

Нуралин Б. Н., доктор технических наук, профессор, **основной автор**, <https://orcid.org/0000-0002-0507-5445>

НАО «Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана», г. Уральск, ул. Жангир хана 51, 0900009, Казахстан, bnuralin@mail.ru

Галиев М. С., магистр, старший преподаватель, <https://orcid.org/0000-0002-2939-4918>

НАО «Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана», г. Уральск, ул. Жангир хана 51, 0900009, Казахстан, manarbek-1980@mail.ru

Сагиров А. Е., магистр, старший преподаватель, <https://orcid.org/0000-0002-4939-8609>

НАО «Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана», г. Уральск, ул. Жангир хана 51, 0900009, Казахстан, Ainara-2010@mail.ru

Джаналиев Е.М., кандидат технических наук, и.о. доцент, <https://orcid.org/0000-0002-7177-413X>

НАО «Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана», г. Уральск, ул. Жангир хана 51, 0900009, Казахстан, ernazar.dzhanaiev@mail.ru

Кашбаев А.А., магистр, старший преподаватель, <https://orcid.org/0009-0009-5171-4234>

НАО «Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана», г. Уральск, ул. Жангир хана 51, 0900009, Казахстан, abdybai1967@mail.ru

Nuralin B. N., Doctor of Technical Sciences, Professor, **the main author**, <https://orcid.org/0000-0002-0507-5445>

NJSC «West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir khan», Uralsk, st. Zhangir khan 51, 090009, Kazakhstan, bnuralin@mail.ru

Galiev M. S., master's degree, senior lecturer, <https://orcid.org/0000-0002-2939-4918>

NJSC «West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir khan», Uralsk, st. Zhangir khan 51, 090009, Kazakhstan, manarbek-1980@mail.ru

Sagirov A. E., master's degree, senior lecturer, <https://orcid.org/0000-0002-4939-8609>

NJSC «West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir khan», Uralsk, st. Zhangir khan 51, 090009, Kazakhstan, Ainara-2010@mail.ru

Janaliev Y.M., Candidate of Engineering Sciences, <https://orcid.org/0000-0002-7177-413X>

NJSC «West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir khan», Uralsk, st. Zhangir khan 51, 090009, Kazakhstan, ernazar.dzhanaiev@mail.ru

Kashbaev A. A., master's degree, senior lecturer, <https://orcid.org/0009-0009-5171-4234>

NJSC «West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir khan», Uralsk, st. Zhangir khan 51, 090009, Kazakhstan, abdybai1967@mail.ru

ИЗУЧЕНИЕ ФИЗИКО - МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И ЭНЕРГОЕМКОСТИ РАЗРУШЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ ПОЧВ STUDY OF PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES AND ENERGY INTENSITY OF DESTRUCTION OF HEAVY SOILS

Аннотация

Введение. Важным элементом интенсификации сельскохозяйственного производства является рациональное использование земельных ресурсов, создание прочной кормовой базы животноводства, повышая плодородия низкопродуктивных земель. Эффективное осуществление связано освоением солонцовых почв с максимальным использованием естественного плодородия. *Материалы и методы.* Применение орудий для обработки обычных почв без учета специфических особенностей солонцов зачастую приводит к «порче» земли, т.е. к снижению ее естественного плодородия. При коренном улучшении лугов и пастбищ необходимо учесть разнообразие внутри каждой зоны физико-механических и водно-физических свойств солонцов и их отличия от зональных. Для определения физических постоянных (модуль деформации E , модуль сдвига G и коэффициент Пуассона μ), изучения закономерности изменения энергоемкости разрушения от скорости и направления действия, угла заточки деформатора столбы солонцов подвергались к

сжатию на специальной установке по испытанию почвы на сдвиг, сдвигу и удару на маятниковом и специальном копрах.

Результаты исследования и обсуждение. Величины коэффициента Пуассона, модулей деформации и сдвига зависят от влажности. С увеличением влажности модули деформации и сдвига уменьшаются по гиперболической зависимости, коэффициента Пуассона возрастает. Наименьшая энергоёмкость разрушения столба при статических и динамических нагрузках наблюдалась при воздействиях вдоль оси «снизу», несколько выше «сверху» и наибольшая «поперек» столба. Клиновидная форма ударника наиболее эффективна, так как при этом величина удельной поверхностной энергии разрушения минимальна. С ростом скорости воздействия ударника на почву увеличивается величина вновь образованной поверхности разрушенного образца и наоборот.

Заключение. При оптимальной влажности 18...25% для солонцового горизонта почвы $\mu=0,25...0,42$, $E=14,0...2,6\text{МПа}$, $G=5,6...1,0\text{МПа}$; при относительной влажности 10...15% в почве проявляются в основном хрупкие свойства, так как $\mu\rightarrow\text{min}$, $E, G\rightarrow\text{max}$, а при влажности 30...35% - пластичные, $\mu\rightarrow\text{max}$, $E, G\rightarrow\text{min}$. При статической нагрузке предельное усилие разрушения снизу ниже почти на 50%, а при динамической нагрузке удельная работа ниже почти в два раза, чем при разрушении столба «поперек». Наименьшая энергоёмкость наблюдается у ножей с углом заточки не менее 40° . Для рабочих органов ударного типа рациональной является клиновидная форма и скорость воздействия свыше 4.5 м/с.

ANNOTATION

Introduction. An important element of the intensification of agricultural production is the rational use of land resources, the creation of a solid fodder base for livestock, increasing the fertility of low-yielding lands. Effective implementation is associated with the development of saline soils with the maximum use of natural fertility. Materials and methods. The use of tools for processing ordinary soils without taking into account the specific features of salt pans often leads to "spoilage" of the earth, i.e., to a decrease in its natural fertility. When radically improving meadows and pastures, it is necessary to take into account the diversity within each zone of the physico-mechanical and water-physical properties of salt marshes and their differences from zonal ones. To determine the physical constants (modulus of deformation E , shear modulus G and Poisson's ratio μ), to study the patterns of changes in the energy intensity of destruction from the speed and direction of action, the angle of sharpening of the deformer, the columns of salt shakers were subjected to compression on a special installation for testing the soil for shear, shear and impact on a pendulum and special copra.

Research results and discussion. The values of the Poisson's ratio, modulus of deformation and shear depend on humidity. With increasing humidity, the deformation and shear modulus decrease in hyperbolic dependence, and the Poisson's ratio increases. The lowest energy intensity of the column destruction under static and dynamic loads was observed with impacts along the axis "from below", slightly higher "from above" and the greatest "across" the column. The wedge-shaped shape of the striker is the most effective, since at the same time the value of the specific surface energy of destruction is minimal. With an increase in the rate of impact of the impactor on the soil, the size of the newly formed surface of the destroyed sample increases and vice versa.

Conclusion. At an optimal humidity of 18...25% for the saline horizon of the soil, $\mu=0,25...0,42$, $E=14.0...2.6\text{MPa}$, $G=5.6...1.0\text{MPa}$; at a relative humidity of 10...15%, mainly brittle properties are manifested in the soil, since $\mu\rightarrow\text{min}$, $E, G\rightarrow\text{max}$, and at humidity 30...35% - plastic, $\mu\rightarrow\text{max}$, $E, G\rightarrow\text{min}$. Under static load, the maximum breaking force from below is almost 50% lower, and under dynamic load, the specific work is almost twice as low as when the column is destroyed "across". The lowest energy consumption is observed in knives with a sharpening angle of at least 40° . For shock-type working organs, a wedge-shaped shape and an impact velocity of over 4.5 m/s are rational.

Ключевые слова: Столб солонцов, физические постоянные почвы, энергоёмкость разрушения, форма деформатора

Key words: Solontsov column, physical constants of the soil, energy intensity of destruction, shape of the deformer

Введение. В Казахстане более 70 млн. га занимают солонцовые почвы и их комплексы. Научно обоснованная мелиоративная обработка этих комплексов позволяет в 5...10 раз увеличить продуктивность кормовых угодий и высвободить огромные площади пашни, занятые под кормовыми культурами, для посева основных зерновых культур. Общими свойствами всех типов солонцов являются четкое подразделение профиля по генетическим горизонтам: А – маломощный надсолонцовый плодородный горизонт с высоким содержанием гумуса, по структуре близки к обычным почвам; В₁ и В₂ - солонцовый и подсолонцовый горизонты имеют тяжелый механический состав, высокий объемный вес, очень малое содержание гумуса, малая влагоемкость и слабая водопроницаемость [1,2,3,4,5]. Целью настоящего исследования является изыскания путей определения физико – механических, технологических свойств солонцов для эффективной обработки кормовых угодий.

Обзор литературы. По данным отечественных и зарубежных ученых [4,6,8,9] в пределах небольших площадей основные мелиоративные параметры солонцов глубина залегания карбонатов и содержания натрия претерпевают значительные колебания. Специфические свойства солонцовых почв выражены тем, что генетические горизонты пахотного слоя разрушаются с минимальными затратами при воздействии на них различными видами деформаций. Горизонты А, В₂ разрушаются легче резанием, а В₁ – сжатием в горизонтальной плоскости. Применение к их обработке почвообрабатывающей техники и технологий для обычных зональных почв дает низкое качество пашни при больших энергозатратах. Причиной является не соответствие технологических схем и параметров рабочих органов машин к специфическим технологическим и физико - механическим свойствам солонцов. В литературах достаточно приведены данные о свойствах зональных почв [3,10,11,12], но отсутствуют информация о физико-механических свойствах солонцов. Проектирование почвообрабатывающих машин тесно связано с физико - механическими свойствами почвы, как среды, взаимодействующей с их рабочими органами [7,13,14,15,16]. Поэтому разработка методов определения этих свойств, изучения закономерностей изменения энергоемкости разрушения солонцов от параметров и направления воздействия деформатора является актуальной проблемой.

Материалы и методы. Теоретические исследования отечественных и зарубежных ученых показали [12,13,19], что обоснования конструктивно-режимных параметров почвообрабатывающих машин тесно связаны с физико-механическими свойствами почвы (модуль деформации E , модуль сдвига G и коэффициент Пуассона μ), с закономерностями изменения энергоемкости разрушения столбов солонцов от скорости и направления действия, угла заточки деформатора, определяемые опытным путем. Для тяжелых почв в виде солонцовых физические постоянные изучены недостаточно и требует разработки нестандартных методик их определения.

Многочисленные исследования по разрушению горных пород и мерзлых грунтов показали, что среди механических способов разрушения эффективными являются срез и удар [20,21]. Поэтому особенности разрушения столбцов солонцов при ударном воздействии рабочего органа различной формы требует экспериментального изучения.

Методика изучения физических констант солонцовых почв

Элементарный объем почвы сжимается в стакане без бокового расширения (рис. 1). Напряжения σ_x , σ_y равны между собой, а напряжение σ_z – распределенному давлению p на почву. Относительные деформации ε_x , ε_y равны нулю

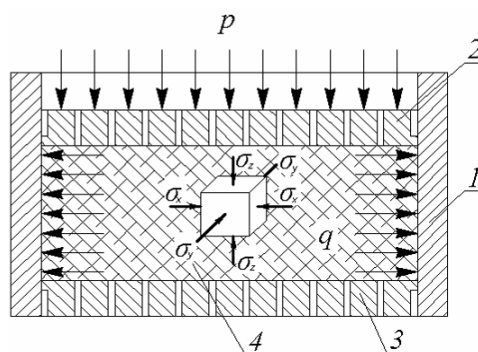


Рисунок 1 – Сжатие почвы в стакане без бокового расширения. 1- тензометрическое кольцо; 2- поршень; 3- нижняя пластина; 4- почва.

Значения напряжений σ_x, σ_y при $\varepsilon_x = 0$,

$$\sigma_x = \sigma_y = \mu \cdot \sigma_z / (1 - \mu) \quad (1)$$

Коэффициент бокового давления ξ равен

$$\xi = \mu / (1 - \mu), \quad (2)$$

Коэффициент характеризует отношение горизонтального давления к вертикальному при невозможности бокового расширения.

Практическое значение коэффициента бокового давления определяется из выражения (рис. 2)

$$\xi = \frac{q}{p - p_k} \quad (3)$$

где p_k - капиллярное давление [10].

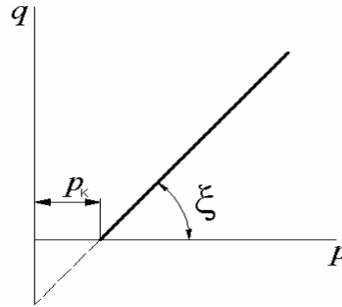


Рисунок 2 – Зависимость между вертикальным p и горизонтальным q давлениями

Тогда физические постоянные почвы равны :

- коэффициент Пуассона

$$\mu = \xi / (1 + \xi) \quad (4)$$

- модули деформации E и сдвига G

$$E = \frac{p}{\varepsilon_z} \left(1 - 2 \frac{\mu^2}{1 - \mu} \right) \quad (5); \quad G = \frac{p \left(1 - 2 \frac{\mu^2}{1 - \mu} \right)}{2 \varepsilon_z (1 + \mu)} \quad (6)$$

где ε_z - относительная деформация в направлении оси z .

Полученные выражения позволяют рассчитать физические постоянные для солонцов при экспериментальном определении величин бокового давления ξ и относительной деформаций ε_z сжатия образца почвы.

Для определения деформации почвы на цилиндрический тензометрический стакан наклеивались последовательно с интервалом в 90° четыре тензометрических датчика, сопротивлением 50 Ом. Компенсирующие датчики наклеивались на аналогичную обойму, которая во время проведения опытов находилась в таких же условиях, что и измерительная без нагрузки.

Монолиты почвы от каждого горизонта доводились до определенной влажности путем капиллярного насыщения и равномерного распределения влаги по объему в эксикаторе.

Поверхность поршня и пластины покрывалась фторопластом с целью уменьшения трения почвы в стакане. В опытах нормальное давление p на образец почвы изменяли ступенями от $0,05 \text{ МПа}$ до $0,6 \text{ МПа}$. Для регистрации перемещения сжимающего поршня использовались индикатор часового типа, а боковое давление на стенки тензометрического стакана измеритель статической деформации ИСД -3 [22].

Методика исследований энергоемкости разрушения солонцов срезом

Целью исследования является выявление энергоемкости разрушения почвенных комков тяжелых почв при статических и динамических нагрузках в зависимости от скорости (v), направления удара и угла заточки деформатора. Динамическое разрушение производилось на специальном маятниковом копре (рис. 3).

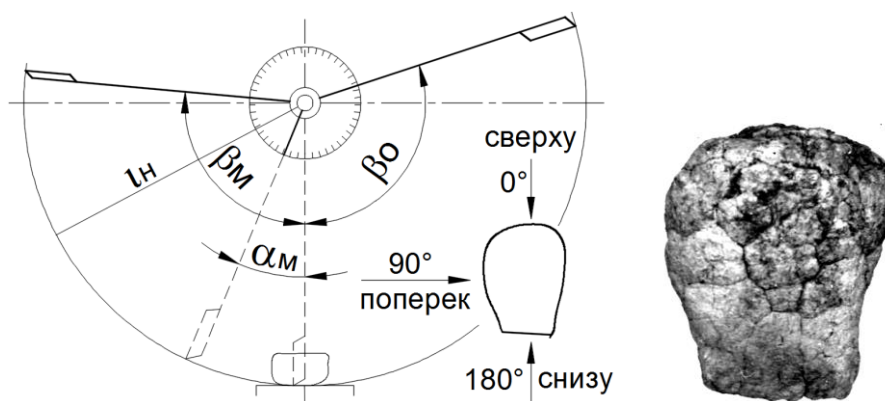


Рисунок 3 – Схема работы маятникового копра и столб солонца

За основу принята известная методика исследования образцов почвы, сельскохозяйственных растений на маятниковом копре путем проведения тарировки с определением массы маятника, положения центра тяжести и центра удара, линейной скорости ножа. Для нахождения центра тяжести маятник в собранном виде укладывали на лезвие и уравнивали. Расстояние от центра тяжести маятника до центра качания измеряли с точностью до 1мм. Положение центра удара определяли через период колебания по формуле [10]

$$\ell = \frac{T_M^2 \cdot q}{4 \cdot \pi^2}, \quad (7)$$

где ℓ - расстояние от центра удара до оси качания, м;

T_M - период колебания маятника, с;

q - ускорение свободного падения, м/с.

Линейная скорость ножа определялась по формуле

$$v = k_1 \cdot \sqrt{2 \cdot q \cdot r_1 (1 - \cos \beta_0)}, \quad (8)$$

где β_0 - угол бросания маятника, град.;

k_1 - коэффициент, учитывающий потерю скорости от трения в подшипнике и подвижных частях копра, от сопротивления воздуха и определяется при тарировке копра с различной массой маятника;

r_1 - радиус качания ножа, м.

Образцы почвы представляли собой столбцы солонца естественного сложения, которые подбирались с одного участка. Для каждого варианта опыта подбирались образцы одинакового сложения и размера, с промером каждого образца по длине и диаметру и взвешиванием с точностью до 0,010кГ (рис. 3).

При испытании образец почвы ложился на стол копра так, чтобы осевая линия образца совпадала со следом хода маятника, а конец образца упирался в порожек, а с боков обкладывался мешочками с песком, чтобы при разрушении стружка имела свободное перемещение с боков и сверху.

Лабораторные исследования предусматривали изменение скорости от 3.0 до 6.6м/с в трех вариантах опытов – при ударе «сверху», «снизу» и «поперек» почвенного образца. На рисунке показаны различные направления удара.

Исследование зависимости энергоемкости разрушения почвенных образцов от угла заточки ножа проводилось при постоянной скорости ножа и направлении удара «снизу». В качестве деформатора был принят простейший пластинчатый нож с двусторонней заточкой. Углы заточки 15, 30, 45, 60, 120 град. Нижний и верхний пределы взяты из соображений, что исследуемая почва отлична от других почв, на которых были проведены подобные исследования [13,20], где найдены оптимальные углы заточки 15...50 град.

Работа на разрушение определялась путем фиксации угол взлета стрелки маятника в холостую β_M и при разрушении α_M столбца. В зависимости от энергии необходимой на разрушение образца, масса маятника менялась за счет дополнительных грузов, навешиваемых на него. Энергия разрушения образца определялась

$$\mathcal{E} = Q_M \cdot r_1 (\cos \alpha_M - \cos \beta_M), \quad (9)$$

где \mathcal{E} - энергия разрушения образца, Дж;

Q_M - масса маятника с ножом, Н;

r_1 - радиус качания ножа, м;

α_M - угол взлета маятника после совершения работы, град.;

β_M - угол взлета маятника до совершения работы, град.

В экспериментальных исследованиях подобрать образцы почвы одинакового сечения практически не возможно, поэтому для сравнения различных вариантов вычисляли удельную работу

$$\mathcal{E}_{уд} = \mathcal{E} / A, \quad (10)$$

где A - площадь поперечного сечения образца, м².

Методика исследований энергоемкости разрушения солонцов ударом

Исследование проводилось на изготовленном специальном копре (рис. 4).

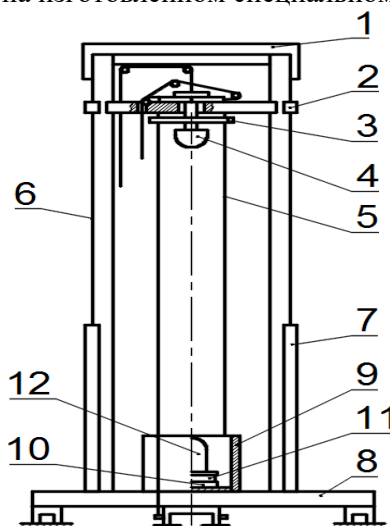


Рисунок 4 – 1 - траверса неподвижная; 2 - траверса подвижная; 3 - крестовина; 4 - ударник; 5 -четыре вертикально-натянутые проволоки; 6 - вертикальные стойки; 7 - вертикальные направляющие; 8 - основание копра; 9 - предохранительный стакан; 10 - стальные плиты; 11 - четыре алюминиевые проволоки; 12 - образец

Методика основана на замере величины изменений толщины калиброванной алюминиевой проволоки, пропорциональных энергии удара и на принцип разрушения почвенных образцов столбчатого солонца однократным ударом с последующим ситовым анализом полученных продуктов. В задачу исследований входило выявление поверхностной энергоемкости разрушения столбцов солонца при динамических нагрузках в зависимости от контактной поверхности ударника, скорости и энергии воздействия. В опытах применяли ударники клиновидной и цилиндрической формой контактной поверхности и принято направление удара поперек столба.

Удельная поверхность комочка одинакового диаметра независимо формы

$$S_{уд} = \frac{G}{\gamma \cdot d_{cp}}, \quad \text{см}^2/\text{г} \quad (11)$$

где G – вес фракции, кг;

γ – объемный вес образца солонцовый почвы, г/см³;

d_{cp} – средний диаметр комочка в фракции, см.

Средний диаметр одинаковых комочек

$$d_{cp} = \frac{d_6 - d_n}{2} \quad (12)$$

где d_6, d_n – размеры отверстий верхних и нижних сит, см.
 Величина площади поверхности всех фракций

$$S_k = \sum_{i=1}^n S_{y\partial_i} \cdot Q_i, \quad \text{см}^2 \quad (13)$$

где Q_i – весовой выход каждой фракций, кг.
 Удельная поверхностная энергоёмкость

$$\Pi_{y\partial} = \frac{U}{S_k - S_n}, \quad (14)$$

где S_k, S_n – площади образца после и до удара, см²
 U – поглощенная энергия удара, кг×см.

Поглощенная энергия на образование новой поверхности равна разности запасенной потенциальной и неиспользованной энергии ударника.

Площадь образца до удара равна

$$S_n = \pi \cdot D \cdot h + \frac{\pi \cdot D^2}{2} \quad (15)$$

где D – диаметр образца, см;
 h – высота образца, см.

Результаты исследования и обсуждение. По результатам лабораторных опытов построены графики зависимости физических постоянных для каждого горизонта почвы от их влажности (рис. 5,6).

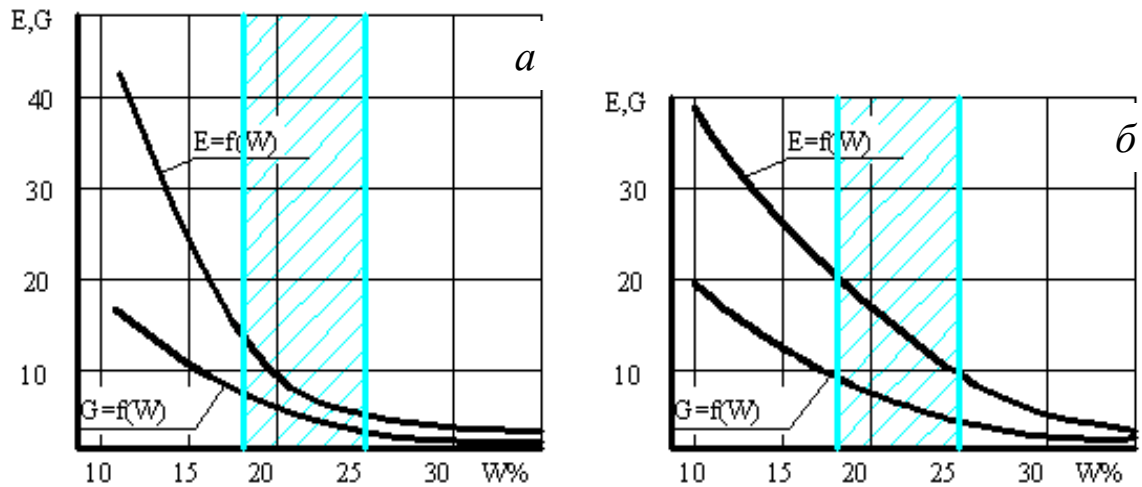


Рисунок 5 – График изменения модуля сдвига G и модуля деформации E почвы от влажности W :

а) солонцового горизонта; б) подсолонцового горизонта.

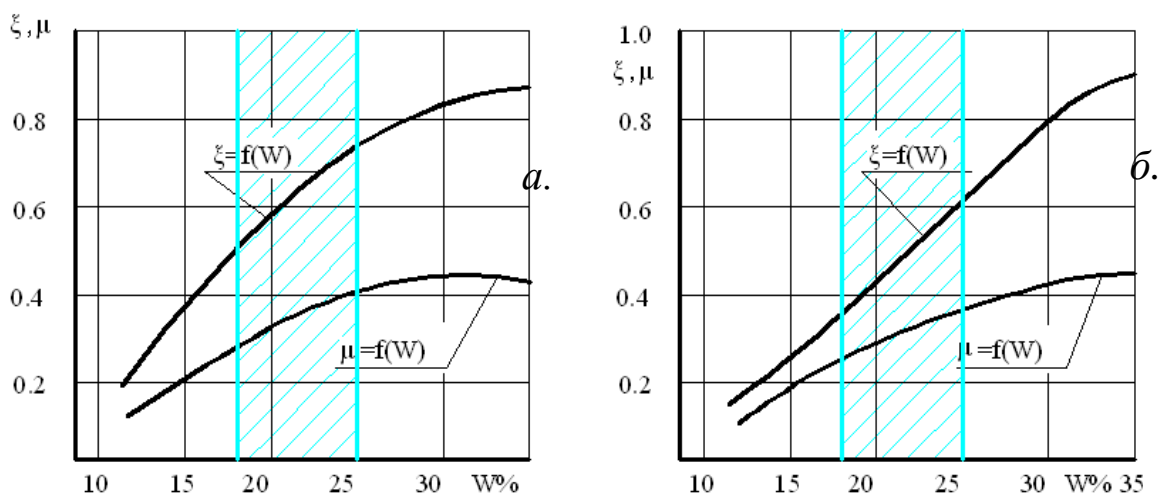


Рисунок 6 – График изменения коэффициента бокового распора ξ и коэффициента Пуассона μ почвы от влажности W : а) солонцового горизонта; б) подсолонцового горизонта.

Анализ экспериментальных данных показывает:

1. С увеличением влажности модули деформации и сдвига уменьшаются по гиперболической зависимости, а коэффициент Пуассона возрастает.

2. Оптимальной влажностью для пахотного горизонта является $18...25\%$. Значения физических постоянных по горизонтам изменяются в пределах:

- солонцовый – $E = 14,0...2,6$ МПа, $G = 5,6...1,0$ МПа; $\mu = 0,25...0,42$.

- подсолонцовый – $E = 21,0...10,0$ МПа; $G = 7,5...3,0$ МПа; $\mu = 0,26...0,39$.

3. При влажности почвы больше 27% модули деформации и сдвига сохраняют постоянное значение

4. При относительной влажности $10...15\%$ в почве проявляются в основном хрупкие свойства, так как $\mu \rightarrow \min$, $E \rightarrow \max$, а при влажности $30...35\%$ – пластичные, $\mu \rightarrow \max$, $E \rightarrow \min$.

Полученные результаты подтверждают правильность методических решений и достоверность экспериментальных данных, так как закономерности изменения физических свойств солонцов по горизонтам от влажности однотипны результатами, полученными для обычных почв и грунтов [14,17,24].

Результаты исследований разрушения столбцов солонца срезом

Энергоемкость разрушения столба солонца определялась при динамическом и статическом воздействии деформатора в разных направлениях.

Наименьшая энергоемкость разрушения столба наблюдалась при воздействии вдоль оси «снизу», несколько выше «сверху» и наибольшая «поперек» столба (рис. 7,а).

При разрушении столбов «снизу» и с увеличением скорости деформатора с $2,8$ до $5,5$ м/с нарастание удельной работы идет очень медленно и увеличивается всего на 25% . Идентично нарастание и при ударе «сверху». При ударе «поперек» удельные энергозатраты увеличились на $62,2\%$, что по сравнению с направлением удара «снизу» почти в два раза больше. Удельная работа при ударе «сверху» с минимальной скоростью $2,8$ м/с существенно больше, чем при ударе «снизу». С увеличением скорости удара разница между ними снижается и при скорости $5,5$ м/с разница почти сводится к нулю. Увеличение затраты энергии на разрушения столбов солонца при ударе «поперек» объясняется характером сложения его. Столб солонца сложен из отдельных элементов ориентированных вдоль оси столба солонца вертикально.

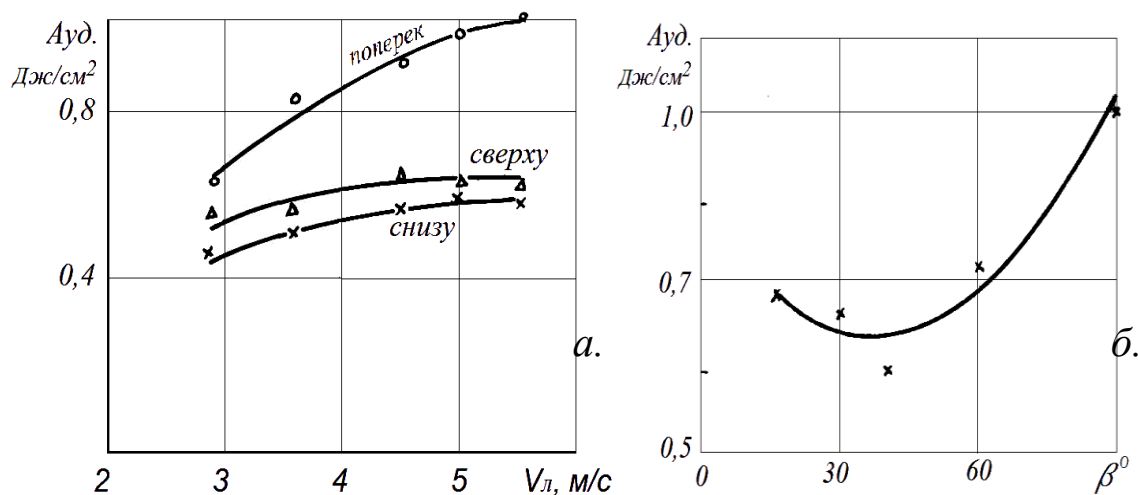


Рисунок 7 – Зависимость энергоёмкости разрушения столба $A_{уд}$:

а. от скорости $U_{л}$ и направления удара; б. от угла заточки ножа β

В том же направлении расположены и центральные «ликвационные» трещины, образующиеся под действием природных факторов: смены температур, влажности, проникновения корней растений и т. д. Поэтому при ударе «снизу», внедрение ножа идет в менее твердую и более рыхлую часть столба солонца, а головка его разрывается по линиям наименьших связей. Несколько большая удельная работа при ударе «сверху», хотя и направление удара идет вдоль оси столба солонца, объясняется тем, что процесс внедрения рабочего органа начинается с головки солонца наиболее твердой и устойчивой к разрушению.

При резании «поперек» энергоёмкость разрушения столба солонца значительно выше, ввиду того, что лезвие ножа вдавливаются в наиболее плотную часть почвенных агрегатов, а скалывание, разрыв стружки идет по продольным трещинам, не требующих больших усилий.

Энергоёмкость разрушения комков солонца деформаторами с различными углами заточки β приведена на рисунке 7,б. Наименьшая удельная работа находится в интервале углов заточки 32° ... 40° . Увеличение удельной работы при остром угле заточки равным 17° объясняется резанием столба солонца, а не раскалыванием его по «ликвационным» трещинам- линиям наименьших связей. Нож с углом заточки 40° затрачивает на 15% меньше энергии, чем нож с углом равным 17° и на 34%, чем нож с углом 90° . Полученные данные согласуется с данными других исследователей [20,23,25].

При статическом разрушении столбов солонца, также как и при динамическом, среднее усилие резания вдоль столба значительно ниже, чем при резании поперек оси столба (табл. 1), соответственно, для ножей с различными углами заточки на 48, 59, 24%.

Таблица 1 – Усилие резания столбов солонца при статическом нагружении

| Направление деформатора | Угол заточки ножа, град. | | | | | |
|-------------------------|--------------------------|---------------|-------------|---------------|-------------|---------------|
| | 17 | | 30 | | 90 | |
| | $P_{ср}, Н$ | $P_{уд}, кПа$ | $P_{ср}, Н$ | $P_{уд}, кПа$ | $P_{ср}, Н$ | $P_{уд}, кПа$ |
| Вдоль | 580 | 72 | 546 | 62 | 732 | 73 |
| Поперек | 850 | 158 | 870 | 83 | 910 | 91 |

Следует отметить, что при нагружении вдоль оси столба усилие круто растет до максимальной величины, а затем резко падает почти до нуля, то есть столб солонца сразу разрывается и усилие затрачивается только на преодоление трения боковых граней ножа. При нагружении поперек столба усилие также резко возрастает до максимальной величины, затем резко падает и снова начинает резко возрастать почти до первого максимума и также круто падает, т. е. в отличие от характера разрушения вдоль, опережающие трещины скалывания при резании поперек достигают только продольной трещины, после разрушения микростолбика, и дальше развивается в

продольном направлении, а лезвие ножа упирается в следующий столбик, усилие увеличивается до предельного напряжения, и цикл повторяется до полного разрушения столба. Это показывает, что столб солонца разрушается как хрупкое тело.

Результаты исследования по изучению влияния формы и скорости воздействия ударников на почву.

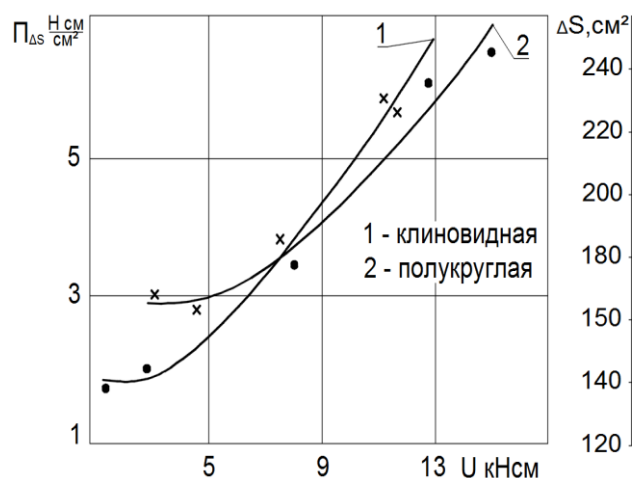


Рисунок 8 – Соотношение между удельной поверхностной энергоемкостью $P_{\Delta S}$ и поглощенной энергией удара U для ударника с формой: 1.клиновидная; 2. полукруглая.

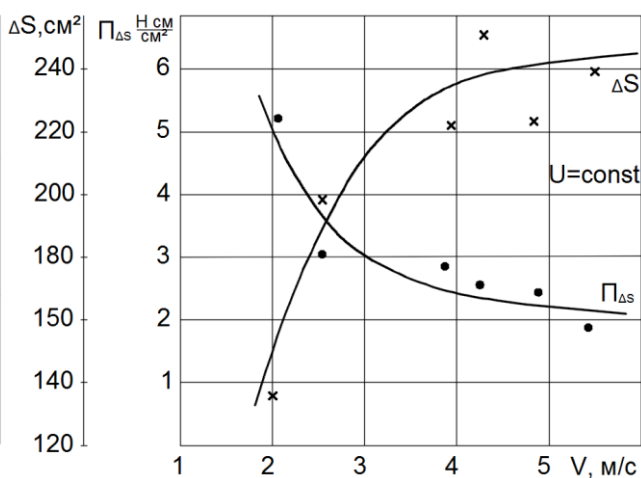


Рисунок 9 – Зависимость удельной поверхностной энергоемкости $P_{\Delta S}$ и образованной поверхности образца ΔS от скорости воздействия ударника

Клиновидная форма ударника наиболее эффективна, так как при этом величина удельной поверхностной энергии разрушения минимальна (рис. 8). Изменение скорости воздействия ударника на образец в диапазоне от 4.5 до 6.0 м/с практически не вызывает изменения удельной поверхностной энергоемкости ($P_{\Delta S}=2 \text{ Hcm/cm}^2$), хотя при меньших скоростях до 2.5 м/с удельная поверхностная энергоемкость резко увеличивается до 4 Hcm/cm^2 . С ростом скорости воздействия ударника на почву увеличивается величина вновь образованной поверхности разрушенного образца и наоборот (рис. 9).

Заключение.

1.Полученные значения физических свойств солонцов по горизонтам позволяет их использовать при проектировании рабочих органов почвообрабатывающих машин. Обработка тяжелых почв при оптимальной влажности 18...25% обеспечивает высокую степень крошения при наименьших энергозатратах.

2.Наименьшая энергоемкость крошения при динамическом и статическом нагрузках наблюдается при нагружении вдоль оси столба. При статической нагрузке предельное усилие разрушения снизу ниже почти на 50%, а при динамической нагрузке удельная работа ниже почти в два раза, чем при разрушении столба «поперек». Для солонцов с абсолютной влажностью в пределах 10% наименьшая энергоемкость наблюдается у ножей с углом заточки не менее 40° .

3.Для рабочих органов ударного типа рациональной является клиновидная форма и скорость воздействия свыше 4.5 м/с.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Пак, К.П. Солонцы СССР и пути повышения их плодородия [Текст] / К.П. Пак. // М.: Колос, 1975. – 382с.
- 2 Бараев, А.И. Резервы целинного земледелия [Текст] / А.И. Бараев // В кн.: Теоретические основы и опыт мелиоративной обработки и химической мелиорации солонцовых почв: Тезисы докладов на Всесоюзном НТС (п. Шортанды, 1980г.). – Целиноград. - 1980. – С. 6-7.
- 3 Система ведения сельского хозяйства Западно-Казахстанской области // Уральск, 2004г. – С. 276.
- 4 Чултуров, Ш.М. Типы структур почвенного покрова солонцовых комплексов зоны каштановых почв Актыубинской области [Текст] / Ш.М. Чултуров [и др.] // В кн.: Новое в мелиорации солонцов.- Омск,1973. – С. 14-16.

- 5 Karaca, S. "Relationships between soil properties, topography and land use in the Van Lake Basin [Text] / S.Karaca [and etc.] // Turkey" Eurasian J. Soil Sci, vol.7, no.2, pp.115 - 120 (Apr 2018), DOI : 10.18393/ejss.348412.
- 6 Вьюрков, В.В. Севообороты, обработка и воспроизводство плодородия в почвозащитном земледелии Приуралья / В. В. Вьюрков [и др.] // Аналит. обзор. – Уральск: Зап. - Каз. ЦНТИ, 2003. – 71с.
- 7 Кулебакин, П. Г. Послойная обработка солонцов Барабинской низменности / П. Г. Кулебакин // Новосибирск, 1980. – 151 с.
- 8 Endalkachew, F. "Organic and inorganic amendments on soil chemical properties at different period of incubation of acidic soil" [Text] / F. Endalkachew [and etc.] // Eurasian J. Soil Sci, volume 7, Issue 3, Jul 2018, Pages 273 - 283 , DOI: 10.18393/ejss.435095.
- 9 Yakupoğlu, T. "Comparison of two different ophiolite districts in terms of some soil physical properties of grounds" [Text] / T. Yakupoğlu [and etc.] // Eurasian Journal of Soil Science, 7.1 (2018):1 - 8. DOI: 10.18393/ejss.327469.
- 10 Физко-механические свойства растений, почв и удобрений. Методы исследования, приборы, характеристики // М.: Колос, 1970. - 423с.
- 11 Khadka, D. "Evaluation of soil fertility status of Regional Agricultural Research Station, Tarahara, Sunsari, Nepal" [Text] / D. Khadka [and etc.] // Eurasian J. Soil Sci, vol.6, no.4, pp.295-306 (Sep 2017), DOI : 10.18393/ejss.303512.
- 12 Keshavarzi, A. "Spatial and fractal characterization of soil properties across soil depth in an agricultural field, Northeast Iran" [Text] / A. Keshavarzi [and etc.] // Eurasian J. Soil Sci, volume 7, Issue 2, Apr 2018, Pages 93 - 102 , DOI: 10.18393/ejss.339032.
- 13 Беллер, В.Х. Исследование и обоснование параметров плоскорезно-роторного рыхлителя солонцов [Текст] / автореф. дис. ... канд. техн. наук В.Х. Беллер // Челябинск, 1982. -17с.
- 14 Виноградов, В. И. Энергоемкость резания почвенной стружки горизонтальными ножами ротационного плуга типа РП-190 [Текст] / В. И. Виноградов, В. Е. Рогоза // Мат. НТС ВИСХОМ. – М., 1970, вып. 27. – С. 396–403.
- 15 Нуралин, Б.Н. Сравнительный анализ рабочих органов плоскореза-глубоко рыхлителя на основе компьютерного моделирования [Текст] / Н. Нуралин [и др.] // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. Научно-теоретический журнал. - М., 2012. №1. - С.39-41.
- 16 Нуралин, Б.Н. Тяговое сопротивление плоскорезающей лапы с дополнительными рабочими органами [Текст] / Б. Н. Нуралин [и др.] // Тракторы и сельхоз машины: Научно-практический журнал - М., 2011. №11. - С.36-38.
- 17 Кушнарев, А.С. Характер образования трещин в почве перед вертикальными деформаторами [Текст] / А.С. Кушнарев [и др.] // В кн.: Почвообрабатывающие машины и динамика агрегатов. Труды ЧИМЭСХ, вып. 46. – Челябинск, 1969. – С.35-42.
- 18 Подскребко, М.Д. Повышение эффективности использования тракторных агрегатов на основной обработке почвы [Текст] / автореф. дис. ... доктор техн. наук М.Д. Подскребко // Челябинск, 1975. – 52с.
- 19 Belenkov, A. "Theoretical and practical aspects of basic soil treatment in the conditions of modern soil management systems in Russia" [Text] / A. Belenkov [and etc.] // Eurasian Journal of Soil Science, (2018), 7.4:300 - 307. DOI: 10.18393/ejss.448593.
- 20 Зеленин, А.Н. Основы разрушения грунтов механическим способом [Текст] / А.Н. Зеленин // М.: Машиностроение, 1968. - 367с.
- 21 Цытович, Н.А. Механика грунтов [Текст] / Н.А. Цытович // М.: 1973. – 274с.
- 22 Нуралин, Б.Н. Методика определения физических констант для солонцовых почв [Текст] / Б.Н. Нуралин [и др.] // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. –2001. №10.- С.48-52.
- 23 Тагин, Ю.А. Исследование технологических свойств солонцовых почв Барабинской низменности в целях обоснования рациональной технологии их обработки [Текст] / Ю.А. Тагин // Автореф. дис. канд. техн. наук.- Омск, 1970. - 20с.
- 24 Рахматуллин, Х. А. Вопросы динамики грунтов [Текст] / Х. А. Рахматуллин // М.: МГУ, 1964. – 239 с.
- 25 Cercioglu, M "Imaging soil pore characteristics using computed tomography as influenced by agroecosystems" [Text] / M. Cercioglu [and etc.] // Eurasian J. Soil Sci, vol.7, no.3, pp.192 - 202 (Jul 2018), DOI : 10.18393/ejss.396237.

REFERENCES

- 1 Pak, K.P. Soloncy SSSR i puti povyshenija ih plodorodija [Tekst] / K.P. Pak. // M.: Kolos, 1975. – 382s.
- 2 Baraev, A.I. Rezervy celinnogo zemledelija [Tekst] / A.I. Baraev // V kn.: Teoreticheskie osnovy i opyt meliorativnoj obrabotki i himicheskoj melioracii soloncovyh pochv: Tezisy dokladov na Vsesojuznom NTS (p. Shortandy, 1980g.). – Celinograd. - 1980. – S. 6-7.
- 3 Sistema vedenija sel'skogo hozjajstva Zapadno-Kazahstanskoj oblasti // Ural'sk, 2004g. – S. 276.
- 4 Chulturov, Sh.M. Tipy struktur pochvennogo pokrova soloncovyh kompleksov zony kashtanovyh pochv Aktjubinskoj oblasti [Tekst] / Sh.M. Chulturov [i dr.] // V kn.: Novoe v melioracii soloncov.- Omsk, 1973. – S. 14-16.
- 5 Karaca, S. "Relationships between soil properties, topography and land use in the Van Lake Basin [Text] / S.Karaca [and etc.] // Turkey" Eurasian J. Soil Sci, vol.7, no.2, pp.115 - 120 (Apr 2018), DOI : 10.18393/ejss.348412.
- 6 V'jurkov, V.V. Sevooboroty, obrabotka i vosproizvodstvo plodorodija v pochvozashhitnom zemledelii Priural'ja / V. V. V'jurkov [i dr.] // Analit. obzor. – Ural'sk: Zap. - Kaz. CNTI, 2003. – 71s.
- 7 Kulebakin, P. G. Poslojnaja obrabotka soloncov Barabinskoj nizmennosti / P. G. Kulebakin // Novosibirsk, 1980. – 151 s.
- 8 Endalkachew, F. "Organic and inorganic amendments on soil chemical properties at different period of incubation of acidic soil" [Text] / F. Endalkachew [and etc.] // Eurasian J. Soil Sci, volume 7, Issue 3, Jul 2018, Pages 273 - 283 , DOI: 10.18393/ejss.435095.
- 9 Yakupoğlu, T. "Comparison of two different ophiolite districts in terms of some soil physical properties of grounds" [Text] / T. Yakupoğlu [and etc.] // Eurasian Journal of Soil Science, 7.1 (2018):1 - 8. DOI: 10.18393/ejss.327469.
- 10 Fiziko-mehaničeskie svojstva rastenij, pochv i udobrenij. Metody issledovanija, pribory, harakteristiki // M.: Kolos, 1970. - 423s.
- 11 Khadka, D. "Evaluation of soil fertility status of Regional Agricultural Research Station, Tarahara, Sunsari, Nepal" [Text] / D. Khadka [and etc.] // Eurasian J. Soil Sci, vol.6, no.4, pp.295-306 (Sep 2017), DOI : 10.18393/ejss.303512.
- 12 Keshavarzi, A. "Spatial and fractal characterization of soil properties across soil depth in an agricultural field, Northeast Iran" [Text] / A. Keshavarzi [and etc.] // Eurasian J. Soil Sci, volume 7, Issue 2, Apr 2018, Pages 93 - 102 , DOI: 10.18393/ejss.339032.
- 13 Beller, V.H. Issledovanie i obosnovanie parametrov ploskorezno-rotornogo ryhlitelja soloncov [Tekst] / avtoref. dis. ... kand. tehn. nauk V.H. Beller // Cheljabinsk, 1982. -17s.
- 14 Vinogradov, V. I. Jenergoemkost' rezanija pochvennoj struzhki gorizonta'nymi nozhami rotacionnogo pluga tipa RP-190 [Tekst] / V. I. Vinogradov, V. E. Rogoza // Mat. NTS VISHOM. – M., 1970, vyp. 27. – S. 396–403.
- 15 Nuralin, B.N. Sravnitel'nyj analiz rabochih organov ploskoreza-gluboko ryhlitelja na osnove komp'juternogo modelirovanija [Tekst] / N. Nuralin [i dr.] // Vestnik Rossijskoj akademii sel'skohozjajstvennyh nauk. Nauchno-teoretičeskij zhurnal. - M., 2012. №1. - S.39-41.
- 16 Nuralin, B.N. Tjagovoe soprotivlenie ploskorezhushhej lapy s dopolnitel'nymi rabochimi organami [Tekst] / B. N. Nuralin [i dr.] // Traktory i sel'hoz mashiny: Nauchno-praktičeskij zhurnal - M., 2011. №11. - S.36-38.
- 17 Kushnarev, A.S. Harakter obrazovanija treshhin v pochve pered vertikal'nymi deformatorami [Tekst] / A.S. Kushnarev [i dr.] // V kn.: Pochvoobrabatyvajushhie mashiny i dinamika agregatov. Trudy ChIMJeSH, vyp. 46. – Cheljabinsk, 1969. – S.35-42.
- 18 Podskrebko, M.D. Povyszenie jeffektivnosti ispol'zovanija traktornyh agregatov na osnovnoj obrabotke pochvy [Tekst] / avtoref. dis. ... doktor tehn. nauk M.D. Podskrebko // Cheljabinsk, 1975. – 52s.
- 19 Belenkov, A. "Theoretical and practical aspects of basic soil treatment in the conditions of modern soil management systems in Russia" [Text] / A. Belenkov [and etc.] // Eurasian Journal of Soil Science, (2018), 7.4:300 - 307. DOI: 10.18393/ejss.448593.
- 20 Zelenin, A.N. Osnovy razrushenija gruntov mehaničeskim sposobom [Tekst] / A.N. Zelenin // M.: Mashinostroenie, 1968. - 367s.
- 21 Cytovich, N.A. Mehanika gruntov [Tekst] / N.A. Cytovich // M.: 1973. – 274s.
- 22 Nuralin, B.N. Metodika opredelenija fizičeskikh konstant dlja soloncovyh pochv [Tekst] / B.N. Nuralin [i dr.] // Vestnik sel'skohozjajstvennoj nauki Kazahstana. –2001. №10.- S.48-52.

23 Tagin, Ju.A. Issledovanie tehnologicheskikh svoystv soloncovykh pochv Barabinskoy nizmennosti v celjah obosnovaniya racional'noj tehnologii ih obrabotki [Tekst] / Ju.A. Tagin // Avtoref. dis. kand. tehn. nauk.- Omsk, 1970. - 20s.

24 Rahmatullin, H. A. Voprosy dinamiki gruntov [Tekst] / H. A. Rahmatullin // M.: MGU, 1964. – 239 s.

25 Cercioglu, M "Imaging soil pore characteristics using computed tomography as influenced by agroecosystems" [Text] / M. Cercioglu [and etc.] // Eurasian J. Soil Sci, vol.7, no.3, pp.192 - 202 (Jul 2018), DOI : 10.18393/ejss.396237.

ТҮЙІН

Ауыл шаруашылығы өндірісін интенсификациялаудың маңызды элементтері жер ресурстарын ұтымды пайдалану, мал шаруашылығының берік жемшөп базасын құру, өнімділігі төмен жерлердің құнарлылығын арттыру болып табылады. Осыны тиімді іске асыру табиғи құнарлылықты барынша пайдалана отырып, сортаң топырақты игерумен байланысты.

Тұзды батпақтардың ерекшеліктерін ескермей, қарапайым топырақты өңдеуге арналған құралдарды қолдану көбінесе жердің "бүлінуіне", яғни оның табиғи құнарлылығының төмендеуіне әкеледі. Шалғындар мен жайылымдарды түбегейлі жақсарту кезінде әр аймақтың ішіндегі тұзды топырақтардың физикалық-механикалық және сулы-физикалық қасиеттерінің әртүрлілігін және олардың аймақтық қасиеттерінің айырмашылығын ескеру қажет. Физикалық тұрақтыларды анықтау үшін (бойлық деформация E , ығысу модульдері G және Пуассон коэффициенті μ), сынудың энергия сыйымдылығының деформатордың әсер ету жылдамдығы мен бағытынан, қайрау бұрышынан өзгеру заңдылығын зерттеу үшін тұзды бағаналар маятникті және арнайы копрада динамикалық ығысу мен соққыға, топырақты ығыстыруға сынау үшін арналған арнайы қондырғыда сығуға зерттелді.

Пуассон коэффициентінің, бойлық деформация және ығысу модульдерінің шамалары ылғалдылыққа байланысты. Ылғалдылықтың жоғарылауымен бойлық деформация және ығысу модульдері гиперболалық тәуелділікте азаяды, Пуассон коэффициенті артады. Статикалық және динамикалық жүктемелер кезінде үлгіні бұзудың ең аз энергия сыйымдылығы ось бойымен "төменнен", "жоғарыдан" сәл жоғары және ең үлкен мәні "көлденеңінен" әсер ету кезінде байқалды. Деформатордың сына тәрізді формасы ең тиімді, себебі қираудың нақты беттік энергиясының мөлшері минималды. Топыраққа әсер ету жылдамдығының жоғарылауымен қираған үлгінің жаңадан пайда болған бетінің мөлшері артады және керісінше.

Топырақтың сортаң көкжиегі үшін оңтайлы ылғалдылық 18...25% болса, $\mu=0,25...0,42$, $E=14,0...2,6\text{МПа}$, $G=5,6...1,0\text{МПа}$; салыстырмалы ылғалдылық 10...15% болса, топырақта негізінен морт сынғыш қасиеттер пайда болады, өйткені $\mu \rightarrow \text{min}$, $E, G \rightarrow \text{max}$, және ылғалдылығы 30...35% - пластикалық, $\mu \rightarrow \text{max}$, $E, G \rightarrow \text{min}$. Статикалық жүктеме кезінде сынудың шекті күші «төменнен» бабытында 50% - ға төмен, ал динамикалық жүктеме кезінде меншікті жұмыс бағананың «көлденең» бұзылуынан екі есе төмен. Ең аз энергия сыйымдылығы қайрау бұрышы кемінде 40° болатын пышақтарда байқалады. Соққы түріндегі жұмыс органдары үшін сына тәрізді пішін және әсер ету жылдамдығы 4,5 м/с-тан жоғары ұтымды болып табылады.