, черноземам с лёгким механическим составом), но ни в коем случае не является обязательным для других почв, потому что порозность зависит от различных факторов, например от типа почвы, почвенной разности, а также от обработки, удобрений и севооборота, которые определяют культурное состояние почвы.

Большое значение имеет содержание в почве гумуса. Чем больше в почве гумуса, тем выше её порозность. В противоположность этому порозность глеевых почв, крайне мало – 25–30 %.

Различают несколько **типов пор**. **Первичными** порами называют поры, образовавшиеся между несклеенными механическими частицами при плотном их сложении, преобладающие в песчаных почвах.

Вторичные поры возникают тогда, когда механические частицы сложены неплотно или склеены в комочки. Они представляют собой проходы для корней, червей и т. п., находящиеся между комочками почвы, причем этих пор тем больше, чем более окультурена почва.

Общую пористость, показывающую какая часть объема почвы занята порами можно рассчитать по следующей формуле:

$$V_0 = \left(1 - \frac{d_0}{D}\right) \times 100,$$

где V_0 – общая пористость, %; d_0 – плотность почвы, г/см³; D – удельная масса твердой фазы почвы, г/см³ (для пахотного слоя на выщелоченном черноземе она равна 2,62 г/см³).

При оптимальном строении глинистые и суглинистые черноземные почвы в период вегетации имеют общую пористость 53–55 %.

Размер пор весьма различен. В грубых порах (>1000 мкм) которые называют также **макропорами** или **макрокапиллярными**, передвигается гравитационная вода. В средних порах (1000–10 мкм) движение воды не подчиняется силе тяжести, и она доступна для растений. В тонких порах (<10 мкм), которые также называют **микропорами** или **микрокапиллярными**, движение воды не подчиняется действию силы тяжести, но эта вода недоступна для растений.

Соотношение грубых, средних и тонких пор, определяющих строение пахотных почв, очень различно. Так, суглинистые почвы часто имеют «идеальное» соотношение, когда доля каждого вида пор составляет примерно третью часть. Песчаные почвы, наоборот, содержат от 60 до 80 % грубых и только 10–20 % средних и тонких пор. В глинистых почвах доля тонких пор выше, а грубых – значительно меньше.

В пахотных почвах Кубани скважность на разных глубинах почвенного профиля также неодинакова. Чаще всего общая порозность пахотного слоя самая большая, подпахотного – меньше и в нижних уплотненных слоях – самая меньшая. В условиях умеренновлажного климата для большинства почв в подпахотном слое (25–50 см) порозность меньше, чем в пахотном слое. Под этим слоем порозность опять возрастает.

Лучшее строение черноземных почв обычно связано с высоким содержанием в них гумуса. Порозность их значительно выше, и часто она с глубиной увеличивается. Некоторые профили черноземов имеют почти не изменяющуюся скважность до 3 м глубины.

В противоположность этому имеются почвы, например глеевые почвы, в которых порозность последовательно уменьшается с углублением по профилю.

В уплотненных слоях почвы, особенно в плужной подошве, объем грубых пор уменьшается в большей степени, чем общий объем всех пор. Такое соотношение пор отрицательно влияет на развитие корней культурных растений и часто служит причиной застоя воды в пахотном слое со всеми отрицательными последствиями. Устранение таких уплотнений в почве является первоочередной задачей.

Порозность почвы подвержена значительным изменениям. Под влиянием структуроразрушающих факторов она сильно уменьшается в течение вегетационного периода. Правда, иногда происходит саморазрыхление почвы, обусловленное, прежде всего, биологическими процессами. Сильно возрастает порозность обрабатываемого слоя почвы при вспашке, лушении, культивации и глубоком рыхлении. Однако при обработке достигается только кратковременное изменение строения почвы. При вспашке, например, происходит резкое увеличение общего объема пор, прежде всего

за счет грубых пор. Устойчивые изменения могут быть достигнуты лучше всего путем создания прочной структуры, т. е. внесения органических удобрений, извести и возделывания многолетних бобовых трав.

Почвенные поры в различной степени заполняются водой и воздухом.

Почвенная вода. Оптимальное обеспечение культурных растений водой – одна из важнейших предпосылок получения высокого урожая. Почвенная вода необходима для роста растений, для развития почвенной флоры и фауны, а также для перемещения питательных веществ в почве и растении. Способность почвы обеспечивать растения водой в достаточном количестве – один из основных элементов ее плодородия.

В капиллярах влага находится в различном состоянии. По данным зарубежных и отечественных учёных почва содержит воду в жидком и парообразном состоянии. Наиболее глубокое теоретическое обоснование формам воды на наш взгляд дано немецкими учёными Э. Рюбензам и К. Рауэ.

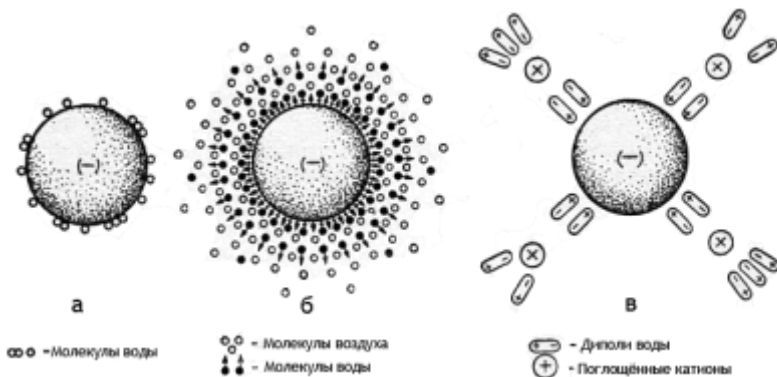


Рисунок 1 – Схема связей молекул воды

Формы связей и их прочность весьма различны. Для жидкой формы выделяют следующие формы связанной воды:

Сорбированная вода. Молекулы воды представляют собой диполи; несмотря на их электростатическую нейтральность, они обладают положительным и отрицательным полюсами и располагаются строго определенно по отношению к другим заряженным телам (рисунок 1).

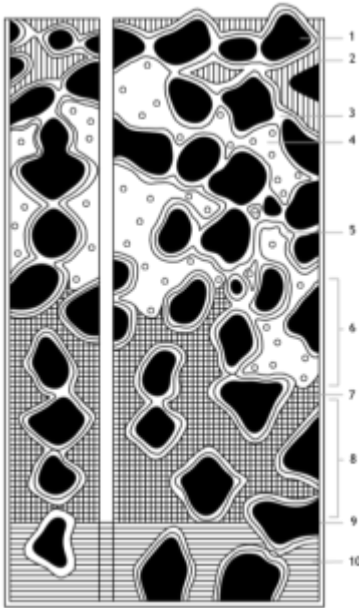


Рисунок 2 – Формы воды в почве:
 1 – частица почвы; 2 – гравитационная вода; 3 – гигроскопическая вода;
 4 – почвенный воздух с парами воды;
 5 – плёночная вода; 6 – зона открытой капиллярной воды; 7 – капиллярная вода; 8 – зона замкнутой капиллярной воды; 9 – уровень грунтовых вод;
 10 – грунтовые воды

Вода, связанная почвенными частицами, характеризуется определенным расположением своих молекул, т. е. дипольная молекула воды ориентирована по отношению к заряженным частицам всегда противоположным полюсом. Некоторая часть жидкой воды связана с почвенными частицами очень прочно. Эта прочно связанная вода в виде тонкой пленки из нескольких слоев молекул удерживается на поверхности частиц с помощью сил адсорбции. При адсорбции воды выделяется теплота смачивания (80 кал/г H_2O). Связанные таким образом молекулы воды теряют свою кинетическую энергию и переходят в неподвижное состояние. При этом плотность адсорбированного слоя воды

повышается до 1,7, а способность растворять соли становится незначительной.

Наибольшее количество адсорбированной почвенными частицами воды называется **максимальной адсорбционной способностью** почвы, которая определяется по величине теплоты смачивания. Величина ее зависит от механического состава почвы. С повышением в почве содержания глинистой фракции максимальная адсорбционная способность также возрастает, что связано с увеличением суммарной адсорбционной поверхности почвенных частиц.

Кроме прочно связанной воды, в почве находится известное количество подвижно **сорбированной** или **плёночной воды**, свойства которой несколько отличаются от свойств свободной воды (рисунок 2). Молекулы воды здесь также ориентированы определенным образом по отношению к поверхности почвенных частиц. Мощностъ образовавшейся пленки может достигать нескольких сотен слоев молекул. Подвижно сорбированная или плёночная вода находится в состоянии медленного перемещения от частицы к частице под действием сил сорбции, вследствие чего происходит увлажнение относительно более сухих частиц почвы.

Обе формы сорбированной воды вместе образуют так называемую сорбированную или пленочную влагу. Большей частью это гигроскопическая вода обменных катионов и ионов, находящихся на границе с коллоидальными, преимущественно глинистыми и гумусовыми, частицами.

Свободная вода (капиллярная вода). Кроме сорбционно связанной воды, в почве находится еще свободная. Под свободной следует понимать, что такая вода не ориентирована относительно поверхности почвенных частиц. Эта вода находится под действием капиллярных сил и её количество определяет величина капиллярных пор.

Капиллярные силы возникают на границе трех фаз: твердой, жидкой и газообразной. Причиной этого являются силы, которые появляются между молекулами жидкости, с одной стороны, и молекулами жидкости и твердого тела – с другой. Соотношение этих сил дает смачивающую способность жидкости, которой обусловлена форма мениска жидкости в трубках. Если трубки большого диаметра, то центральная часть поверхности жидкости остается ровной, тогда как края изгибаются. Если диаметр трубки настолько мал, что он близок к радиусу изгиба, то оба загнутые (в основании) края приближаются один к одному и возникает мениск, который для смачивающей жидкости будет вогнутым, для несмачивающей – выпуклым.

Верхняя граница диаметра трубки, при котором образуется мениск, лежит в пределах нескольких миллиметров. Чем меньше диаметр трубки, тем сильнее выражен мениск. Кривизна поверхности жидкости вследствие смачивания изменяет поверхностное натяжение, которое при вогнутом мениске будет уменьшаться, а при выпуклом – увеличиваться. Уменьшение поверхностного натяжения при вогнутом мениске приводит к подъему уровня жидкости в тонких трубках (капиллярах), если они одним концом опущены в резервуар с водой.

Подъем воды в капиллярах происходит до тех пор, пока гидростатическое давление, созданное столбом воды, не придет в равновесие с разницей поверхностного натяжения водной поверхности в капилляре и во внешнем сосуде. Высота капиллярного подъема при нормальных условиях определяется по формуле:

$$H = \frac{0,15}{r}$$

где H – высота капиллярного подъема; r – радиус капилляра, см.

Капиллярные силы существуют не только в цилиндрических трубках, но и в гетерогенных пористых системах, какой, в частности, является почва. Ее лучше всего сравнить с чёточными капиллярами, состоящими из чередующихся расширений и сужений (рисунок 3).

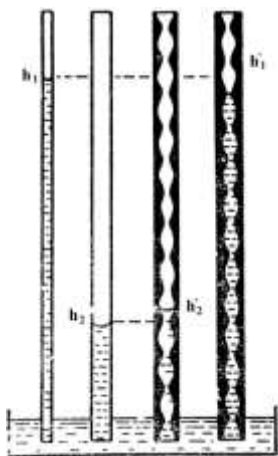


Рисунок 3 – Подъём воды в чёточных капиллярах

Радиус первого цилиндрического капилляра равен радиусу сужения чёточного капилляра, а радиус второго цилиндрического капилляра равен радиусу расширения чёточного капилляра. Если капиллярные трубки поставить в воду, то в цилиндрических трубках подъем воды произойдет в соответствии с величиной их радиуса, при этом в первой значительно выше (h_1). В чёточных капиллярах также наблюдается подъем воды (рисунок 4). Высота подъема ни в коем случае не будет меньше, чем в широком цилиндрическом капилляре,

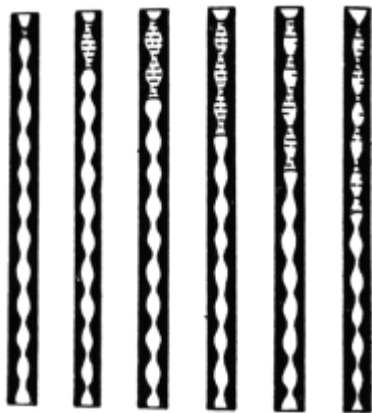


Рисунок 4 – Подвешенная вода в чёточных капиллярах

так как кривизна мениска в самой широкой части чёточного капилляра соответствует кривизне мениска в широком цилиндрическом капилляре, а в других точках подъем будет выше. Над уровнем широкого капилляра вода может подняться не выше следующего расширения в чёточном капилляре (h_2). Если в чёточные капилляры вода будет посту-

пать сверху, то уровень ее остановится в сужении, который следует сразу после точки h_1 . Возникшая разница уровней h_1-h_2 не будет превышать расстояние между двумя сужениями четочного капилляра. В четочном капилляре жидкость может устанавливаться на разном уровне и в зависимости от характера наполнения его. Эта форма воды будет называться **капиллярно-подпертой водой**.

Для понимания сущности, так называемой подвешенной воды, служит следующий опыт с четочными капиллярами (рисунок 5). Если устранить подпирание воды снизу и заполнять капилляры водой медленно сверху, то сначала заполнится самое верхнее сужение. При добавлении воды будут заполняться лежащие ниже расширения и сужения. При этом каждый раз верхний мениск будет устанавливаться в сужении, а нижний – в одном из расширений. Благодаря этому кривизна верхнего мениска всегда будет больше кривизны нижнего. Следовательно, поверхностное натяжение верхнего мениска будет меньше. Вследствие разности поверхностного натяжения столб жидкости в капилляре остается подвешенным. Высота столба подвешенной воды будет ограничена, так как гидростатическое давление, созданное подвешенным столбиком воды, не может быть больше разности поверхностного натяжения нижнего и верхнего менисков. Если добавить воду сверху, то давление станет выше, и жидкость будет стекать вниз по капилляру. Как только уменьшившееся при этом гидростатическое давление у равнове-



Рисунок 5 –
Удержание
плёночно-
подвешенной влаги

ли добавить воду сверху, то давление станет выше, и жидкость будет стекать вниз по капилляру. Как только уменьшившееся при этом гидростатическое давление у равнове-

сится с максимально возможной разницей поверхностного натяжения, столбик воды вновь окажется в подвешенном состоянии, однако в более низкой части капилляра. Такая форма влаги в почве называется **капиллярно-подвешенной**.

Встречаются также случаи, когда подвижность подвешенной воды не зависит от разности поверхностного натяжения верхнего и нижнего менисков. Это происходит тогда, когда диаметр сужений четочных капилляров очень мал и в них помещаются только пленки прочно и подвижно сорбированной воды. В этом случае возникает своеобразная «пробка» и высота подвешенного столбика воды может быть очень большой. Такая форма влаги в почве называется **пленочно-подвешенной или сорбированной**. Она удерживается не капиллярными, а сорбционными силами.

В почве находятся следующие формы свободной воды.



Рисунок 6 – Стыковая вода
в песчаной почве

Подвешенная свободная вода. Вода в тонких и чередующихся капиллярах удерживается в почве независимо от уровня грунтовых вод. Это подвешенная капиллярная вода, которая отличается небольшой подвижностью.

Стыковая, или манжетная форма воды (рисунок 6) находится преимущественно в песчаных почвах в виде изолированных скоплений свободной воды в стыках между отдельными песчинками. В грубых песках и гравии поры так велики, что образую-

щиеся в них мениски не могут удерживать поступающую в почву воду. Капиллярные силы удерживают воду только в стыках между песчаными частицами.

Капиллярно-подвешенная вода (рисунок 7) имеет важное значение в почвах среднего механического состава и может быть основной формой подвешенной воды.

Подвешенно-сорбированная вода встречается в суглинистых и глинистых почвах в виде изолированных скоплений свободной воды в порах, которые отделены друг от друга переходами из сорбированной воды.

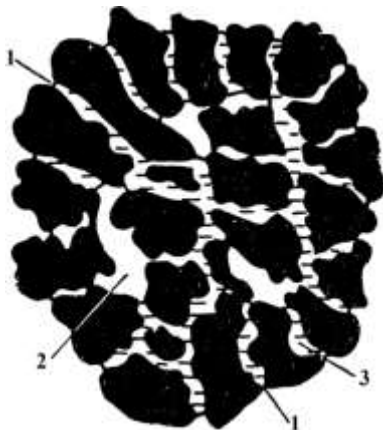


Рисунок 7 – Почвенный агрегат с капиллярно-подвешенной внутриагрегатной водой.

1 – мениски, ограничивающие скопление воды; 2 – поры, заполненные воздухом;

3 – капиллярно-подвешенная влага

Подвешенная капиллярная и сорбированная вода находятся в почве в неподвижном состоянии, но могут перемещаться к месту потребления путем испарения или всасывания корнями растений.

Движение прекращается, если вся передвигающаяся свободная вода будет использована. Это состояние соответствует **влажности разрыва капиллярной связи (ВРК)**. В этом состоянии подвешенная вода утрачивает способность передвижения к месту потребления.

При ВРК в почве содержится максимально возможное количество прочносвязанной влаги и значительное или даже максимально возможное количество рыхлосвязанной влаги, а также стыковая влага в виде изолированных участков капиллярной влаги.

Капиллярно-подвешенная внутри агрегатная вода находится в средних и тяжелых почвах с выраженной комковатой структурой в виде изолированных скоплений влаги внутри коротких тонких капилляров в структурных комочках, где удерживается капиллярными силами. Эта влага подвижна только внутри комочка (агрегата).

Капиллярно-подвешенная вода в слоистых почвах находится в мелкопористых слоях различного механического состава, которые подстилаются крупнопористыми. Она удерживается капиллярными силами и образует скопления воды с примерно горизонтальным направлением.

Свободная гравитационная вода. Просачивающаяся гравитационная вода поступает в почву в виде атмосферных осадков или при искусственном орошении и передвигается в вертикальном направлении. Эта форма воды существует непродолжительное время, после чего переходит в форму подвешенной влаги или в подпертую гравитационную воду.

Подпертая гравитационная вода в слое почвы, называемом **капиллярной каймой**, находится в форме капиллярно-подпертой и смыкается с грунтовой водой.

Грунтовая вода также представляет собой подпертую гравитационную воду водоносных горизонтов. Эта вода удерживается механически водонепроницаемым слоем грунта и может передвигаться, если этот горизонт имеет склон.

Свойство почвы поглощать парообразную влагу называется **гигроскопичностью**. Пары воды находятся в почвенном воздухе. Они активно перемещаются в почве от мест с высоким давлением пара к местам с более низким давлением. Движение паров может быть и пассивным с потоком почвенного воздуха. Парообразная влага может переходить во все другие формы воды. Зимой она перемещается от относительно теплых подпочвенных слоев к верхним,

более холодным, переходя при этом в жидкую форму. В сухие летние месяцы движение паров осуществляется из глубоких слоев в верхние до падения влажности почвы ниже максимальной гигроскопичности, вызывая тем самым значительную потерю воды.

Максимальной гигроскопичностью (МГ) обозначают наибольшее количество парообразной воды, которое может быть поглощено воздушносухой почвой из воздуха, почти насыщенного парами воды (относительная влажность воздуха 94 %).

Эта влага на 60–80 % является прочносвязанной, остаток представляет собой рыхлосвязанную воду.

Задание.

1. Рассмотреть под микроскопом шлифы почвы различных агроландшафтов и сделать описание порового пространства.

2. На основании данных таблиц 8–11 согласно варианта задания рассчитать степень аэрации почвы различных агроландшафтов. Полученные результаты занести в таблицу 7.

3. Описать влияние аэрации на основные факторы жизни культур в травяно-зернопропашном севообороте.

4. На основании данных таблиц 8–11 рассчитать количество пор, занятых водой при различной степени уплотнения. Полученные результаты занести в таблицу 7.

5. Дать прогноз доступности воды для растений и водообеспеченности культур.

6. Разработать комплекс агроприёмов по повышению степени аэрации почвы и доступности воды для культур.

Таблица 7 – Форма записи для расчёт степени аэрации и количества пор, занятых влагой в различных агроландшафтах

Слой почвы, см	Плотность почвы, г/см ³	Влажность почвы, %	Степень аэрации, %	Количество пор, занятых влагой, %
0–10				
10–20				
20–30				
0–30				
30–50				
50–70				
30–70				

Варианты заданий для расчёта степени аэрации почвы и количества пор, занятых влагой

В а р и а н т 1

Агроландшафт – *равнинный*
Культура – *сахарная свёкла, озимая пшеница*
Система обработки почвы – *отвальная*
Система удобрения – *без удобрений*

В а р и а н т 2

Агроландшафт – *равнинный*
Культура – *сахарная свёкла, озимая пшеница*
Система обработки почвы – *отвальная*
Система удобрения – *рекомендуемая норма*

В а р и а н т 3

Агроландшафт – *равнинный*
Культура – *сахарная свёкла, озимая пшеница*
Система обработки почвы – *отвальная*
Система удобрения – *повышенная норма*

В а р и а н т 4

Агроландшафт – *равнинный*
Культура – *сахарная свёкла, озимая пшеница*
Система обработки почвы – *поверхностная*
Система удобрения – *без удобрений*

В а р и а н т 5

Агроландшафт – *равнинный*
Культура – *сахарная свёкла, озимая пшеница*
Система обработки почвы – *поверхностная*
Система удобрения – *рекомендуемая норма*

В а р и а н т 6

Агроландшафт – *равнинный*
Культура – *сахарная свёкла, озимая пшеница*
Система обработки почвы – *поверхностная*
Система удобрения – *повышенная норма*

В а р и а н т 7

Агроландшафт – *равнинный*
Культура – *сахарная свёкла, озимая пшеница*
Система обработки почвы – *нулевая*
Система удобрения – *без удобрений*

В а р и а н т 8

Агроландшафт – *равнинный*
Культура – *сахарная свёкла, озимая пшеница*
Система обработки почвы – *нулевая*
Система удобрения – *рекомендуемая норма*

В а р и а н т 9

Агроландшафт – *равнинный*
Культура – *сахарная свёкла, озимая пшеница*
Система обработки почвы – *нулевая*
Система удобрения – *повышенная норма*

В а р и а н т 10

Агроландшафт – *низменно-западинный*
Культура – *сахарная свёкла, озимая пшеница*
Система обработки почвы – *отвальная*
Система удобрения – *минеральная*

В а р и а н т 11

Агроландшафт – *низменно-западинный*
Культура – *сахарная свёкла, озимая пшеница*
Система обработки почвы – *отвальная*
Система удобрения – *органо-минеральная*

В а р и а н т 12

Агроландшафт – *низменно-западинный*
Культура – *сахарная свёкла, озимая пшеница*
Система обработки почвы – *отвальная*
Система удобрения – *органическая*

В а р и а н т 13

Агроландшафт – *низменно-западинный*
Культура – *сахарная свёкла, озимая пшеница*
Система обработки почвы – *безотвальная*
Система удобрения – *минеральная*

В а р и а н т 14

Агроландшафт – *низменно-западинный*
Культура – *сахарная свёкла, озимая пшеница*
Система обработки почвы – *безотвальная*
Система удобрения – *органо-минеральная*

В а р и а н т 15

Агроландшафт – *низменно-западинный*
Культура – *сахарная свёкла, озимая пшеница*
Система обработки почвы – *безотвальная*
Система удобрения – *органическая*

В а р и а н т 16

Агроландшафт – *низменно-западинный*
Культура – *сахарная свёкла, озимая пшеница*
Система обработки почвы – *поверхностная*
Система удобрения – *минеральная*

В а р и а н т 17

Агроландшафт – *низменно-западинный*
Культура – *сахарная свёкла, озимая пшеница*
Система обработки почвы – *поверхностная*
Система удобрения – *органо-минеральная*

В а р и а н т 18

Агроландшафт – *низменно-западинный*
Культура – *сахарная свёкла, озимая пшеница*
Система обработки почвы – *поверхностная*
Система удобрения – *органическая*

Таблица 8 – Плотность и влажность почвы под озимой пшеницей в условиях равнинного агроландшафта в зависимости от технологии возделывания в конце вегетации (по данным кафедры общего и орошаемого земледелия КубГАУ).

Система основной обработки почвы	Глубина, см	Система удобрения					
		без удобрений		рекомендуемая норма		повышенная норма	
		d ₀ , г/см ³	В ₀ ,%	d ₀ , г/см ³	В ₀ ,%	d ₀ , г/см ³	В ₀ ,%
Отвальная	0-10	1,27	25,0	1,26	25,6	1,25	25,5
	10-20	1,33	25,2	1,32	25,7	1,32	25,7
	20-30	1,35	25,6	1,36	25,9	1,35	25,4
	30-50	1,36	24,7	1,36	25,3	1,35	25,1
	50-70	1,37	24,3	1,37	25,0	1,36	24,8
Поверхностная	0-10	1,26	24,8	1,25	24,5	1,24	25,2
	10-20	1,34	25,1	1,35	24,6	1,33	25,5
	20-30	1,38	25,3	1,36	25,0	1,37	25,3
	30-50	1,37	25,1	1,37	25,6	1,36	25,2
	50-70	1,38	24,2	1,37	25,0	1,36	24,8
Нулевая	0-10	1,32	24,4	1,31	23,9	1,30	24,7
	10-20	1,41	24,8	1,40	24,4	1,39	25,1
	20-30	1,42	25,3	1,42	24,7	1,43	25,2
	30-50	1,41	25,0	1,42	25,2	1,42	25,7
	50-70	1,41	24,5	1,41	24,1	1,42	24,5

Таблица 9 – Плотность и влажность почвы под сахарной свёклой в условиях равнинного агроландшафта в зависимости от технологии возделывания в середине вегетации (по данным кафедры общего и орошаемого земледелия КубГАУ).

Система основной обработки почвы	Глубина, см	Система удобрения					
		без удобрений		рекомендуемая норма		повышенная норма	
		d ₀ , г/см ³	В ₀ ,%	d ₀ , г/см ³	В ₀ ,%	d ₀ , г/см ³	В ₀ ,%
Отвальная	0-10	1,38	23,4	1,26	24,1	1,25	23,7
	10-20	1,41	23,9	1,32	24,2	1,32	24,1
	20-30	1,39	24,1	1,36	24,1	1,35	24,3
	30-50	1,38	23,8	1,36	23,7	1,35	23,9
	50-70	1,37	23,5	1,37	23,9	1,36	23,4
Поверхностная	0-10	1,39	23,3	1,25	23,6	1,24	24,1
	10-20	1,43	23,6	1,35	23,9	1,33	24,2
	20-30	1,42	23,9	1,36	24,1	1,37	23,9
	30-50	1,41	23,4	1,37	23,6	1,36	23,7
	50-70	1,39	23,1	1,37	23,5	1,36	23,6
Нулевая	0-10	1,40	23,1	1,31	23,2	1,30	24,3
	10-20	1,43	24,4	1,40	23,4	1,39	23,7
	20-30	1,44	23,9	1,42	23,9	1,43	23,8
	30-50	1,41	23,7	1,42	24,2	1,42	23,9
	50-70	1,40	23,4	1,41	23,5	1,42	23,6

Таблица 10 – Плотность и влажность почвы под озимой пшеницей в условиях низменно-западного агроландшафта в зависимости от технологии возделывания в конце вегетации (по данным кафедры общего и орошаемого земледелия КубГАУ).

Система основной обработки почвы	Глубина, см	Система удобрения					
		без удобрений		минеральная		органическая	
		d ₀ , г/см ³	В ₀ , %	d ₀ , г/см ³	В ₀ , %	d ₀ , г/см ³	В ₀ , %
Отвальная	0-10	1,29	23,4	1,27	22,9	1,26	24,2
	10-20	1,38	23,8	1,37	23,4	1,32	24,6
	20-30	1,48	24,3	1,43	23,7	1,42	24,7
	30-50	1,42	24,0	1,43	24,2	1,42	24,2
	50-70	1,42	23,5	1,42	23,1	1,41	24,0
Безотвальная	0-10	1,27	23,8	1,29	23,5	1,25	24,7
	10-20	1,35	24,1	1,39	23,6	1,30	25,0
	20-30	1,39	24,3	1,39	24,0	1,35	24,8
	30-50	1,39	24,1	1,34	24,6	1,40	24,7
	50-70	1,39	23,2	1,43	24,0	1,40	24,3
Поверхностная	0-10	1,30	24,0	1,32	24,6	1,27	25,0
	10-20	1,44	24,2	1,46	24,7	1,44	25,2
	20-30	1,49	24,6	1,46	24,9	1,45	24,9
	30-50	1,41	23,7	1,42	24,3	1,43	24,6
	50-70	1,43	23,3	1,43	24,0	1,44	24,3

Таблица 11 – Плотность и влажность почвы под сахарной свёклой в условиях низменно-западного агроландшафта в зависимости от технологии возделывания в середине вегетации (по данным кафедры общего и орошаемого земледелия КубГАУ).

Система основной обработки почвы	Глубина, см	Система удобрения					
		без удобрений		минеральная		органическая	
		d ₀ , г/см ³	В ₀ , %	d ₀ , г/см ³	В ₀ , %	d ₀ , г/см ³	В ₀ , %
Отвальная	0-10	1,41	22,6	1,39	22,7	1,37	23,2
	10-20	1,45	23,9	1,43	22,9	1,36	23,6
	20-30	1,44	23,4	1,43	23,4	1,37	23,8
	30-50	1,42	23,2	1,41	23,7	1,39	23,4
	50-70	1,40	22,9	1,40	23,0	1,39	22,9
Безотвальная	0-10	1,40	22,8	1,38	23,1	1,37	23,6
	10-20	1,43	23,1	1,37	23,4	1,37	23,7
	20-30	1,40	23,4	1,39	23,6	1,37	23,4
	30-50	1,40	22,9	1,39	23,1	1,37	23,2
	50-70	1,38	22,6	1,38	23,0	1,37	23,1
Поверхностная	0-10	1,49	22,9	1,41	23,6	1,40	23,8
	10-20	1,47	23,4	1,45	23,7	1,48	23,2
	20-30	1,48	23,6	1,44	23,7	1,46	23,4
	30-50	1,45	23,3	1,44	23,2	1,43	23,4
	50-70	1,47	23,0	1,43	23,0	1,43	23,0

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1 РАСЧЁТ БАЛАНСА ГУМУСА В СЕВООБОРОТЕ.....	5
2 ИЗМЕНЕНИЕ СТРУКТУРНОГО СОСТАВА И ВОДОПРОЧНОСТИ ПОЧВЫ С РАЗЛИЧНОЙ СТЕПЕНЬЮ АЭРАЦИИ.....	18
3 ИЗМЕНЕНИЕ ПОРОВОГО ПРОСТРАНСТВА ПРИ РАЗЛИЧНОЙ СТЕПЕНИ УПЛОТНЕНИЯ ПОЧВЫ.....	24

СОСТОЯНИЕ ПОЧВЕННОГО ПЛОДОРОДИЯ

Методические указания

Составители: **Василько** Валентина Павловна,
Сисо Александр Владимирович,
Макаренко Сергей Алексеевич

Подписано в печать _____. Формат 60 × 84¹/₁₆.
Усл. печ. л. – 2,7. Уч.-изд. л. – 2,1.
Тираж 50 экз. Заказ №

Типография Кубанского государственного
аграрного университета.
350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13