

МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕЛИОРАТИВНОГО СОСТОЯНИЯ ПАХОТНЫХ ЗЕМЕЛЬ  
ПО ДАННЫМ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВАSIMULATION OF MELIORATIVE CONDITION  
OF ARABLE LANDS ACCORDING TO PARTICLE-SIZE COMPOSITION DATA

**Ключевые слова:** мелиоративное состояние, пре-алтайские равнины, гранулометрия, структура гранулометрического состава, модель прогноза, элементарные почвенные частицы.

Значение гранулометрического состава в почвообразовании известно давно. Гранулометрический состав как важный признак положен в основу выделения одной из таксономических единиц современной классификации почв – разновидности. Во многих работах (Вальков В.Ф., Гаврилюк Ф.Я., Тюменцев Н.Ф. и др.) подчёркивается роль гранулометрического состава как фактора плодородия почв. Гранулометрический состав является основной характеристикой мелиоративного состояния земель. Однако мелиоративная роль пространственной изменчивости соотношения фракций (структуры) гранулометрического состава остаётся неизученной. Авторы исследования показывают, что более дробная дифференциация почвенного фонда является объективной необходимостью для его рационального и эффективного использования. Только так можно преодолеть последствия шаблонного подхода многолетних традиций необоснованной стандартизации мелиоративных мероприятий, технологий возделывания сельскохозяйственных культур в пределах обширной и разнообразной территории предальтайских равнин и других регионов России. Так, при моделировании мелиоративного состояния земель были использованы информационно-логические модели. В результате изучения влияния гранулометрического состава почв на показатели физического состояния определены коэффициенты информативности (Т) и эффективности канала связи (К). При изучении связей определены логические высказывания. Сравнение коэффициентов информативности и эффективности канала связи доказывает, что гранулометрический состав в большей степени влияет на физические свойства, особенно удельную поверхность, содержание водопрочных агрегатов, плотность почвы, общую пористость, содержание недоступной растениям влаги (ВЗ) и водоудерживающую способность (НВ). Особенно высокая связь обнаруживается с

разновидностями почв, которые имеют существенные различия по соотношению гранулометрических фракций.

**Keywords:** meliorative condition, Pre-Altai plains, particle-size determination, particle-size distribution, prediction model, elementary soil particles.

The value of particle-size distribution in soil formation is known long ago. The particle-size distribution as an important character is the basis for the identification of one of taxonomical units of the modern soil classification – variety. Many research works (Valkov V.F., Gavrilyuk F.Ya., Tyumentsev N.F., etc.) emphasize the role of particle-size distribution as a factor of soil fertility. Particle-size distribution is the main characteristic of land meliorative condition. However, the meliorative role of the spatial variability of fraction ratio (structure) of particle-size distribution remains understudied. The authors of this work show that more fractional differentiation of soil fund is an objective need for its rational and efficient use. It is only in this way that it is possible to overcome the consequences of a ready-made approach of long-term traditions of unreasonable standardization of melioration measures and crop cultivation technologies within the extensive and diverse area of the Pre-Altai plains and other regions of Russia. Datalogical models were used at the simulation of meliorative condition of lands. The study of the influence of the particle-size distribution of soils on the indices of physical condition coefficients revealed the informational value and effectiveness of a communication channel. The study of communications revealed the logical assertions. The comparison of the coefficients of informational value and effectiveness of a communication channel proves that the particle-size distribution influences to greater extent on the physical properties, particularly the specific surface area, water stable aggregate content, soil density, total porosity, unavailable moisture content and water-holding capacity. Especially high communication is found with the soil varieties that have essential distinctions based on the ratio of particle-size fractions.

Ещенко Сергей Иванович, к.с.-х.н., доцент, Алтайский государственный аграрный университет. E-mail: kafzem@bk.ru.

Yeshchenko Sergey Ivanovich, Cand. Agr. Sci., Assoc. Prof., Altai State Agricultural University. E-mail: kafzem@bk.ru.

**Мягкий Пётр Александрович**, к.с.-х.н., доцент, Алтайский государственный аграрный университет. E-mail: kafzem@bk.ru.

**Татаринцев Владимир Леонидович**, д.с.-х.н., проф., Алтайский государственный аграрный университет. E-mail: kafzem@bk.ru.

**Татаринцев Леонид Михайлович**, д.б.н., проф., Алтайский государственный аграрный университет. E-mail: kafzem@bk.ru.

**Myagkiy Petr Aleksandrovich**, Cand. Agr. Sci., Assoc. Prof., Altai State Agricultural University. E-mail: kafzem@bk.ru.

**Tatarintsev Vladimir Leonidovich**, Dr. Agr. Sci., Prof., Altai State Agricultural University. E-mail: kafzem@bk.ru.

**Tatarintsev Leonid Mikhaylovich**, Dr. Bio. Sci., Prof., Altai State Agricultural University. E-mail: kafzem@bk.ru.

## Введение

Значение гранулометрического состава в почвообразовании известно давно. Гранулометрия как важный признак положен в основу выделения одной из таксономических единиц современной классификации почв – разновидности. Во многих работах (Вальков В.Ф., Гаврилук Ф.Я., Тюменцев Н.Ф. и др.) подчёркивается роль гранулометрического состава как фактора плодородия почв. Гранулометрия является основной характеристикой мелиоративного состояния земель. В работе Л.М. Татаринцева [1] доказано широкое варьирование свойств почв различных зон Алтайского Приобья в зависимости от содержания физической глины и илистой фракции. Однако мелиоративная роль пространственной изменчивости соотношения фракций (структуры) гранулометрического состава остаётся неизученной. В литературе отсутствуют сведения о роли структуры гранулометрического состава в формировании почвенно-физических условий роста и развития растений.

Этим вызван интерес к изучению влияния структуры гранулометрического состава (СГС) на мелиоративное состояние зональных почв предальтайских равнин. Исследования по обозначенной проблеме актуальны для понимания роли почвообразования и экзогенеза на формирование гранулометрии почвогрунтов степной и лесостепной зон юго-востока Западной Сибири.

**Целью** исследования стало моделирование мелиоративного состояния пахотных земель предальтайских равнин среднесуглинистого гранулометрического состава с использованием данных их гранулометрии. Задачи исследования сформулированы следующим образом: оценить влияние содержания гранулометрических фракций на не-

которые параметры мелиоративного состояния пахотных земель; сформулировать логические высказывания, учитывающие влияние гранулометрии на мелиоративное состояние земель.

## Объекты и методы исследования

Объектами исследования стали пахотные земли среднесуглинистого гранулометрического состава предальтайских равнин, активно используемые в сельскохозяйственном производстве и, в частности, их мелиоративные характеристики. При моделировании мелиоративного состояния почв широко использовались информационно-логические модели и информационно-логический метод исследования.

## Результаты и их обсуждение

Информационные модели, реализуемые на ЭВМ, весьма многочисленны и включают банки данных, АСУ и информационно-поисковые системы. Для них типичны сравнительно несложные алгоритмы, возможность сортировки больших массивов данных и узкая специализация. Например, последнее обстоятельство стимулировало создание модели плодородия чернозёмов Алтайского Приобья в системе агроценоза для яровой пшеницы [2], под кормовые культуры [3]. Агрофизическая модель плодородия алтайских чернозёмов создана Л.М. Татаринцевым [4]. Конкретные вопросы моделирования решены в работах Л.М. Татаринцева и др. и В.Л. Татаринцева [5, 6]. В информационно-логической модели для решения комплексных проблем выделяются следующие стадии: фундаментальных исследований; практических разработок; теоретико-прикладных исследований; проектных разработок; производственного испытания и внедрения; эксплуатации

на практике. Эти модели могут выражать прошлое, ретроспективное, текущее или будущее (ожидаемое) состояние почв. Модели состояния служат базой для построения моделей прогноза и управления.

Опыт показывает, что региональные модели имеют высокую степень обобщённости информации о почвах. В них нет детализации по мелким таксонам почв и не учитывается гетерогенность структуры почвенного покрова, например, по гранулометрическому составу. Ряд авторов [7, 8] считают, что такая детализация объектов моделирования повышает адресность и конструктивность моделей плодородия (состояния).

Многочисленные работы В.Л. Татаринцева и Л.М. Татаринцева с соавторами показывают, что более дробная дифференциация почвенного фонда является объективной необходимостью для его рационального и эффективного использования. Только таким путём можно преодолеть последствия шаблонного подхода многолетних традиций необоснованной стандартизации мелиоративных мероприятий, технологий возделывания сельскохозяйственных культур в пределах обширной и разнообразной территории предальтайских равнин и других регионов России. Как известно, модель прогноза будет носить вероятностный характер. Суть прогноза состоит в том, чтобы, используя информацию о почве (её параметрах), смоделировать (предсказать) её состояние.

Оценка влияния содержания гранулометрических фракций на некоторые параметры мелиоративного состояния пахотных земель проведена авторами работы с помощью информационно-логического анализа, который основан на теории информации. Этот метод, как и корреляционный, изучает зависимость явлений от факторов. Однако информационно-логический метод более универсален, так как не требует линейности, метричности и позволяет делать логические высказывания, которые можно использовать для прогнозов. Одним из главных преимуществ информационно-логического метода является расчёт количества информации, передаваемой каждым фактором явлению, определение логической функции связи

факторов и явления и построения на этой основе логических моделей состояния параметров. Степень связи между изучаемыми явлениями и каким-либо фактором (или факторами) определяется величиной общей информативности (Т) и коэффициентом эффективности каналов связи (К).

В результате изучения влияния гранулометрического состава почв на показатели физического состояния определены коэффициенты информативности (Т) и эффективности канала связи (К). При изучении связей определены логические высказывания:

$$УП=C (Г, Мп (И, ФГ)); \quad (1)$$

$$A=C (ФГ, Г (Мп, И, УП)); \quad (2)$$

$$d_v=C, B (Г (А, ФГ)); \quad (3)$$

$$d=C (Г, П (ФГ, И)); \quad (4)$$

$$\rho_o=B (C, ФГ (П, Кп, Мп)); \quad (5)$$

$$МГ=УП, C (ФГ, Мп (Г, И)); \quad (6)$$

$$KB=B, d_v (А, Ма (ФГ, Мп)); \quad (7)$$

$$Кф=А, КД (Ма, (d_v, ФГ, В)), \quad (8)$$

где УП – удельная поверхность;

А – содержание водопрочных агрегатов размером 5-0,25 мм;

$d_v$  – плотность почвы;

d – плотность твёрдой фазы почвы;

$\rho_o$  – общая порозность;

МГ – максимальная гигроскопическая влага;

KB – коэффициент впитывания;

Кф – коэффициент фильтрации;

C – структура гранулометрического состава;

Г – содержание гумуса;

ФГ – содержание физической глины;

Мп – содержание мелкой пыли;

И – содержание илистой фракции;

В – влажность полевая;

П – содержание фракций песка (1-0,05 мм);

Кп – содержание крупной пыли;

Ма – содержание истинных микроагрегатов размером 0,25-0,01 мм;

КД – коэффициент дисперсности.

Как уже упоминалось выше, все высказывания сделаны для земель (почв) среднесуглинистого гранулометрического состава. В логических высказываниях все факторы расположены в порядке убывания их влияния на физические и водно-физические свойства.

Судя по высказыванию (1), на величину удельной поверхности самое высокое влияние оказывает структура гранулометрического состава (разновидность). Меньшее влияние на этот показатель оказывает содержание гумуса. Из формул (2)-(8) следует, что количество истинных микроагрегатов и водопрочных агрегатов, плотность почвы в очень высокой степени зависят от разновидности. МГ тесно связана с величиной удельной поверхности и соотношением фракций ЭПЧ. Естественная влажность почвы – главный фактор, от которого зависит коэффициент впитывания. Влажность является вторым по значению фактором (после СГС – структуры гранулометрического состава), оказывающим влияние на величину объёмной массы (плотность почвы). Устойчивая стадия водопроницаемости – фильтрация, в первую очередь определяется водопрочностью почвенных агрегатов. Микроагрегированность ЭПЧ – второй по значению фактор, от которого зависит скорость фильтрации.

Значение почвенных факторов на накопление гумуса, а также их влияние на величину ёмкости катионного обмена (ЕКО) приведены в виде следующих логических выражений:

$$Г = С, УП (Мп, И, ФГ); \quad (9)$$

$$ЕКО = УП (С (Г, И)). \quad (10)$$

Содержание гумуса напрямую зависит от соотношения фракций элементарных почвенных частиц. Другим важным фактором, влияющим на содержание гумуса, является удельная поверхность твёрдых частиц. По мере повышения суммарного количества средней и мелкой пыли с 10 до 25% содержание гумуса линейно растёт. Чернозёмы средней лесостепи, обогащённые пылеватыми частицами, оказались наиболее гумусированными. ЕКО определяется удельной поверхностью. Последняя, в свою очередь, зависит от взаимодействия ЭПЧ и гумуса.

Сравнение коэффициентов информативности и эффективности канала связи показывает, что влияние фракций гранулометрического состава на накопление солей увеличивается от класса супесчаных почв к классу среднесуглинистых. В супесчаных почвах на накопление солей самое

высокое влияние оказывает содержание песка (0,25-0,05 мм). В легко- и среднесуглинистых почвах каштановых почв сухой степи ведущую роль в соленакоплении играет содержание физической глины – частиц мельче 0,01 мм (Татаринцев Л.М. и др., 2003). На основе информационного анализа предложены логические высказывания для супесчаных почв (11)-(17), легкосуглинистых (18)-(24) и среднесуглинистых (25)-(31):

$$S = П, ФГ (Мп, Кп (И, Сп)); \quad (11)$$

$$CO_3^{2-} = П, Мп (Сп (Кп, И, ФГ)); \quad (12)$$

$$SO_4^{2-} = Кп, И, (ФГ, П (Мп, Сп)); \quad (13)$$

$$Cl^- = П, Мп (Сп, Кп (И, ФГ)); \quad (14)$$

$$Ca^{2+} = П, Кп (И, Сп (Мп, ФГ)); \quad (15)$$

$$Mg^{2+} = П, Сп (И, Кп (Мп, ФГ)) \quad ; \quad (16)$$

$$Na^+ = Мп, И (Сп, Кп (П, ФГ)); \quad (17)$$

$$S = ФГ, Мп (И, П (Кп, Сп)); \quad (18)$$

$$CO_3^{2-} = П, И (Мп, ФГ (Кп, Сп)); \quad (19)$$

$$SO_4^{2-} = Мп, П (Сп, ФГ (И, Кп)); \quad (20)$$

$$Cl^- = П, Кп (Мп, И (Сп, ФГ)); \quad (21)$$

$$Ca^{2+} = Сп, И (П, ФГ (Мп, Кп)); \quad (22)$$

$$Mg^{2+} = П, Мп (И, Кп (Сп, ФГ)) \quad ; \quad (23)$$

$$Na^+ = Мп, Кп (И, П (Сп, ФГ)); \quad (24)$$

$$S = ФГ, Кп (Сп, П (Мп, И)); \quad (25)$$

$$CO_3^{2-} = Кп, П (Мп, Сп (ФГ, И)); \quad (26)$$

$$SO_4^{2-} = ФГ, Кп (П, Сп (Мп, И)); \quad (27)$$

$$Cl^- = Кп, ФГ (Сп, П (Мп, И)); \quad (28)$$

$$Ca^{2+} = Кп, П (ФГ, Сп (Мп, И)); \quad (29)$$

$$Mg^{2+} = Кп, Сп (Мп, ФГ (П, И)) \quad ; \quad (30)$$

$$Na^+ = Кп, П (Сп, Мп (ФГ, И)), \quad (31)$$

где S – сумма солей;

$SO_4^{2-}$  – содержание сульфат-иона;

$CO_3^{2-}$  – содержание карбонат-иона;

$Cl^-$  – содержание хлор-иона;

$Ca^{2+}$  – содержание кальций-иона;

$Mg^{2+}$  – содержание магний-иона;

$Na^+$  – содержание натрий-иона;

П – содержание частиц 0,25-0,05 мм;

Кп – содержание частиц 0,05-0,01 мм;

Сп – содержание частиц 0,01-0,005;

Мп – содержание частиц 0,005-0,001 мм;

И – содержание частиц мельче 0,001 мм;

ФГ – содержание частиц мельче 0,01 мм.

В логических формулах все факторы соленакопления расположены в порядке убывания их

влияния на содержание солей и ионов в водной вытяжке. Из формул (11), (18), (25) следует, что в супесчаных почвах решающее влияние на содержание солей оказывают песчаные частицы (0,25-0,05 мм), в легкосуглинистых почвах – физическая глина и мелкая пыль, в среднесуглинистых – физическая глина и крупная пыль. Содержание карбонат-иона, Cl-иона, Ca и Mg-ионов в супесчаных почвах определяется крупными фракциями (песком), сульфат-иона – содержанием крупной пыли и ила, в то время как на содержание Na-иона влияет содержание мелкой пыли и ила. В среднесуглинистых почвах на содержание анионов и катионов в водной вытяжке решающее влияние оказывает фракция крупной пыли как преобладающая фракция. На второй позиции по влиянию на содержание анионов и катионов находится песок. В легкосуглинистых почвах между содержанием солей анионов и катионов и содержанием гранулометрических фракций связь более неопределённая, чем супесчаных и среднесуглинистых. Так, на содержание карбонат-иона большее влияние оказывают песок и ил, сульфат-иона – мелкая пыль и песок, хлор-иона – песок и крупная пыль. На содержание Cl и Na-катионов решающее влияние оказывают пылеватые частицы (средняя и мелкая пыль). Магний-ион больше связан с содержанием песчаных частиц и мелкой пыли. Следует подчеркнуть, что связь содержания солей с количеством средней пыли, ила и песка выше, чем в среднесуглинистых почвах, а в последних выше, чем в супесчаных почвах. Из этого следует, что в легкосуглинистых почвах соленакопление больше зависит от мелких фракций, чем в других классах. В супесчаных и среднесуглинистых почвах решающее влияние на количество солей оказывают преобладающие фракции, в частности, в супесчаных – песчаные частицы, а в среднесуглинистых – крупная пыль и физическая глина.

### Заключение

Сравнение коэффициентов информативности и эффективности канала связи доказывает, что гранулометрический состав в большей степени влияет на физические свойства, особенно удельную поверхность, содержание водопрочных агре-

гатов, плотность почвы, общую пористость, содержание недоступной растениям влаги (ВЗ) и водоудерживающую способность (НВ). Особенно высокая связь обнаруживается с разновидностями почв, которые имеют существенные различия по соотношению гранулометрических фракций. Связь между содержанием солей и содержанием гранулометрических фракций значительно меньше, чем связь между физическими свойствами и содержанием гранулометрических фракций. Однако соотношение фракций влияет на количество солей в почве и состав ионов водной вытяжки. При этом соотношение фракций ЭПЧ оказывает большее влияние на засоление почв по мере увеличения количества тонкодисперсных фракций ЭПЧ, повышения средневзвешенного эффективного диаметра частиц, что сопровождается уменьшением параметров физического состояния почв, влияя на их промытость атмосферными осадками. При наличии в профиле почв капиллярной каймы (полугидроморфные почвы) характер соленакопления начинает определяться динамикой залегания уровня грунтовых вод и высотой их поднятия, зависящей от гранулометрического состава, в частности его структуры (соотношения фракций). Таким образом, при мелиоративной оценке пахотных земель очень важно учитывать специфику гранулометрии – соотношение фракций, то есть структуру гранулометрического состава (формулу гранулометрического состава).

### Библиографический список

1. Татаринцев Л.М. Физическое состояние пахотных почв юга Западной Сибири: монография. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2005. – 300 с.
2. Бурлакова Л.М. Плодородие алтайских черноземов в системе агроценоза. – Новосибирск: Наука, 1984. – 168 с.
3. Рассыпнов В.А. Почвенно-климатические факторы урожайности и моделирования эффективного плодородия в агроценозах: автореф. дис. ... докт. биол. наук. – Новосибирск, 1993. – 32 с.
4. Татаринцев Л.М. Физическое состояние основных пахотных почв юго-востока Западной Сибири: дис. ... докт. биол. наук. – Новосибирск, 1993. – 368 с.

5. Татаринцев В.Л. Структура гранулометрического состава и её влияние на физическое состояние пахотных почв Алтайского Приобья: монография. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2004. – 179 с.

6. Татаринцев В.Л. Гранулометрия агропочв юга Западной Сибири и их физическое состояние: монография. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2004. – 261 с.

7. Татаринцев В.Л., Татаринцев Л.М. Гранулометрический состав и почвообразование // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2013. – № 10 (108). – С. 17-23.

8. Будрицкая И.А., Татаринцев В.Л., Татаринцев Л.М. Агроэкологическая модель эффективно плодородия каштановых почв сухостепной Кулунды // Фундаментальные и прикладные науки сегодня: сб. матер. VI Междунар. науч.-практ. конф. (21-25 августа 2015 г., North Charleston, USA). – CreatSpace 4900 LaCross Road, North Charleston, SC, USA 29406, 2015. – P. 85-88.

#### References

1. Tatarintsev L.M. Fizicheskoe sostoyanie pakhotnykh pochv yuga Zapadnoy Sibiri: monografiya. – Barnaul: Izd-vo AGAU, 2005. – 300 s.

2. Burlakova L.M. Plodorodie altayskikh chernozemov v sisteme agrotsenoza. – Novosibirsk: Nauka, 1984. – 168 s.

3. Rassypnov V.A. Pochvenno-klimaticheskie faktory urozhaynosti i modelirovaniya effektivnogo plodorodiya v agrotsenozakh: avtoref. diss. ... d-ra biol. nauk. – Novosibirsk, 1993. – 32 s.

4. Tatarintsev L.M. Fizicheskoe sostoyanie osnovnykh pakhotnykh pochv yugo-vostoka Zapadnoy Sibiri: diss. ... doktora biol. nauk. – Novosibirsk, 1993. – 368 s.

5. Tatarintsev V.L. Struktura granulometricheskogo sostava i ee vliyanie na fizicheskoe sostoyanie pakhotnykh pochv Altayskogo Priobya: monografiya. – Barnaul: Izd-vo AGAU, 2004. – 179 s.

6. Tatarintsev V.L. Granulometriya agropochv yuga Zapadnoy Sibiri i ikh fizicheskoe sostoyanie: monografiya. – Barnaul: Izd-vo AGAU, 2004. – 261 s.

7. Tatarintsev V.L., Tatarintsev L.M. Granulometricheskij sostav i pochvoobrazovanie // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2013. – No. 10 (108). – S. 17-23.

8. Budritskaya I.A., Tatarintsev V.L., Tatarintsev L.M. Agroekologicheskaya model effektivnogo plodorodiya kashtanovykh pochv sukhostepnoy Kulundy // Fundamentalnye i prikladnye nauki segodnya: sbornik materialov VI Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii (21-25 avgusta 2015 g., North Charleston, USA). – CreatSpace 4900 LaCross Road, North Charleston, SC, USA 29406, 2015. – P. 85-88.



УДК 630\*114(571.15)

С.В. Макарычев, А.В. Шишкин  
S.V. Makarychev, A.V. Shishkin

## ВЛИЯНИЕ ПЛОТНОСТИ ПОСАДКИ ОБЛЕПИХИ НА РЕЖИМ ВЛАЖНОСТИ ГЕНЕТИЧЕСКИХ ГОРИЗОНТОВ ЧЕРНОЗЕМА

### THE INFLUENCE OF SEA-BUCKTHORN PLANTING DENSITY ON THE MOISTURE REGIME OF CHERNOZEM GENETIC HORIZONS

**Ключевые слова:** чернозем, влажность, динамика влажности, облепиха, плотность посадок.

Известно, что изменение теплофизических коэффициентов генетических горизонтов чернозема подчинено в основном сезонной динамике их влажности. Однако остается слабо изученным вопрос о влиянии вида напочвенно-

го покрова и плотности посадки облепиховых насаждений на динамику теплофизических показателей и гидротермических режимов почвы. Схемы посадки оказывают второстепенное влияние на формирование водного режима чернозема, по сравнению с ритмами атмосферного увлажнения. С одной стороны, более плотные посадки сильнее иссушают почву, поскольку облепиха образует