

Лекция 9.

Структура почвы.

1. Понятие «структура почвы».

Способность почвы образовывать из механических элементов агрегаты носит название **структурообразующей способностью почвы**, а совокупность получающихся при этом процессе агрегатов различной величины, формы, прочности, водопрочности и пористости, характерных для данной почвы и отдельных ее горизонтов составляет **структуру почвы** (Н.А. Качинский, 1963).

**Рис. 1. Никодим Антонович Качинский
(1894-1976)**

советский учёный-почвовед, доктор геолого-минералогических наук (1935), профессор (1930).

Создатель первой в СССР кафедры физики и мелиорации почв, заслуженный деятель науки и техники РСФСР.



1. Понятие «структура почвы».

Согласно ГОСТ 27593–881 под **структурой почвы** понимается физическое строение ее твердой части и порового пространства, обусловленное размером, формой, количественным соотношением, характером взаимосвязи и расположением как механических элементов, так и состоящих из них агрегатов.



Рис. 2. Структура почвы

Источник: <http://beaplanet.ru>

1. Понятие «структура почвы».

Все агрегаты состоят из элементарных почвенных частиц (песок, пыль, ил), органического вещества. Агрегаты, образованные только из первичных механических элементов, относят к первому порядку, если агрегаты образовались из агрегатов первого порядка, то их называют агрегатами второго порядка и т.д. (рис. 3).

В настоящее время приняты **следующие группы почвенной структуры** (Вершинин П.В. и др., 1959).

Механизм образования этих групп структур различен.

Граница между микро- и макроагрегатами, по предложению К.К. Гедройца, находится на уровне 0.25 мм

Рис. 3. Группы структуры почвы

Источник: П.В. Вершинин. Почвенная структура и условия ее формирования, 1958 г.

Группа структуры	Размер агрегатов, мм
Микроструктура	< 0,25
Макроструктура	0,25-10
Мегаструктура (глыбистая структура)	>10

1. Понятие «структура почвы».

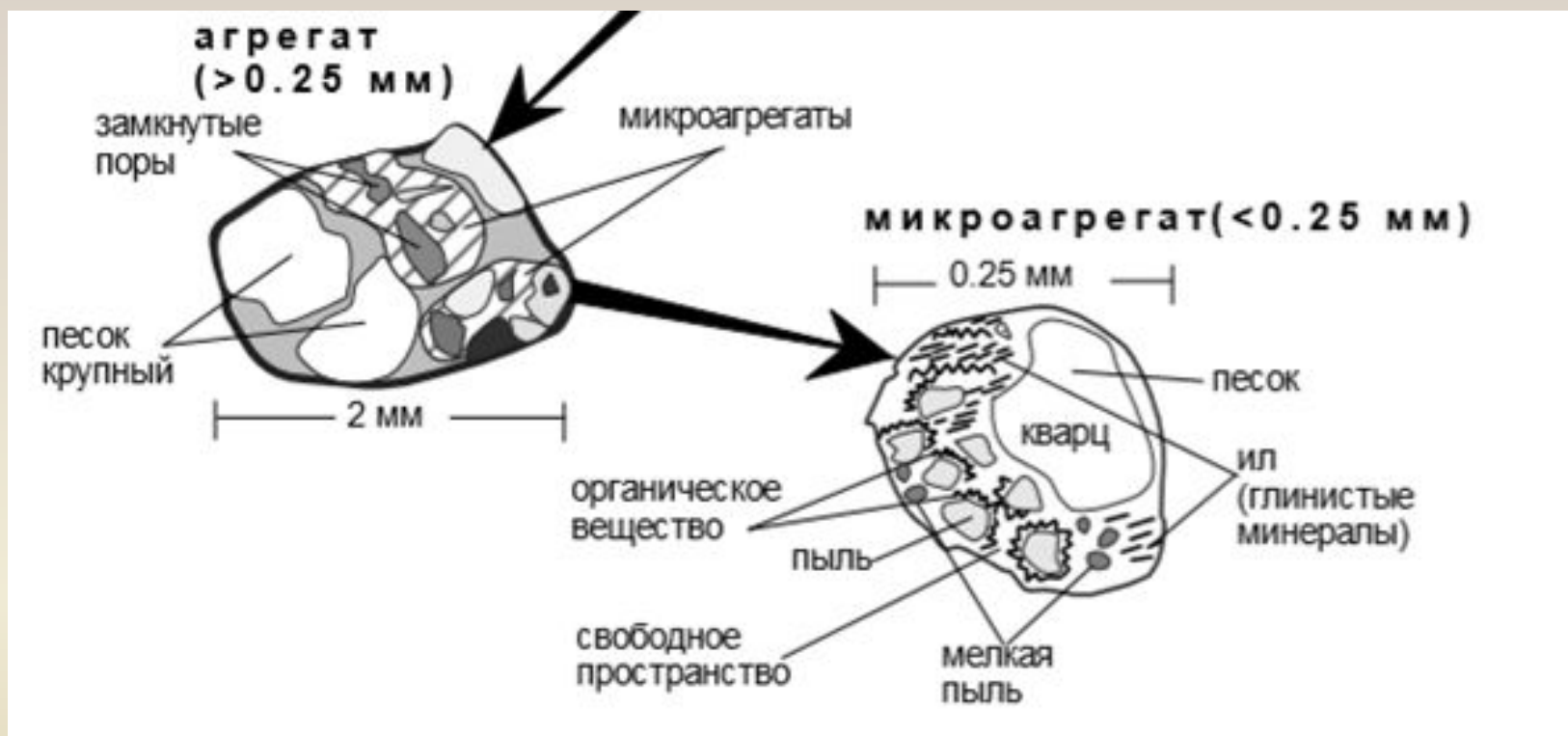


Рис. 4. Почвенный агрегат

Источник: Шеин Е.В. Агрофизика почв. 2006 г

1. Понятие «структура почвы».

Традиционно распределение микроагрегатов по размерам (микроагрегатный состав почв) рассматривается совместно с гранулометрическим составом почв. Гранулометрический и микроагрегатный анализы отличаются во фракциях ила и песка.

Кривая микроагрегатного анализа в области мелких частиц лежит выше кривой гранулометрического состава, т.к. ил участвует в образовании микроагрегатов. Разница в содержании ила между гранулометрическим и микроагрегатным составами будет говорить о структурообразующей роли почвенного ила.

Напротив, - содержание песчаных фракций в микроагрегатном составе увеличится: к элементарным почвенным частицам песчаного размера прибавятся еще и микроагрегатики с диаметрами, равными песчаным компонентам

1. Понятие «структура почвы».

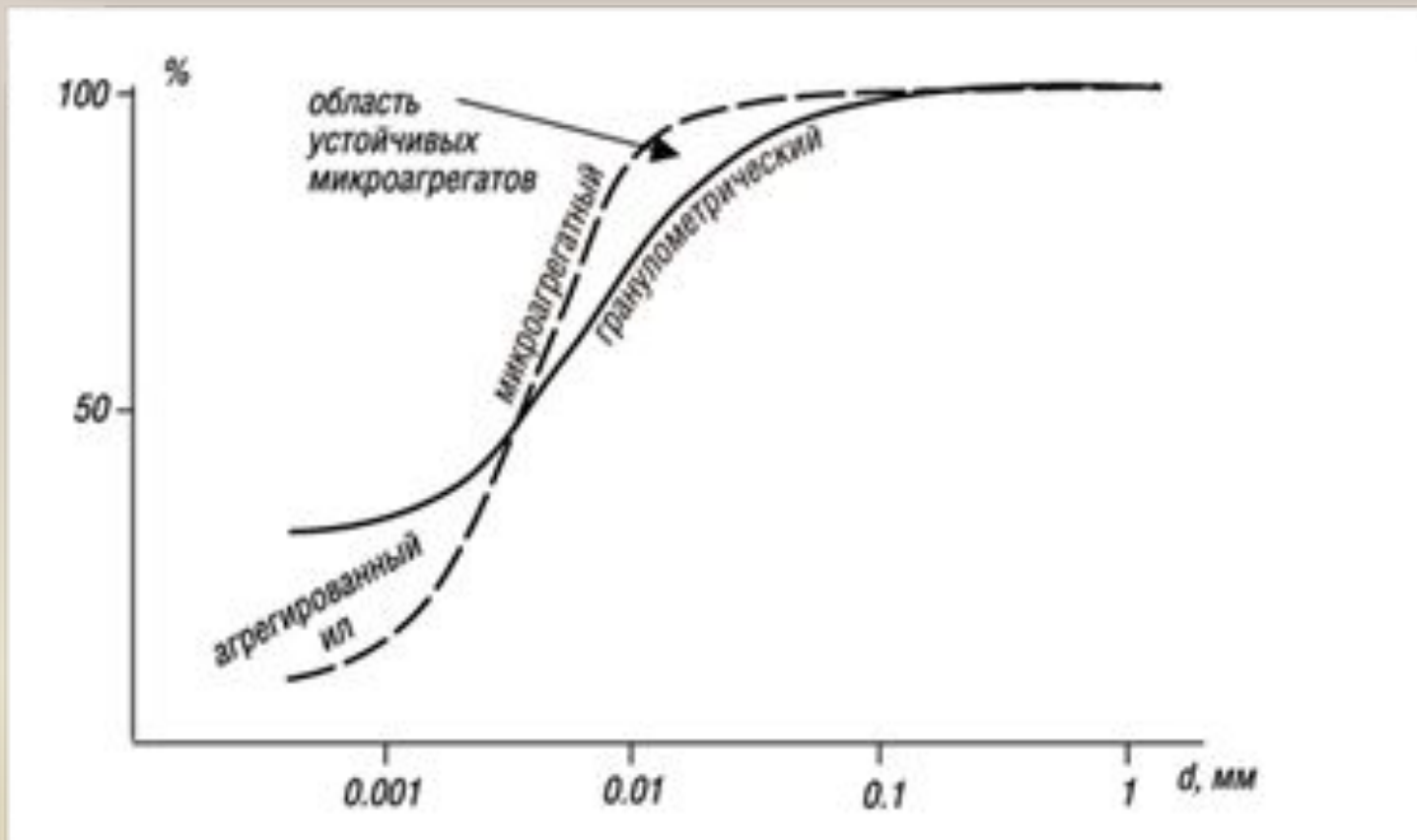


Рис. 5. Пример кумулятивных кривых микроагрегатного и гранулометрического составов

Источник:

1. Понятие «структура почвы».

Таким образом, **почва представлена рассыпчатой**, агрегированной отдельностью, а не единой монолитной массой.

Чем лучше выражена эта структура, чем устойчивее к воздействию воды и механических нагрузок почвенные агрегаты, тем лучше функционирует почва, тем выше и устойчивее ее продуктивность. Это вполне понятно: ведь хорошая структура определяет и хорошее проникновение влаги за счет пониженной плотности повышается ее порозность, и почва способна вместить и удержать большее количество воды, питательных веществ, в ней лучше движутся газы, активнее газообмен.

Особенно важна устойчивость, стабильность почвенных микро- и макроагрегатов, способность их противостоять внешним воздействиям. Именно от этой способности агрегатов зависит и противоэрозионная устойчивость почв, и способность выдерживать внешние механические нагрузки, и многие другие почвенные функции.

2. Образование структуры почвы.

Процессы структурообразования осуществляются под влиянием:

- физико-механических,
- физико-химических:
- Химических;
- биологических факторов.

2. Образование структуры почвы.

2.1. Физико-механические факторы

С физико-механическими факторами связано разделение почвенной массы на структурные отдельности в результате изменения объема, давления и механического воздействия.

Формирование агрегатов происходит вследствие чередующихся процессов увлажнения и иссушения, замерзания и оттаивания почвы, деятельности роющих животных, под воздействием давления, оказываемого растущими корнями растений, а также почвообрабатывающих орудий.

2. Образование структуры почвы.

2.1. Физико-механические факторы

Наиболее **существенное структурообразование** наблюдается при некоторой средней степени увлажнения почвы, *когда вода заполняет только **капиллярные поры***. Например, в черноземах интервал влажности, оптимальный для структурообразования, в среднем составляет 30...40 % от массы сухой почвы, в подзолистых почвах - 15...20%.

Промерзание и оттаивание приводит к образованию структурных отдельностей в почве. При замерзании объем воды увеличивается. Это приводит к образованию вертикальных и горизонтальных трещин в почве. При этом вода замерзает неравномерно. **В крупных порах лед начинает образовываться при температуре 0...-2°C, в мелких порах - при температуре -4...-5°C.** В результате образуются трещины разных размеров и по различным направлениям, что приводит в процессе оттаивания почвы.

2. Образование структуры почвы.

2.2. Физико-химические факторы

Образование структурных отдельностей под влиянием этих факторов связано **с коагуляцией и цементирующим действием почвенных коллоидов.**

Агрегаты формируются или при взаимном осаждении коллоидов, или вследствие коагуляции их электролитами.



Рис. 6. Процесс коагуляции

Источник: <http://ekostream-com-ua.1gb.ua/index.php/widgetkit>

2. Образование структуры почвы.

2.2. Физико-химические факторы

Почвенными коллоидами называются частицы, величина диаметра которых **меньше 0,001 мм**. По составу почвенные коллоиды делятся на:

- **минеральные** (образуются из минералов);
- **органические** (гуминовые, сахараиды, целлюлоза);
- **органоминеральные** (взаимодействие минералов и гумусовых веществ).

. Большинство почвенных коллоидов, как минеральных, так и органических, имеет отрицательный заряд.

2. Образование структуры почвы.

2.2. Физико-химические факторы

Коллоиды могут находиться в почве в состоянии **геля** (коллоидные осадки - студенистые, хлопьевидные или аморфные) и в состоянии **золя** (коллоидным раствором).

Коагуляция - переход коллоида из золя в гель.

Пептизация – переход из состояния геля в золь. Обратная коагуляция, когда коллоидная система переходит из золя в гель и потом обратно. Системы не устойчивые.

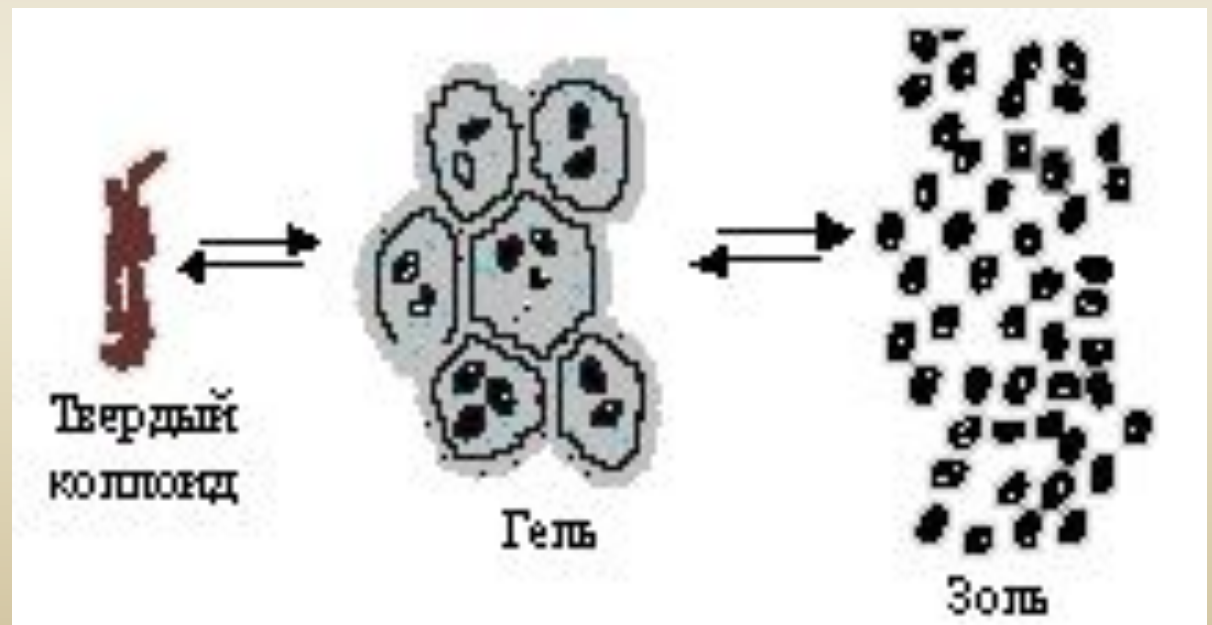


Рис. 7. Коагуляция коллоидных растворов

Источник:

<http://migha.ru/uchebnoe-posobie-dlya-moduleno-rejtingovoj-tehnologii-obuc-st-ranica-9.html>

2. Образование структуры почвы.

2.2. Физико-химические факторы

В состоянии золя коллоиды находятся до тех пор, пока они имеют заряд. Но как только этот заряд тем или иным путем будет уничтожен или же будет понижен настолько, что сила притяжения станет больше силы отталкивания, отдельные коллоидальные частички начнут слипаться в крупные агрегаты и выпадут в осадок. Этот процесс носит название ***свертывания коллоидов, или коагуляции***. Обратный же процесс, т. е. переход геля во взвешенное состояние, или в золь, называется ***пептизацией***.

2. Образование структуры почвы.

2.2. Физико-химические факторы

Факторы, способствующие коагуляции:

- валентность и атомный вес ионов электролитов;
- отношение коллоидов к воде;
- окислительно-восстановительные условия раствора;
- криогенные условия в почве (промерзание, оттаивание);
- время (старение коллоидов).

2. Образование структуры почвы.

2.2. Физико-химические факторы

Валентность и атомный вес ионов.

Процесс коагуляции коллоидов происходит главным образом при ***взаимодействии коллоидов с электролитами***, т. е. с растворами ***солей, кислот и щелочей***. При этом коллоиды с отрицательным зарядом частичек коагулируются катионами, коллоиды же с положительным зарядом — анионами. А так как в почве преобладают отрицательно заряженные коллоиды, то коагуляция их может происходить преимущественно под воздействием положительно заряженных катионов почвенного раствора.

2. Образование структуры почвы.

2.2. Физико-химические факторы

Валентность и атомный вес ионов.

Различные катионы в зависимости от их валентности и атомного веса обладают разной величиной заряда, а поэтому и коагулирующая способность их неодинакова.

Одновалентные катионы коагулируют слабее двухвалентных; двухвалентные — слабее, чем трехвалентные. По степени возрастания коагулирующей способности наиболее часто встречающиеся в почвенном растворе катионы располагаются в следующем порядке:



Исключение составляет лишь ион H^+ , коагулирующая способность которого выше двухвалентных ионов.

2. Образование структуры почвы.

2.2. Физико-химические факторы

Валентность и атомный вес ионов.

Коагуляция коллоидов может быть ***обратимой и необратимой***, т. е. в одном случае золь, перешедший в гель, снова может перейти в раствор; в другом — этот переход геля в золь будет затруднен или совсем невозможен. При этом ***обратимой*** является коагуляция, вызванная воздействием ***одновалентных катионов*** (Na^+ , K^+ , H^+), ***необратимой*** — ***двухвалентных*** (Ca^{++} , Mg^{++}), а также и ***трехвалентных катионов***, как, например, Al^{+++} и Fe^{+++} . Поэтому если осаждение или свертывание коллоидов вызвано одновалентными катионами, то такая коагуляция будет непрочной.

Наоборот, коагуляция, произведенная двухвалентными, а тем более трехвалентными катионами, отличается большой прочностью и устойчивостью против растворяющего действия воды.

2. Образование структуры почвы.

2.2. Физико-химические факторы

Отношение коллоидов к воде

По отношению к воде коллоиды делятся на **гидрофильные и гидрофобные**.

Гидрофильные коллоиды, к которым относятся органические коллоиды (гумусовые кислоты, белки), способные гидратироваться, удерживать многослойные плёнки воды. Гидрофильные коллоиды адсорбируют на своей поверхности молекулы воды, отличаются способностью сильно набухать в воде и оставаться устойчивыми в состоянии коллоидального раствора. **Для гидрофильных коллоидов процесс коагуляции может быть обратим, т.е. возможен переход коллоидов из состояния геля (осадка) в состояние раствора (золь).**

2. Образование структуры почвы.

2.2. Физико-химические факторы

Отношение коллоидов к воде

Гидрофобные коллоиды (гидроокись железа, минералы группы каолинита) гидратируются слабо. Гидрофобные коллоиды не адсорбируют молекулы воды: они характеризуются незначительным набуханием, способностью свертываться и переходить в осадок.

Процесс коагуляции для гидрофобных коллоидов необратим.

Почвенные коллоиды могут быть отнесены и к той и к другой группе или же занимать промежуточное положение в зависимости от их природы.

2. Образование структуры почвы.

2.2. Физико-химические факторы

Криогенные условия в почве

Свертывание почвенных коллоидов, помимо действия электролитов, может происходить при взаимной коагуляции противоположно заряженных коллоидов, **при высыхании и замерзании почв**,

Коагуляция почвенных коллоидов может быть также вызвана **медленным подсушиванием их, обезвоживанием**, а также быстрым воздействием отрицательных и положительных температур, что сопровождается обезвоживанием почвенных коллоидов.

Летнее прогревание или зимнее промораживание почв сопровождается образованием агрегированного структурного горизонта в результате совокупного действия на коллоиды высушивания, прогревания и промерзания.

Гумусовые коллоиды очень стабильны (более, чем минеральные), труднее коагулируют под влиянием одновалентных ионов, но чувствительны к кальцию и тяжелым металлам и очень реагируют на изменение температуры, высушивание и промерзание. Если коагуляция гумусовых коллоидов происходит под влиянием кальция, то гумус превращается в устойчивый цемент, агрегирующий почвенную массу.

2. Образование структуры почвы.

2.2. Физико-химические факторы

Старение коллоидов

а также под влиянием времени в результате так называемого процесса старения коллоидов.

Таким образом, коллоиды составляют наиболее активную и существенную часть почвы, в которой главным образом и сосредоточена способность почвы к всевозможным реакциям.

2. Образование структуры почвы.

2.2. Физико-химические факторы

Агрегирование коллоидных частиц осуществляется за счет сил Ван-дер-Ваальса, катионовых мостиков, остаточных валентностей, водородной связи.

Скоагулированные коллоиды не только формируют микроагрегаты, но и способствуют скреплению более крупных частиц — пылеватых и песчаных, а также уже сформированных микроагрегатов.

2. Образование структуры почвы.

2.2. Физико-химические факторы

Таким образом,

Важнейшее условие образования агрономически ценной водопрочной структуры — **необратимая коагуляция коллоидов**. Она происходит под влиянием двух- и трёхвалентных катионов.

Прочно скрепляют механические элементы в агрегаты органические коллоиды, особенно **гуматы кальция**. Хорошими структурообразователями считаются гели железоорганических комплексов. Агрегаты, образующиеся при участии только минеральных коллоидов, водопрочностью не обладают.

Наиболее водопрочная структура образуется при взаимодействии **гуматов кальция с минералами группы монтмориillonита и гидрослюдами**, менее водопрочная - с каолинитом, кварцем, аморфной кремниевой кислотой.

2. Образование структуры почвы.

2.3. Химические факторы

Роль химических факторов в оструктуривании почв заключается в образовании труднорастворимых соединений, цементирующих почвенные агрегаты. Эти соединения могут склеивать микроагрегаты и механические элементы, находящиеся в раздельно-частичном состоянии, к ним относят аморфные гидроксиды железа и алюминия, карбонат кальция, силикат магния и др.

В почвах с временным избыточным увлажнением отчетливо проявляется оструктуривающее действие соединений железа. При переувлажнении в почве развиваются восстановительные процессы, сопровождающиеся образованием водорастворимых закисных форм железа, пропитывающих почвенные агрегаты. В случае подсыхания почвы и смены восстановительных процессов на окислительные двухвалентное железо переходит в нерастворимые соединения трехвалентного железа, которые цементируют почвенные агрегаты. Такая структура характеризуется высокой механической прочностью и водопрочностью, однако отличается пониженной пористостью (<40%), поскольку часть объема пор постепенно заполняется $\text{Fe}(\text{OH})_3$.

2. Образование структуры почвы.

2.2. Химические факторы

В почвах аридных зон аналогичную роль играет CaCO_3 , образующийся при иссушении почвы из подвижного гидрокарбоната кальция:



2. Образование структуры почвы.

2.2. Химические факторы

Качество воды во многом определяется ее катионно-анионным составом почвенного раствора. Наибольшее влияние на ухудшение структуры почвы имеет содержание в оросительной воде катиона натрия и его соотношение с другими катионами.

Критериями, по которым определяется угроза утраты почвой структуры, являются такие показатели воды, как **SAR** (Sodium Adsorption Ratio – натриево-адсорбционное отношение) и **ЕС** (Electrical Conductivity – **удельная электропроводность**). ЕС оросительной воды определяют с использованием кондуктометров, единицами измерения является дСм/м. SAR определяется по формуле:

Где: Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} – содержание натрия, кальция и магния в оросительной воде, мг-экв./дм³.

$$SAR = \frac{\text{Na}^+}{\sqrt{\frac{\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}}{2}}}$$

2. Образование структуры почвы.

2.2. Химические факторы

На рисунке 3 представлен график, с помощью которого можно прогнозировать устойчивость почвенной структуры. Так, если значения соответствуют **I зоне, то вероятность проблем, связанных с утратой почвой структуры, очень высока**, если же значения соответствуют **III зоне, то проблем со стабильностью почвенной структуры быть не должно**, II зона является переходной, и возникновение проблем, связанных со стабильностью почвы, зависит от свойств почвы.

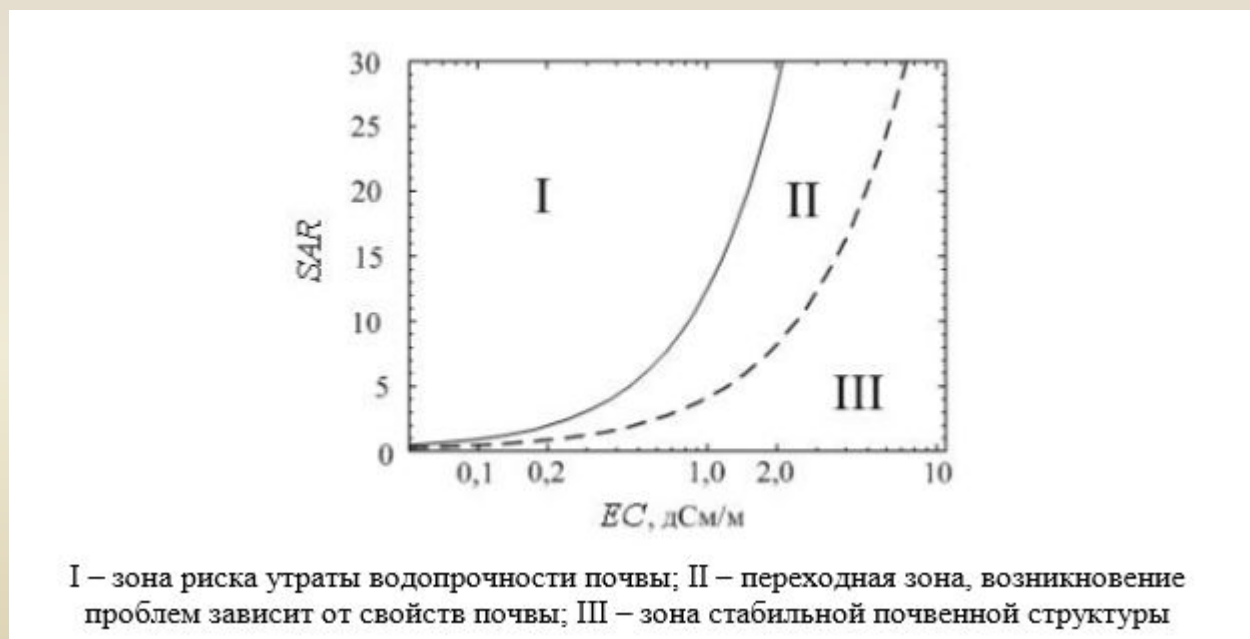


Рис. 8. Отношение между показателями SAR и EC в оросительной воде для прогноза устойчивости структуры почвы

Источник: Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации, № 1(21), 2016 г., [134–154]

2. Образование структуры почвы.

2.2. Биологические факторы

Растения и животные населяющие почву, играют главную роль в структурообразовании, оказывая комплексное влияние на этот процесс деятельность почвенных животных можно рассматривать как своеобразную механическую обработку почвы. Почва, подвергшаяся обработке животными, как правило, отличается тончайшей структурой, большой гомогенностью и однородностью. В некоторых случаях деятельность животных оказывается более результативной, чем применение сельскохозяйственных орудий, так как ими обрабатывают чаще всего только пахотный слой, а животные нередко проникают и за его пределы, иногда на глубину более 1 м.

2. Образование структуры почвы.

2.2. Биологические факторы



Рис. 9. Обитатели почвы

Источник: ecology-of.ru

2. Образование структуры почвы.

2.2. Биологические факторы

Большую роль в структурообразовании играют **дождевые черви**. Почва, прошедшая через кишечный тракт дождевых червей, уплотняется, склеивается слизью, обогащается углекислым кальцием. Почву, переработанную таким образом, черви выбрасывают в виде мелких комочков — **копролитов** характеризующихся высокой водопрочностью. Структура, созданная дождевыми червями, легко отличается по форме. Она, как правило, округлая, поверхность имеет своеобразный «оплавленный» характер.



Рис. 10. Дождевые черви

Источник: cryptozoo.ru

2. Образование структуры почвы.

2.2. Биологические факторы

При наличии 12...15 червей на 1 м² почвы они за год перерабатывают до 20 т/га земли. Гигантские и пестрые **дождевые черви**, обитающие в серых лесных почвах и черноземах Северо-Западного Китая, за теплый период года пропускают через кишечный тракт и оструктурируют от 170 до 225 т/га почвенной массы. При такой активной деятельности дождевых червей копролиты играют заметную роль в агрегатном составе почвы. Так, в целинных обыкновенных черноземах Каменной Степи на долю агрегатов, представленных копролитами приходится до половины от суммы всех структурных отдельностей. Воздействие дождевых червей на структурообразование столь существенно, что их специально разводят и в последующем вносят в почву.

2. Образование структуры почвы.

2.2. Биологические факторы

Исключительно важная роль в оструктуривании почвы принадлежит растениям. Корневая система растений служит эффективно действующим фактором расчленения почвенной массы на структурные отдельности.

Пронизывая почвенную массу во всех направлениях, корни расчленяют и уплотняют ее, действуя как своеобразные клинья. Даже сравнительно плотная почва во влажном состоянии не оказывает сопротивления прохождению корней. По густой сети полых пространств разнообразной конфигурации, остающейся после отмирания и разложения корней, почва способна распадаться на агрегаты различного размера и формы



Рис. 11. Корни растений

Источник: sadyk.ru

2. Образование структуры почвы.

2.2. Биологические факторы

Роль растений в структурообразовании не ограничивается только механическим воздействием на почву. При разложении растительных остатков образуются различные неспецифические органические соединения, принимающие участие в агрегировании почвенной массы, и гумусовые кислоты, играющие ведущую роль в формировании водопрочных агрегатов. Немаловажную роль в образовании структуры играют прижизненные корневые выделения. В их состав входят разнообразные органические соединения, а общее их количество за период вегетации может достигать 10 % и более от растительной биомассы.

2. Образование структуры почвы.

2.2. Биологические факторы

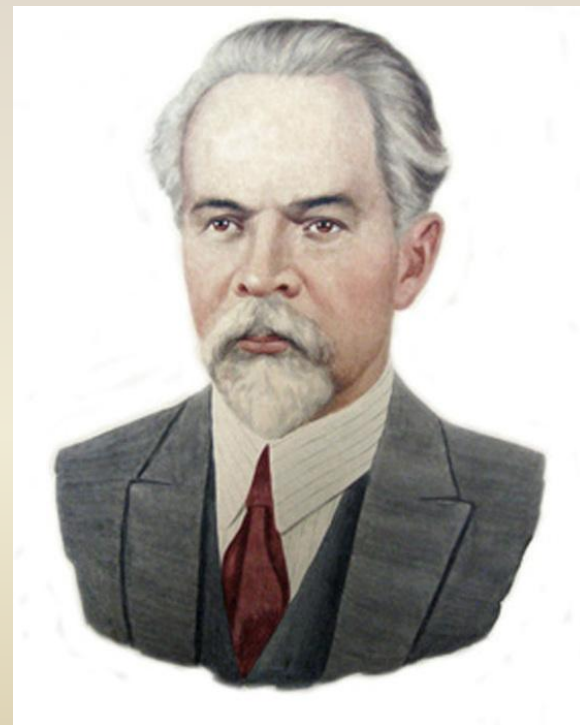
Наиболее сильно на структуру почвы влияет многолетняя травянистая растительность, отличающаяся мощной хорошо разветвленной корневой системой. Поэтому там, где создаются благоприятные условия для ее развития, встречаются хорошо оструктуренные почвы, что наглядно проявляется в зональном аспекте.

Наиболее водопрочной структурой характеризуются целинные черноземы, где оптимально сочетаются природные факторы структурообразования — хорошо развитая травянистая растительность, высокое содержание гумуса, в составе которого заметно преобладают гуматы кальция, обогащенность илистой фракции гидрослюдами и минералами монтмориллонитовой группы, активная микробиологическая деятельность и др. К северу и югу от черноземной зоны условия для формирования агрономически ценной водопрочной структуры ухудшаются

3. Структура как морфологический признак почвы

Следует различать понятие о структуре почвы как характерном **морфологическом ее признаке** от понятия структуры в **агрономическом смысле**.

Для почвоведов-генетиков структура почвы — это прежде всего понятие морфологическое и генетическое, связанное со спецификой почвы как определенного природного тела. Такой подход можно видеть в трудах Н. М. Сибирцева, К. Д. Глинки, С. А. Захарова, Д. Т. Виленского, Ф. Дюшофура, Р. Брюэра и многих других «педологов». В морфолого-генетическом плане понятие почвенной структуры включает размеры, форму и организацию твердых компонентов почвы и пор между ними.



**Рис. 12. Сергей Александрович Захаров
(1878—1949)**

русский и советский почвовед, доктор наук, профессор, ученик В.В. Докучаева. Докторские степени почвенных и сельскохозяйственных наук присуждены ему по совокупности научных работ (без защиты диссертаций). Баллотировался в члены Академии наук

3. Структура как морфологический признак почвы

Структура почвы определяется довольно простым способом: образец грунта, вырезанный из передней стенки исследуемого горизонта, несколько раз подбрасывают на лопатке или на ладони. Структурные отдельности, на которые распался образец, рассматривают и относят к определенному типу в соответствии с классификацией.

В современном почвоведении используется классификация С.А. Захарова, как наиболее детально разработанная. Согласно данной классификации, все разнообразие почвенных структур разделяется на **3 основных типа**:

- кубовидный;
- призмовидный;
- плитовидный.

Каждый тип разделяется на несколько родов, а род в свою очередь на несколько видов почвенных структур.

3. Структура как морфологический признак почвы

В морфологическом отношении хороша структура, которая четко выражена,— ореховатая или призматическая иллювиального горизонта, пластинчатая — подзолистого и т. д.

Если структура неоднородна, то для ее характеристики пользуются двойными названиями (комковато-зернистая, ореховато-призматическая и т. д.), последним словом указывая преобладающий вид структуры.

3. Структура как морфологический признак почвы



Рис. 13. Ореховатая структура

Источник: музей-почвоведения.рф

3. Структура как морфологический признак почвы



Рис. 14. Крупнопризматическая структура

Источник: музей-почвоведения.рф

3. Структура как морфологический признак почвы



Рис. 15. Зернистая структура

Источник: музей-почвоведения.рф

3. Структура как морфологический признак почвы



Рис. 16. Плитчатая и листовато-пластинчатая структура

Источник: музей-почвоведения.рф

3. Структура как морфологический признак почвы



Крупностолбчатая структура

Рис. 17. Крупностолбчатая структура

Источник: музей-почвоведения.рф

3. Структура как морфологический признак почвы

Различным генетическим горизонтам почв присущи определенные формы структуры. Так, комковатая и зернистая структура присуща дерновым горизонтам, пластинчато-листоватая — элювиальным, ореховатая — иллювиальным (особенно серым лесным почвам). Призматическая структура типична для иллювиальных горизонтов подзолистых и лесостепных почв, сформировавшихся на тяжелых покровных суглинках, или для черноземов и каштановых почв, образовавшихся на суглинистых и глинистых породах, имеющих в поглощенном состоянии натрий.

Для различных типов и видов почв характерна определенная структура. Глыбистая структура наблюдается на неокультуренных почвах и всегда играет отрицательную роль. Глыбы мешают прорастанию семян, быстро высыхают, теряя продуктивную влагу.

4. Агрономическое значение структуры

Агрономически ценной является только такая структура, которая обеспечивает плодородие почвы. Оптимальные условия водного и воздушного режимов с мелкокомковатой и зернистой структурой.

В **агрономическом смысле наиболее ценными считаются агрегаты размером от 0,25 до 10 мм**, обладающие высокой порозностью (более 45%), механической прочностью и водопрочностью.

В структурной почве, состоящей из агрегатов размером 0,25–10 мм, упаковка частиц рыхлая, внутри комков преобладают капиллярные промежутки, а между комками – крупные, некапиллярные.

4. Агрономическое значение структуры

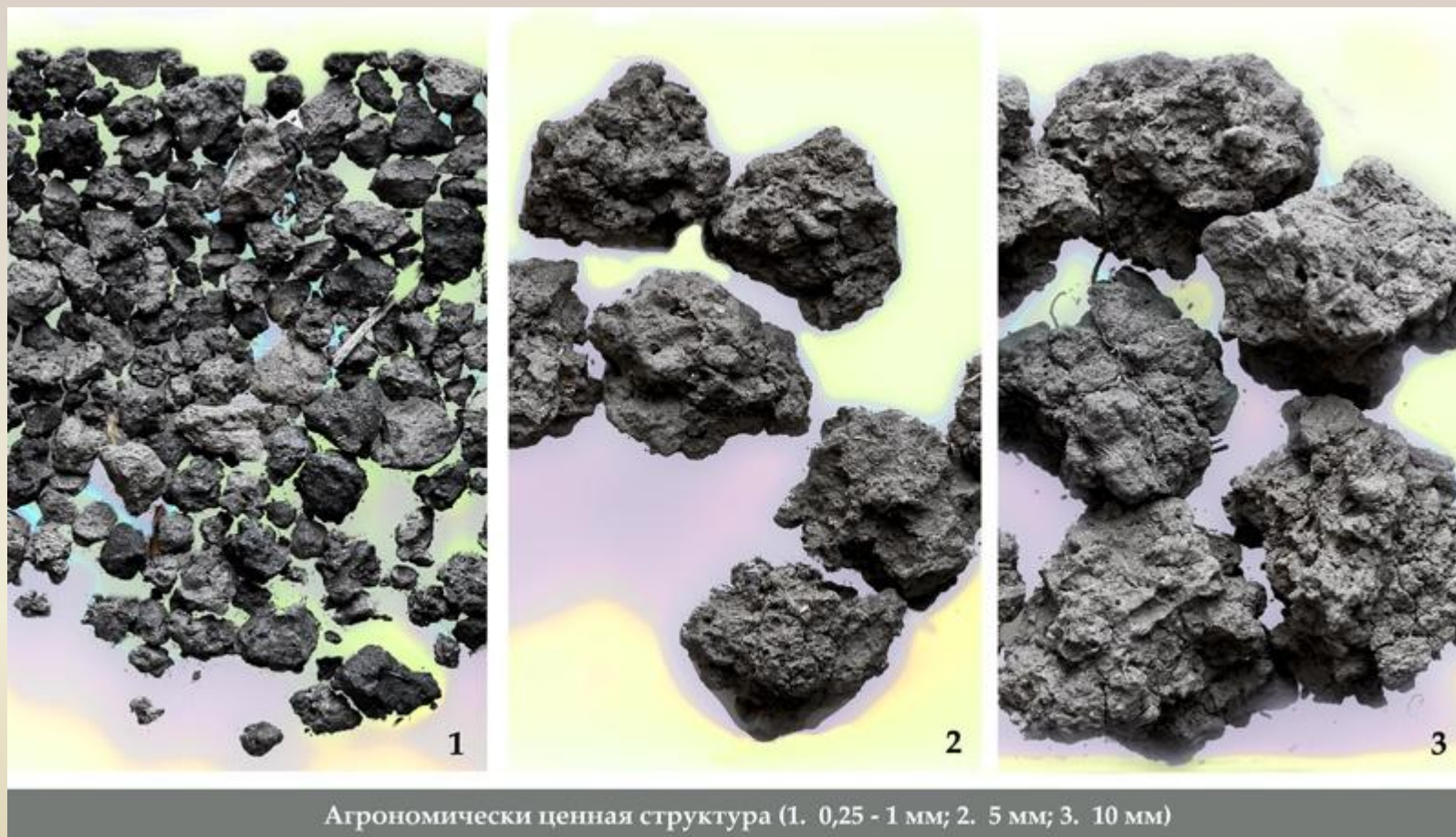


Рис. 18. Агрономически ценная структура

Источник: музей-почвоведения.рф

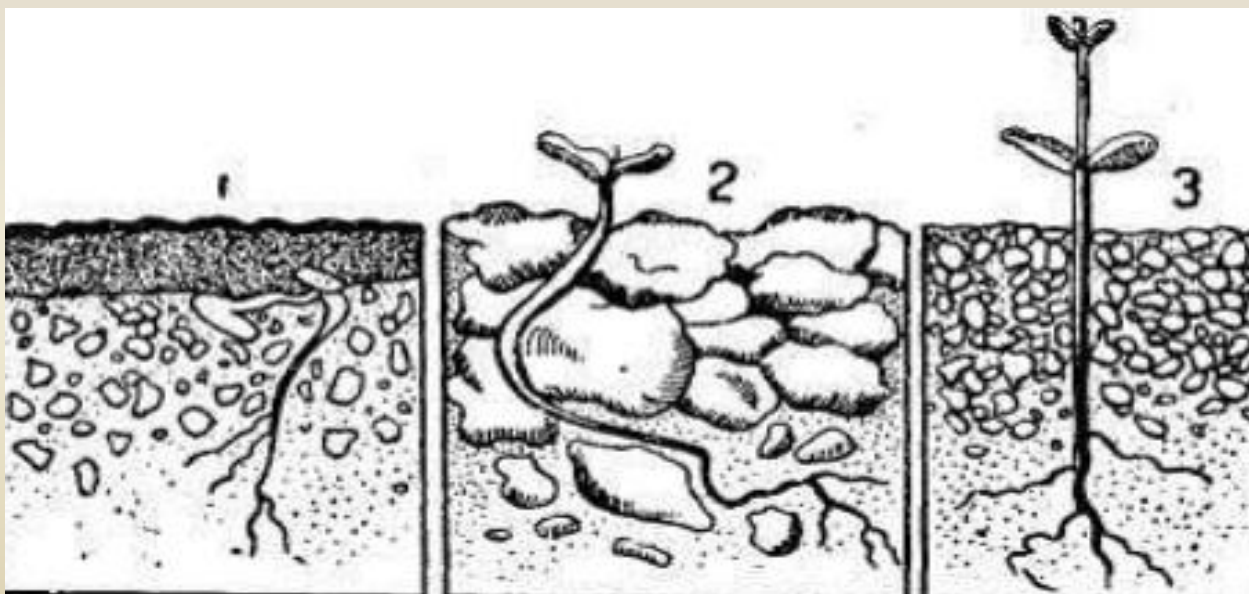
4. Агрономическое значение структуры

Агрономическое значение структуры состоит по сути в том, что она оказывает положительное влияние на ряд свойств и режимы почв:

- физические свойства — пористость, плотность сложения;
- водный,
- воздушный,
- тепловой,
- окислительно-восстановительный режим,
- Микробиологический режим
- питательный режимы;
- физико-механические свойства — связность, удельное сопротивление при обработке, коркообразование;
- противоэрозионную устойчивость почв.

4. Агрономическое значение структуры

Агрономически ценная структура, придавая почве рыхлое сложение, облегчает прораствание семян и распространение корней растений, а также уменьшает энергетические затраты на механическую обработку почвы.



4. Агрономическое значение структуры

Для агрономической оценки структуры Н.И. Саввиновым предложена классификация, согласно которой к агрономически ценным относятся агрегаты размером **от 0,25 до 10 мм**, более **крупные** почвенные отдельности считаются **глыбистой** частью почвы, а **более мелкие** - **распыленной**. Эти три рода подразделяются на виды

Роды	Виды	Размер агрегата (диаметр), мм
Глыбистая	Крупные глыбы	>100
	Средние »	50—100
	Мелкие »	10—50
Комковатая	Крупные комочки	3,0—10,0
	Средние »	1,0—3,0
	Мелкие »	0,5—1,0
	Зернистые »	0,25—0,5
Распыленная	Микроструктурные элементы	0,01—0,25
	Пылевато-глинистые частицы	<0,01

Рис. 19. Агрономическая классификация структуры почвы (по Н.И. Саввинову)

4. Агрономическое значение структуры

По содержанию агрономически ценных агрегатов, размером 10–0.25 мм (по методу сухого просеивания) **выделяют следующие категории агрегатного состояния** (Долгов):

- **>80%** – отличное;
- **80–60** – хорошее;
- **60–40** – удовлетворительное;
- **40–20** – неудовлетворительное;
- **<20%** – плохое.

4. Агрономическое значение структуры

Для характеристики структурного состояния почвы используют **коэффициент структурности** ($K_{\text{стр}}$), который определяется отношением массы агрегатов размером от 0,25 до 10 мм к остальной массе почвы, т.е. к массе агрегатов крупнее 10 мм и мельче 0,25 мм:

$$K_{\text{стр}} = \frac{\Sigma(10 - 0,25 \text{ мм})}{\Sigma(> 10 \text{ мм}, < 0.25 \text{ мм})}$$

Соответственно, и диапазоны $K_{\text{стр}}$, используемые для **качественной оценки структуры, составляют:**

- **>1.5** - отличное агрегатное состояние;
- **1.5-0.67** – хорошее;
- **<0.67** - неудовлетворительное.

4. Агрономическое значение структуры

Важнейшими условиями агрономической ценности структуры являются:

- ее водопрочность,
- механическая прочность;
- порозность (более 45%).

Под водопрочностью понимается способность почвенных агрегатов противостоять размывающему действию воды.

Под механической прочностью понимается способность почвенных агрегатов противостоять разрушающему действию рабочих органов почвообрабатывающих машин и орудий, ходовых систем тракторов и другой техники.

4. Агрономическое значение структуры

Недостаточно водопрочные агрегаты быстро разрушаются под действием осадков и весенних талых вод; почва заплывает, и появляется корка. У почв, на которых образовалась почвенная корка, снижается водопроницаемость, газообмен между почвенным и атмосферным воздухом, замедляется развитие аэробных микроорганизмов, в почве уменьшается содержание питательных веществ в усвояемой для растений форме.

4. Агрономическое значение структуры

Для определения водопрочности агрегатов проводят их «мокрое просеивание». Для этого из агрегатов сухого просеивания составляют среднюю пробу, замачивают ее в течение 10 минут в сосуде и затем, закрыв сосуд, 10 раз его переворачивают. После этого почву переносят в набор сит, находящихся в воде и скрепленных друг с другом в порядке убывания размера отверстий (5, 3, 2, 1, 0,5 и 0,25 мм). Набор сит погружают в воду, встряхивают 10 раз и определяют содержание фракций.

По суммарному количеству агрегатов $>0,25$ мм **при мокром просеивании оценивают их водоустойчивость:**

- **$<10\%$** - водоустойчивость отсутствует;
- **10-20** - неудовлетворительная;
- **20-30** - недостаточно удовлетворительная;
- **30-40** - удовлетворительная;
- **40-60** - хорошая;
- **60-75** - отличная;
- **$>75\%$** - избыточно высокая.

4. Агрономическое значение структуры

Плотность сложения сухих агрегатов разного размера и их пористость обусловлена характером почвообразования и особенностями материнской породы, определяющим размер, форму и упаковку механических элементов в них. В большинстве почв плотность сложения агрегатов с глубиной возрастает.

Плотность сложения агрегатов значительно выше плотности сложения сухой почвы в её ненарушенном сложении. С плотностью сложения агрегатов тесно связана их порозность. Порозность агрегатов размером от 1 до 10 мм в пахотном слое колеблется в дерново-подзолистых почвах от 34,7 до 44,5 %, чернозёме мощном типичном – от 27,2 до 40,1, тёмно-каштановой почве – от 29,1 до 34,2 %. Для всех этих почв с уменьшением размера агрегатов пористость снижается. Пористость отдельных агрегатов любого размера ниже общей пористости почв.

Прочность агрегатов уменьшается с увеличением их размеров, что связано как с увеличением их пористости и, следовательно, с уменьшением площади контактов в агрегате, так и с возрастанием неоднородности по мере увеличения агрегатов. В более крупных агрегатах чаще встречаются нарушения в их строении (отдельные крупные пустоты, микротрещины, ЭПЧ крупных размеров). Агрегаты крупнее 5 мм неводоустойчивы и распадаются на фрагменты всех размеров в количествах, равных среднему образцу почвы.

4. Агрономическое значение структуры

Оптимальные размеры агрегатов, при которых обеспечивается наиболее благоприятное соотношение водного и воздушного режимов, **не могут быть едиными для всех почвенно-климатических зон.**

В условиях достаточного, **тем более избыточного**, увлажнения рыхлое сложение и, следовательно, лучшую аэрацию обеспечивают **более крупные структурные отдельности** и, наоборот, по **мере возрастания засушливости** благоприятный водно-воздушный режим достигается при **некотором уменьшении размеров почвенных агрегатов**, так как избыточная рыхлость в этих условиях может привести к иссушению почвы и усилению минерализации гумуса.

4. Агрономическое значение структуры

Где существует опасность проявления ветровой эрозии, установлено, что почвенные **агрегаты размером крупнее 1 мм в диаметре являются ветроустойчивыми**, а мельче 1 мм эрозионноопасными. Считается, что при наличии 60% и более агрегатов крупнее 1 мм поверхностный слой почвы достаточно устойчив к ветровой эрозии.

Следовательно, в этих условиях агрономически ценная структура должна обладать еще одним свойством - **ветроустойчивостью**. Уменьшение размеров почвенных агрегатов **ниже 1 мм** может привести здесь **к возникновению ветровой эрозии**, так как ветроустойчивость поверхности почвы, как было сказано ранее, прямо пропорциональна комковатости.

4. Агрономическое значение структуры

Наилучшие водно-воздушные свойства почв степной зоны складываются при размере агрегатов от 0,25 до 3 мм, дерново-подзолистых - при 0,5-5 мм.

При содержании в пахотном горизонте менее 50% агрегатов крупнее 1 мм почва подвергается ветровой эрозии.