

УДК 629.3.03

## ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ДВИЖИТЕЛЕЙ И НАГРУЗОЧНЫХ РЕЖИМОВ ТРАКТОРОВ НА ПОЧВУ

Гайнуллин И.А., Зайнуллин А.Р.

*Институт развития образования Республики Башкортостан, Уфа, e-mail: gainullin\_ia@mail.ru*

В статье рассматривается воздействие тракторов на почву. Предлагаются методы и способы снижения негативного воздействия движителей тракторов на почву. Целью исследований является оценка влияния конструктивных параметров движителей и нагрузочных режимов колесных и гусеничных тракторов на почву. Разработана методика определения нормальных давлений и напряжений на различных слоях почвы. При испытаниях датчики давления устанавливались на глубину 0,2, 0,5, 0,8 м. Гусеничные тракторы Т-170М1.03-55, Т-150 нагружались тяговым усилием 80 и 30 кН, колесные тракторы К-701, Т-150К – 50 и 30 кН. Представлены результаты экспериментальных исследований воздействия гусеничных и колесных движителей на почву. В результате исследований установлено, что увеличением тягового класса тракторов, соответственно массы тракторов, возрастает негативное воздействие на почву: увеличивается твердость почвы, значения максимальных давлений тракторов на почву. Установлено, что давление на почву у тракторов Т-150К, Т-170М1.03-55, К-701 соответственно в 1,8; 2,6 и 3,5 раза выше, чем у гусеничного трактора Т-150.

**Ключевые слова:** колесный трактор, гусеничный трактор, движитель, почва, давление на почву, напряжения в почве, уплотнение почвы, машинно-тракторный агрегат, тяговое усилие, датчик давления, скорость движения

## THE INFLUENCE OF DESIGN PARAMETERS OF THE PROPELLER, AND THE LOAD OPERATING TRACTORS ON THE SOIL

Gaynullin I.A., Zaynullin A.R.

*Institute of Education Development of the Republic of Bashkortostan, Ufa, e-mail: gainullin\_ia@mail.ru*

The article discusses the impact of tractors on the soil. Proposed methods and ways to reduce negative impacts of drivers of tractors on the soil. The aim of the study is to assess the influence of structural parameters of the driver and load modes of wheeled and crawler tractors on the soil. The method of determining the normal pressures and stresses at various layers of the soil. In tests, the pressure transducers were installed to a depth of 0,2 m, 0,5 m, 0,8 m. Crawler tractors T-170M1.03-55, T-150 loaded with pulling force of 80 kN and 30 kN, wheeled tractors K-701, T-150K – 50 kN and 30 kN. The results of experimental studies on the effects of tracked and wheeled propulsion on the ground. As a result of researches it is established that the increase in the traction class tractors, respectively, the mass of the tractor, increases the negative impact on soil: increased soil hardness, the values of the maximum pressure of the tractors on the soil. It is established that the ground pressure of tractors T-150K, T-170M1.03-55, K-701, respectively 1,8; 2,6 and 3,5 times higher than that of caterpillar tractor T-150.

**Keywords:** wheeled tractor, crawler tractor, drive, soil, pressure on the soil, stresses in soil, soil compaction, machine and tractor unit, traction, pressure sensor, speed

С развитием технического прогресса, внедрением мощной тракторной энергетики интенсивное воздействие движителей современной техники на почву вызвало ухудшение ее свойств, что отрицательно повлияло на плодородие почвы и урожай сельскохозяйственных культур [1–6]. Особую опасность представляет кумулятивный эффект переуплотнения почвы от повторяющихся воздействий движителей. Степень уплотнения зависит от массы трактора, типа движителя, типа почвы и технологии производства полевых работ [3–5].

Традиционные технологии возделывания сельскохозяйственных культур сопровождаются многократными проходами техники по полю. В результате почва уплотняется, что приводит к ухудшению основных физических и физико-механических свойств пахотного и подпахотного слоев,

снижению урожайности культур и увеличению затрат энергии на выполнение работ. Это проблема становится все острее с массовым применением тяжелых колесных тракторов и комбайнов. Повышенная скорость их движения вызывает большие динамические нагрузки на почву и ее чрезмерное уплотнение. В настоящее время все большее внимание уделяется ресурсосберегающим технологиям, использованию широкозахватных скоростных комбинированных агрегатов [4]. Установлено, что увеличение объемной массы почвы от оптимальной на 0,1...0,3 г/см<sup>3</sup> приводит к снижению урожая на 20...40% [7].

После прохода тракторов по полю в почве образуются уплотненные зоны, концентрирующиеся вокруг следов трактора. Они оказывают влияние на водный, воздушный и питательный режим в почве, потому что уплотненная почва сильнее испаряет вла-

гу и является концентратором, к которому идет естественный приток влаги, что способствует иссушению почвы. При этом возрастает глыбистость пашни, снижается равномерность заделки семян и их полевая всхожесть.

В результате воздействия ходовых систем аппаратов тракторов на почву ухудшаются основные физические и технологические свойства пахотного и подпахотного слоев, на 5...25% снижается урожайность возделываемых культур не только в год уплотнения, но и в последующие годы. Процесс разуплотнения пахотного слоя происходит в течение нескольких лет. Чрезмерное уплотнение пахотного слоя вызывает усиление процессов водной и ветровой эрозии, резко снижает эффективность средств химизации.

На основе анализа научных работ возможно наметить следующие общие направления снижения уплотняющего воздействия МТА на почву (рис. 1) [1–7].

Сохранение плодородия почвы в значительной степени зависит от воздействия на нее машинно-тракторных агрегатов при выполнении механизированных полевых работ. При этом наибольшее влияние оказывают движители тракторов.

**Целью исследований** является оценка влияния конструктивных параметров движителей и нагрузочных режимов колесных и гусеничных тракторов на почву.

#### Материалы и методы исследования

Опыты проводились на поле, подготовленном на посев. Для замера и регистрации параметров использовалась тензометрическая лаборатория ТЛ-2 конструкции НАТИ на шасси автомобиля ГАЗ-66.

Уплотняющее воздействие движителей тракторов на почву замерялось с помощью силоизмерительных датчиков С-20 ГОСТ 15077-71 со специальными изготовленными насадками. В качестве первичных преобразователей использованы проволочные тензорезисторы марки 2ПКВ базы 20 мм с номинальным сопротивлением 200 Ом. Тензорезисторы, собранные по мостовой схеме, подключаются к усилителю экранированным проводом для уменьшения посторонних электрических помех, а после усилителя сигналы поступают на регистрирующую аппаратуру. Перед началом и после окончания измерений датчики давления были тарированы. Тарировочные характеристики аппроксимировали прямой с использованием метода наименьших квадратов.

На выбранном участке отрывали траншею. На дно траншеи по ее продольной оси один из датчиков устанавливался на глубину 0,2 м, второй – на глубину 0,5 м и третий – на глубину 0,8 при расстоянии между датчиками 1 м (рис. 2).

После установки датчиков восстановлена однородность почвенного слоя. Линию установки датчиков трассировали контрастным гибким шнуром.

Начало замеров производилось на расстоянии 5 м от оси первого опорного катка или переднего ко-

леса тракторов до первого датчика. Окончание замеров – после того как последний опорный каток или заднее колесо тракторов удалится от третьего датчика на расстояние 5 м. Скорость движения тракторов над датчиками в течение опытов составила 1 м/с.

Гусеничные тракторы Т-170М1.03-55, Т-150 нагружались тяговым усилием 80, 30 кН, колесные тракторы К-701 – 50 кН, Т-150К – 30 кН. На каждом режиме воздействий проводилось не менее трех зачетных опытов. Влажность почвы была в пределах 12...24%.

Твердость почвы определялась по следу и вне следа движителя в 6-кратной повторности. Замеры твердости проводились твердомером Ревякина на глубину 0–30 см по каждому варианту опытов. Величина твердости почвы определялась по формуле

$$P = Fq/lS,$$

где  $q$  – масштаб пружины, кг/см;  $S$  – площадь поперечного сечения плунжера, см<sup>2</sup>;  $F$  – площадь диаграммы, мм<sup>2</sup>;  $l$  – длина диаграммы, мм.

Влажность почвы определялась весовым методом. Ширина и глубина колеи замерялось по 25–30 раз трактором по каждому варианту движителя.

#### Результаты исследования и их обсуждение

Результаты оценки твердости почвы по следу тракторов сведены в табл. 1, результаты воздействия на почву движителей колесных тракторов К-701, Т-150К и движителей гусеничных тракторов Т-170М1.03-55, Т-150 представлены в табл. 2–5.

В результате исследований установлено, что с увеличением тягового класса тракторов, соответственно массы тракторов, возрастает негативное воздействие на почву: увеличивается твердость почвы и значения максимальных давлений тракторов на почву. Из данных табл. 1 следует, что показатели твердости почвы после прохождения колесного трактора К-701 увеличиваются по всем слоям по сравнению с гусеничным трактором Т-150. Высокая твердость почвы по следу установлена на верхних слоях, у всех типов движителей, особенно у колесных тракторов. Твердость верхнего слоя почвы по следу движителей у колесных тракторов К-701, Т-150К выше, чем у гусеничных тракторов. Увеличение твердости на верхних слоях почвы влияет на заделку семян при посеве сельскохозяйственных культур и соответственно на их урожайность. Твердость почвы на глубине 20–30 см по следу движителя гусеничного трактора Т-150 практически не изменяется. Характер распространения давления по глубине четырех типов тракторов различны. Установлено, что давление на почву соответственно у тракторов Т-150К, Т-170М1.03-55, К-701 в 1,8; 2,6 и 3,5 раза выше, чем у гусеничного трактора Т-150.

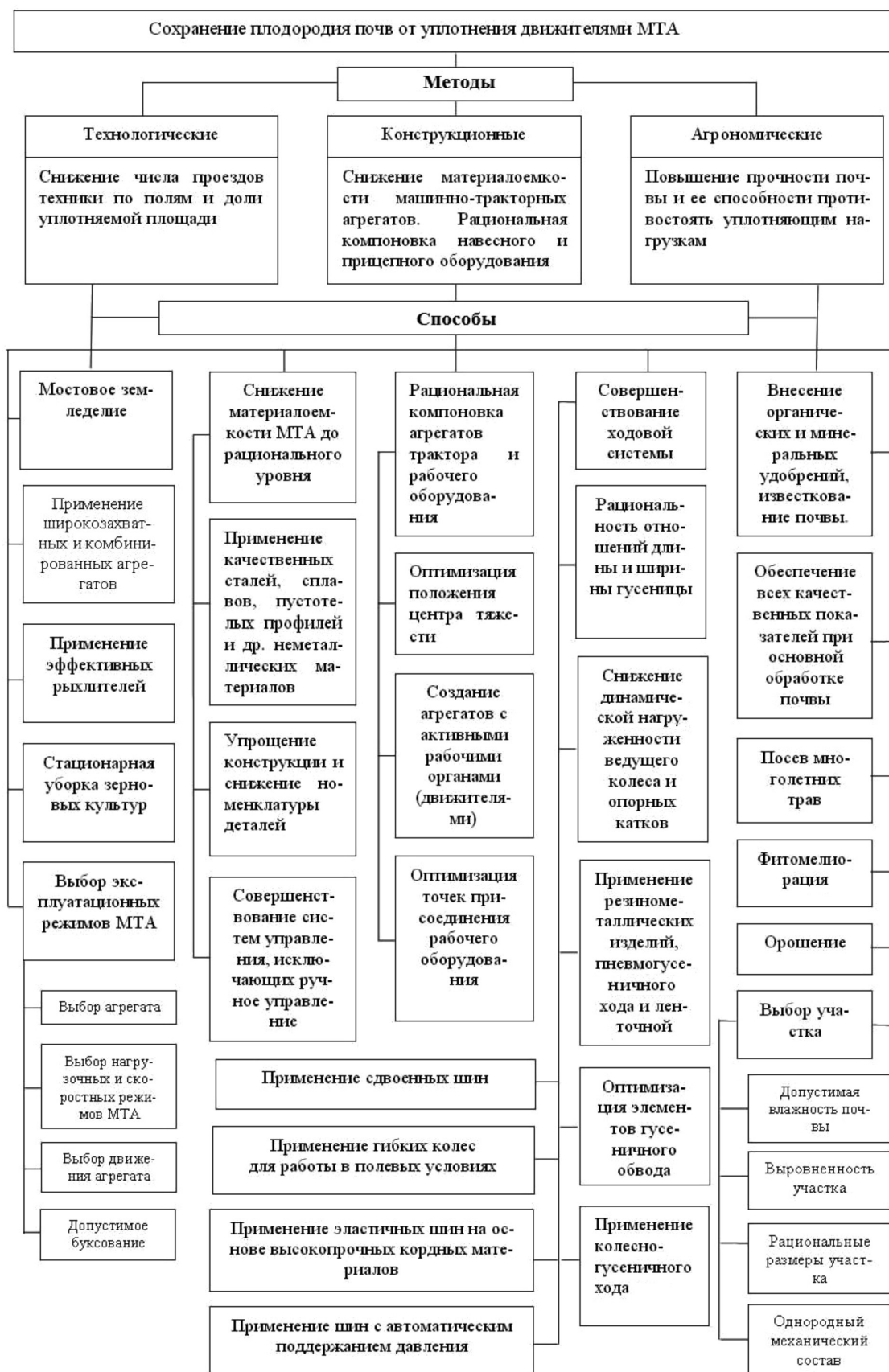


Рис. 1. Методы и способы снижения уплотнения почвы движителями МТА

Таблица 1

## Показатели твердости почвы по следу тракторов

Трактор	Слой почвы, см	Твердость почвы, МПа			Глубина следа, см	Ширина следа, см
		по следам	вне следов	изменение		
К-701	0–5	1,85	0,46	1,39	3,5 ± 0,2	720 ± 0,3
	5–10	1,96	0,57	1,39		
	10–20	2,23	0,99	1,24		
	20–30	2,54	2,10	0,44		
Т-170М1	0–5	1,01	0,46	0,55	2,9 ± 0,2	620 ± 0,3
	5–10	1,37	0,57	0,80		
	10–20	1,75	0,99	0,76		
	20–30	2,36	2,10	0,26		
Т-150К	0–5	1,10	0,46	0,64	3,2 ± 0,2	545 ± 0,2
	5–10	1,38	0,57	0,81		
	10–20	1,67	0,99	0,68		
	20–30	2,35	2,10	0,25		
Т-150	0–5	0,86	0,46	0,40	2,8 ± 0,2	420 ± 0,3
	5–10	0,98	0,57	0,41		
	10–20	1,48	0,99	0,49		
	20–30	2,22	2,10	0,12		

Таблица 2

## Воздействие на почву движителей колесного трактора К-701

Режим воздействия	Нормальные давления (напряжения) в почве, кПа					
	h = 20 см		h = 50 см		h = 80 см	
	переднее	заднее	переднее	заднее	переднее	заднее
Без нагрузки	194,0	179,0	142,6	129,5	50,0	38,0
Без нагрузки с плугом	206,0	196,0	173,0	162,2	62,0	50,0
С нагрузкой на крюке 50 кН	216,0	206,0	167,6	152,0	70,0	46,0

Таблица 3

## Воздействие на почву движителей колесного трактора Т-150К

Режим воздействия	Нормальные давления (напряжения) в почве, кПа					
	h = 20 см		h = 50 см		h = 80 см	
	переднее	заднее	переднее	заднее	переднее	заднее
Без нагрузки	88,2	42,1	65,7	34,3	16,7	8,9
Без нагрузки с плугом	127,4	117,6	74,1	65,6	14,4	14,4
С нагрузкой на крюке 30 кН	107,9	100	59,4	57,6	14,1	13

Таблица 4

## Воздействие на почву движителей гусеничного трактора Т-170М1.03-55

Режим воздействия	Нормальные давления (напряжения) в почве, кПа								
	h = 20 см			h = 50 см			h = 80 см		
	a1	a2	a3	a1	a2	a3	a1	a2	a3
Без нагрузки	162,7	12,7	166,6	133,3	30,0	137,2	36,3	18,6	42,1
С нагрузкой на крюке 80 кН	127,4	61,7	117,7	96,5	36,3	97,0	25,5	8,8	21,6

Примечание. a1 – первый опорный каток, a2 – середина опорной поверхности трактора; a3 – шестой опорный каток.

Таблица 5

Воздействие на почву движителей гусеничного трактора Т-150

Режим воздействия	Нормальные давления (напряжения) в почве, кПа								
	h = 20 см			h = 50 см			h = 80 см		
	a1	a2	a3	a1	a2	a3	a1	a2	a3
Без нагрузки	20,1	41,1	32,0	15,5	23,0	26,0	7,0	9,0	6,0
Без нагрузки с плугом	20,2	67,2	54,7	37,7	30,6	26,5	9,0	19,0	32,0
С нагрузкой на крюке 30 кН	52,0	58,0	50,0	24,6	27,5	21,5	7,0	6,0	3,0

Примечание. a1 – первый опорный каток, a2 – середина опорной поверхности трактора; a3 – четвертый опорный каток.



Рис. 2. Установка датчиков давления в почве

Анализ полученных результатов в табл. 3–5 показывает, что для гусеничного трактора Т-170М1.03-55:

- максимальное давление на глубине 0,2 м, создаваемое движителем трактора, составляет 166,6 кПа, при этом эпюра давлений по длине опорной поверхности имеет два локальных экстремума в зоне 1-го и 6-го опорных катков;

- аналогичные закономерности изменения максимальных давлений имеются в почвенных слоях, с уменьшением абсолютных значений с увеличением глубины расположения датчика.

Для колесных тракторов К-701 и Т-150К:

- максимальные значения давления соответствуют наезду на датчики переднего и заднего колес, при этом после прохода колес остаточные давления незначительны;

- при движении тракторов без тяговой нагрузки максимальное давление на почвенном слое 0,2 м зафиксировано при прохождении переднего колеса:  $q_{\max} = 194$  кПа для трактора К-701,  $q_{\max} = 88,2$  кПа для трактора Т-150К; при проходе над датчиками заднего колеса значение максимального давления снизилось на 40%. Это связано, что центр масс тракторов расположен ближе к переднему мосту и, соответственно, нагрузка на переднее колесо больше, чем на заднее колесо;

- при движении трактора с тяговым усилием максимальные давления на почву переднего и заднего колес выравниваются, но при этом значения максимального давления увеличиваются за счет тяговой нагрузки. Практически одинаковые значения максимальных давлений для переднего и заднего колеса свидетельствует, о рациональном расположении центра масс в зависимости от скоростного и нагрузочного режимов трактора.

### Выводы

Таким образом, из наших исследований следует, что характер распределения давления по глубине четырех типов тракторов общего назначения различный. Величина максимальных давлений зависит от типа движителя и нагрузочных режимов тракторов. Установлено, что давление на почву соответственно у тракторов Т-150К, Т-170М1.03-55, К-701 в 1,8; 2,6 и 3,5 раза выше, чем у гусеничного трактора Т-150.

Максимальные давления трактора Т-170М1.03-53 при работе с номинальным тяговым усилием не соответствуют предельно допустимым нормам по ГОСТ 26955-86, при этом эпюра давлений по длине опорной поверхности имеет два локальных экстремума в зоне 1-го и 6-го опорных катков. Дальнейшее снижение уплотнения почвы возможно за счет оптимизации геометрии опорной поверхности гусеничного движителя.

Максимальные давления тракторов К-701, Т-150К при работе с номинальным тяговым усилием не соответствуют предельно допустимым нормам по ГОСТ

26955-86. Снижение степени уплотнения почвы возможно за счет использования данных тракторов со сдвоенными колесами.

Максимальные давления гусеничного трактора Т-150 при работе с номинальным тяговым усилием соответствуют предельно допустимым нормам по ГОСТ 26955-86.

#### Список литературы

1. Астафьев В.Л. Совершенствование технической оснащённости села с учетом уплотняющего воздействия МТА на почву / В.Л. Астафьев, Г.А. Окунев, Н.Ф. Гридин, И.А. Гайнуллин // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2002. – № 9. – С. 11–12.
2. Водяник И.И. Воздействие ходовых систем на почву / И.И. Водяник – М.: Агропромиздат, 1990. – 167 с.
3. Гайнуллин И.А. Снижение уплотняющего воздействия гусеничного трактора на почву: дис. ... канд. техн. наук. – Челябинск, 2002. – 159 с.
4. Гайнуллин И.А. Эффективность работы посевных комбинированных агрегатов / И.А. Гайнуллин, Р.Р. Хисаметдинов, А.В. Ефимов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2010. – № 3. – С. 10–12.
5. Гайнуллин И.А. Воздействие гусеничного трактора на почву и эффективные пути его снижения / И.А. Гайнуллин // Вестник ЧГАУ. – Челябинск, 2005. – Т. 45. – С. 48–49.

6. Ксеневиц И.П. Проблема воздействия двигателей на почву: некоторые результаты исследований / И.П. Ксеневиц, В.А. Русанов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2000. – № 1. – С. 15–20.

7. Ревут И.Б. Физика почв. – Москва: Колос, 1972. – 366 с.

#### References

1. Astafev V.L. Sovershenstvovanie tehnicheckoj osnashennosti sela s uchetom uplotnjajushhego vozdejstvija MTA na pochvu / V.L. Astafev, G.A. Okunev, N.F. Gridin, I.A. Gajnullin // Traktory selskohozjajstvennye mashiny. 2002. no. 9. pp. 11–12.
2. Vodjanik I.I. Vozdejstvie hodovyh sistem na pochvu / I.I. Vodjanik M.: Agropromizdat, 1990. 167 p.
3. Gajnullin I.A. Snizhenie uplotnjajushhego vozdejstvija gusenichnogo traktora na pochvu: dis. ... kand. tehn. nauk. Cheljabinsk, 2002. 159 p.
4. Gajnullin I.A. Jeffektivnost raboty posevnyh kombinirovannyh agregatov / I.A. Gajnullin, R.R. Hisametdinov, A.V. Efimov // Mehanizacija i jelektrifikacija selskogo hozjajstva. 2010. no. 3. pp. 10–12.
5. Gajnullin I.A. Vozdejstvie gusenichnogo traktora na pochvu i jeffektivnye puti ego snizhenija / I.A. Gajnullin // Vestnik ChGAU. Cheljabinsk, 2005. T. 45. pp. 48–49.
6. Ksenevich I.P. Problema vozdejstvija dvizhitelej na pochvu: nekotorye rezultaty issledovanij / I.P. Ksenevich, V.A. Rusanov // Traktory selskohozjajstvennye mashiny. 2000. – no. 1. pp. 15–20.
7. Revut I.B. Fizika pochv. Moskva: Kolos, 1972. 366 p.