

Библиографический список

1. Масютенко Н.П., Кузнецов А.В., Масютенко М.Н., Брескина Г.М., Панкова Т.И. К вопросу нормирования антропогенной нагрузки для формирования экологически сбалансированных агроландшафтов // Достижения науки и техники АПК. – 2014. – № 10. – С. 14-17.
2. Владыкина Н.И. Влияние различных удобрительных материалов и систем обработки дерново-подзолистой среднесмытой почвы на показатели ее плодородия // Достижения науки и техники АПК. – 2013. – № 10. – С. 10-13.
3. Титова В.И., Самоделкин А.Г., Дабахова Е.В., Ветчинников А.А. Показатели плодородия почв как диагностические признаки нарушения земель сельскохозяйственного назначения // Достижения науки и техники АПК. – 2012. – № 12. – С. 24-26.
4. Архангельская Т.А. Закономерности пространственного распределения температуры почв в комплексном почвенном покрове: автореф. дис. ... докт. биол. наук. – М., 2008. – 50 с.
5. Макарычев С.В., Малиновских А.А., Пастухов В.И. Гидротермический режим дерново-подзолистых почв на гаях ленточных боров в условиях Алтайского Приобья // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2009. – № 7. – С. 28-33.
6. Болотов А.Г. Определение теплофизических свойств почв с использованием систем измерения ZETLab // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2012. – № 12. – С. 48-50.
7. Архангельская Т. Температуропроводность серых лесных почв Владимирского ополья // Почвоведение. – 2004. – № 3. – С. 332-342.

References

1. Masyutenko N.P., Kuznetsov A.V., Masyutenko M.N., Breskina G.M., Pankova T.I. K voprosu normirovaniya antropogennoi nagruzki dlya formirovaniya ekologicheskii sbalansirovannykh agrolandshaftov // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. – 2014. – № 10. – S. 14-17.
2. Vladykina N.I. Vliyanie razlichnykh udobritel'nykh materialov i sistem obrabotki dernovo-podzolistoi srednesmytoi pochvy na pokazateli ee plodorodiya // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. – 2013. – № 10. – S. 10-13.
3. Titova V.I., Samodelkin A.G., Dabakhova E.V., Vetchinnikov A.A. Pokazateli plodorodiya pochv kak diagnosticheskie priznaki narusheniya zemel' sel'skokhozyaistvennogo naznacheniya // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. – 2012. – № 12. – S. 24-26.
4. Arkhangel'skaya T.A. Zakonomernosti prostranstvennogo raspredeleniya temperatury pochv v kompleksnom pochvennom pokrove: avtoref. dis. doktora biol. nauk. – M., 2008. – 50 s.
5. Makarychev S.V., Malinovskikh A.A., Pastukhov V.I. Gidrotermicheskiei rezhim dernovo-podzolistykh pochv na garyakh lentochnykh borov v usloviyakh Altaiskogo Priob'ya // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2009. – № 7. – S. 28-33.
6. Bolotov A.G. Opredelenie teplofizicheskikh svoystv pochv s ispol'zovaniem sistem izmereniya ZETLab // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2012. – № 12. – S. 48-50.
7. Arkhangel'skaya T. Temperaturoprovodnost' serykh lesnykh pochv Vladimirskego opol'ya // Pochvovedenie. – 2004. – № 3. – S. 332-342.



УДК 631.423.2

И.А. Гончаров, А.Г. Болотов, Н.А. Гончаров
I.A. Goncharov, A.G. Bolotov, N.A. Goncharov

ФУНКЦИИ ВЛАГОПРОВОДНОСТИ ЧЕРНОЗЕМОВ ВЫЩЕЛОЧЕННЫХ АЛТАЙСКОГО ПРИОБЬЯ

THE FUNCTIONS OF HYDRAULIC CONDUCTIVITY OF LEACHED CHERNOZEMS OF THE PRIOBYE (THE OB RIVER AREA) OF THE ALTAI REGION

Ключевые слова: чернозем, гидрофизические свойства почв, функция влагопроводности, моделирование влагопереноса в почвах, влажность почвы.

При изучении гидрофизических свойств не насыщенной влагой почвы, когда часть порового пространства проводит воду, а часть содержит

газообразную фазу, используют понятие водопроницаемости почвы – коэффициент влагопроводности (или ненасыщенную гидравлическую проводимость). Ситуация, когда почва полностью насыщена водой, наблюдается не часто и характерна для горизонтов в зоне грунтовых вод, верховодки или может возникать в период весеннего снеготаяния при условии насыщения почвенной

толщи талыми водами. Коэффициент влагопроводности, имеющий ту же размерность, что и коэффициент фильтрации и характеризующий способность почвы проводить поток влаги, не является величиной постоянной для данного почвенного объекта, а становится другим с изменением давления почвенной влаги. Так как влагопроводность почвы уменьшается по мере снижения матричного давления влаги, то следует говорить уже о функции – влагопроводности. В работе получены функции влагопроводности для чернозема выщелоченного Алтайского Приобья. Изучаемый чернозем выщелоченный среднесильный малогумусный имеет среднесуглинистый, близкий к тяжелосуглинистому иловато-крупнопылеватый состав. Полученные функции влагопроводности имеет характерный вид, при этом способность почвы проводить поток влаги при уменьшении давления уменьшается на порядки. Так, при уменьшении давления от 0 до 1000 кПа водного столба в исследуемом черноземе коэффициент влагопроводности уменьшается на 2-3 порядка, от 15-35 до 0,01-0,03 см/сут., что указывает на то, что сухая почва будет проводить воду значительно хуже, чем влажная. При рассмотрении коэффициентов влагопроводности при различных энергетических состояниях влаги выявлено, что при одинаковой степени увлажнения почвенного профиля наибольшие значения наблюдаются в гор. Ап и АВ, с глубиной величины влагопроводности уменьшаются. Полученные результаты можно использовать в имитационном моделировании влагопереноса в черноземе выщелоченном.

Keywords: *chernozem, soil hydro-physical properties, hydraulic conductivity function, soil moisture transfer simulation, soil moisture.*

In the study of hydro-physical properties of the soil which is not saturated with moisture, the concept of soil hydraulic conductivity – the coefficient of hydraulic conductivity is used. In this study hydraulic conductivity functions for leached chernozem of the Priobye (the Ob River area) of the Altai Region were obtained. The leached chernozem in question is medium thick, low-humus, of medium loamy, close to heavy loamy, silty and coarse-silty composition. The obtained functions of hydraulic conductivity are of typical shape, and the ability of the soil to conduct moisture flux decreases by orders with decreasing pressure. For example, when the pressure decreases from 0 to -1000 kPa of water column, in the studied chernozem the coefficient of hydraulic conductivity decreases by 2-3 orders, from 15-35 to 0.01-0.03 cm day; that indicates that dry soil will conduct water much worse than wet soil will. When considering the coefficients of hydraulic conductivity at different energy states of moisture, it is revealed that at the same degree of the soil profile moistening the highest values are observed in the horizons A (arable) and AB; with the depth the values of hydraulic conductivity decrease. The obtained results may be used in the simulation of moisture transfer in leached chernozem.

Гончаров Илья Александрович, аспирант, Алтайский государственный аграрный университет. Тел.: (3852) 62-83-53. E-mail: agbolotov@gmail.com.

Болотов Андрей Геннадьевич, к.с.-х.н., доцент, каф. физики, Алтайский государственный аграрный университет. Тел.: (3852) 62-83-53. E-mail: agbolotov@gmail.com.

Гончаров Никита Александрович, аспирант, Алтайский государственный аграрный университет. Тел.: (3852) 62-83-53. E-mail: agbolotov@gmail.com.

Goncharov Ilya Aleksandrovich, Post-Graduate Student, Altai State Agricultural University. Ph.: (3852) 62-83-53. E-mail: agbolotov@gmail.com.

Bolotov Andrey Gennadyevich, Cand. Agr. Sci., Assoc. Prof., Physics Dept., Altai State Agricultural University. Ph.: (3852) 62-83-53. E-mail: agbolotov@gmail.com.

Goncharov Nikita Aleksandrovich, Post-Graduate Student, Altai State Agricultural University. Ph.: (3852) 62-83-53. E-mail: agbolotov@gmail.com.

Введение

Содержание влаги в почве является одним из основных факторов плодородия [1-5]. Регулирование водного режима применительно к различным почвам для получения высоких урожаев служит основой разработки рациональной агротехники [6-8]. При изучении гидrofизических свойств не насыщенной влагой почвы, когда часть порового пространства проводит воду, а часть содержит газообразную фазу, используют понятие водопроницаемости почвы – коэффициент влагопроводности (или ненасыщенную гидравлическую проводимость). Ситуация, когда почва полностью насыщена водой, наблюдается не часто и характерна для горизонтов в зоне грунтовых вод, верховодки или может возникать в период весеннего снеготаяния при условии насыщения почвенной толщи талыми водами.

Коэффициент влагопроводности, имеющий ту же размерность, что и коэффициент фильтрации, и характеризующий способность почвы проводить поток влаги, не является величиной постоянной для данного почвенного объекта, а изменяется с изменением давления почвенной влаги. Так как влагопроводность почвы уменьшается по мере снижения матричного давления влаги, то следует говорить уже о функции влагопроводности.

Функция влагопроводности – это зависимость коэффициента влагопроводности (ненасыщенной гидравлической проводимости, K_r) от капиллярно-сорбционного (P) давления почвенной влаги или от влажности почвы (θ): $K_r = f(P, \theta)$ [9]. Функция влагопроводности входит в уравнение движения влаги в почве и используется в математическом моде-

лировании влагопереноса. В связи с этим нами была изучена функция влагопроводности чернозема выщелоченного как наиболее представительной почвы Алтайского края.

Целью работы было изучение функции влагопроводности чернозема выщелоченного Алтайского Приобья.

В ходе исследований решались следующие **задачи**:

- 1) определение функции влагопроводности чернозема выщелоченного;
- 2) расчет коэффициента влагопроводности при различных критических состояниях влаги чернозема выщелоченного.

Объекты и методы

Исследования были организованы в НИИ садоводства им. М.А. Лисавенко на участках сортоиспытания. Объектом является чернозем выщелоченный среднемошный малогумусный среднесуглинистый. Опытные участки размещены на южной окраине города Барнаула, на высоком левом берегу реки Оби (высота над уровнем моря 190-212 м).

Капиллярно-сорбционное давление влаги в зависимости от объемной влажности определено по данным о кинетике дренирования методом центрифугирования на центрифуге TG16WS [10]. Функции влагопроводности основных диагностических горизонтов чернозема выщелоченного были получены синхронно с измерением потенциала почвенной влаги по зависимости изменения влажности образца от времени при заданной скорости вращения центрифуги. Зависимость остаточной влажности образца от времени при постоянной скорости вращения образца аппроксимированы параболической функцией с применением линейной релаксационной модели [10-11]. Полученные функции влагопроводности характеризуют способность почвы проводить поток влаги при изменении капиллярно-сорбционного потенциала.

Экспериментальная часть и обсуждение результатов

Почва опытного участка – чернозем выщелоченный среднемошный малогумусный среднесуглинистый. Гранулометрический состав почвенных горизонтов чернозема достаточно однороден по всем фракциям. Изучаемый чернозем имеет среднесуглинистый, близкий к тяжелосуглинистому иловато-крупнопылеватый состав.

Рассмотрим экспериментальные зависимости $K_r(см/сут) = f(P)$ для основных горизонтов чернозема выщелоченного (рис. 1, 2). Сплошная линия на графиках – аппроксимация функцией ван Генухтена-Муалема, приведенная в программе RETC [9, 12]:

$$\theta = \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{[1 + (\alpha P)^n]^m}, \quad m = 1 - \frac{1}{n};$$

$$K = K_s \left(\frac{\theta - \theta_r}{\theta_s - \theta_r} \right)^{\frac{1}{2}} \left[1 - \left[1 - \left(\frac{\theta - \theta_r}{\theta_s - \theta_r} \right)^{\frac{1}{m}} \right]^m \right]^{-2},$$

где θ – объемная влажность почвы, $см^3/см^3$;

θ_r – параметр минимальной влажности, соответствующий прочносвязанной, неподвижной для вязкого течения влаги, $см^3/см^3$;

θ_s – объемная влажность почвы, соответствующая полному влагонасыщению, $см^3/см^3$;

α и n – эмпирические константы, характеризующие наклон основной гидрофизической характеристики и зависящие от дисперсности и плотности сложения образца;

K_s – коэффициент фильтрации, $см/сут$.

Отображение функции влагопроводности в логарифмическом масштабе позволяет провести анализ во всем капиллярном диапазоне её изменения (рис. 1).

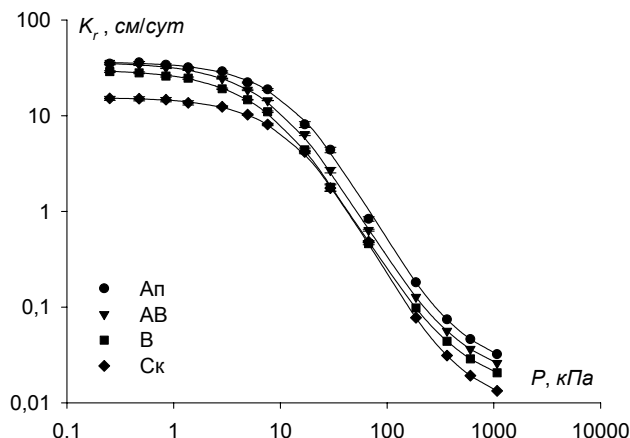


Рис. 1. Функции влагопроводности $K_r(P)$ основных генетических горизонтов чернозема выщелоченного Алтайского Приобья

Полученные функции влагопроводности имеют характерный вид, при этом способность почвы проводить поток влаги при уменьшении давления уменьшается на порядки (рис. 1). Так, при уменьшении давления от 0 до 1000 кПа водного столба в исследуемом черноземе коэффициент влагопроводности уменьшается на 2-3 порядка – от 15-35 до 0,01-0,03 см/сут., что указывает на то, что сухая почва будет проводить воду значительно хуже, чем влажная. Такие явления нередко можно отмечать в почве: при поливах высохшей поверхности почвы она некоторое время очень слабо впитывает воду, до тех пор, пока не увлажнится её поверхностный слой и влагопроводность возрастет, тогда увеличится и впитывание воды. В диапазоне

0-1 кПа значения коэффициентов влагопроводности пахотного и подпахотного горизонтов, а также иллювиального и почвообразующего горизонтов (диапазон 10-100 кПа) близки по значению, что предопределяет одинаковые особенности влагопереноса между этими горизонтами в указанных диапазонах давления почвенной влаги. Также следует учитывать, что при локальных поливах возникает ряд эффектов, связанных с различием давлений влаги в пространстве. Если имеются влажные и сухие зоны (зоны с высоким и низким давлением), то влага преимущественно будет двигаться по влажным участкам, а сухие будут увлажняться медленно, еще некоторое время оставаясь сухими. Проявление данных особенностей транспортных свойств почвы нужно учитывать при разработке научно обоснованных технологий, систем орошения и пр. в производственных условиях сада.

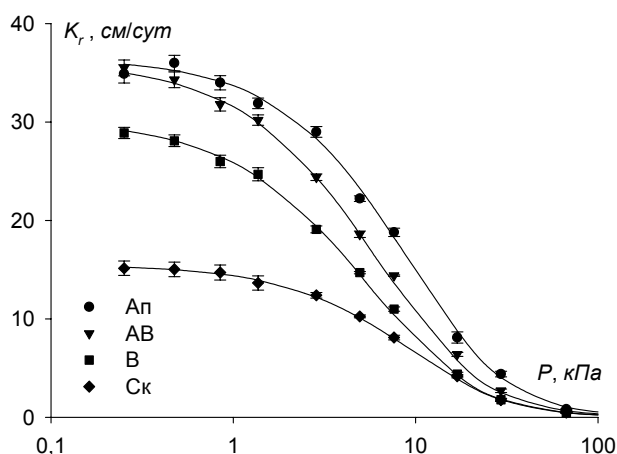


Рис. 2. Функции влагопроводности $K_r(P)$ основных генетических горизонтов чернозема выщелоченного Алтайского Приобья в диапазоне капиллярной влаги

Как видно из рисунка 1, влагопроводность исследованной почвы уменьшается при перемещении от пахотного слоя вглубь. Такое поведение, прежде всего, обусловлено изменением содержания тонкодисперсных гра-

нулометрических фракций и структурой почвы.

При рассмотрении коэффициентов влагопроводности при различных энергетических состояниях влаги заметно, что при одинаковой степени увлажнения почвенного профиля наибольшие значения наблюдаются в гор. Ап и АВ, закономерно уменьшаясь с глубиной (табл.).

Воспроизведение функции влагопроводности в полулогарифмических координатах позволяет выделить дифференциацию коэффициента влагопроводности в области капиллярно-гравитационной влаги (близкий к коэффициенту фильтрации) по генетическим горизонтам (рис. 2).

Анализируя рисунок 2, можно отметить, что при изменении капиллярно-сорбционного давления от 0,25 до 100 кПа в вышеуказанной области влаги коэффициент влагопроводности уменьшается от 35 до 0,02 см/сут.:

- в гор. Ап $K_r|_{P=0} = 34,8 \text{ см/сут.};$
- гор. АВ $K_r|_{P=0} = 32,4 \text{ см/сут.};$
- гор. В $K_r|_{P=0} = 26,9 \text{ см/сут.};$
- гор. Ск $K_r|_{P=0} = 14,9 \text{ см/сут.}$

В области перехода пленочно-капиллярной влаги в пленочно-стыковую, соответствующей ММВ, коэффициенты влагопроводности генетических горизонтов чернозема снижаются до значений 0,02-0,5 см/сут., при дальнейшем понижении давления влаги составляют сотые доли см/сут.

Используя классификационные градации коэффициента фильтрации почв по Эггелсманну (1984) (Теории и методы..., 2007), можно отметить, что гор. Ап, АВ и В чернозема выщелоченного относятся к IV (среднему) классу фильтрации, а почвообразующая порода — к III (низкому), что объясняется значительным содержанием крупной пыли. Н.В. Михайловой (1993) при изучении водных свойств данных черноземов также была отмечена их слабая водопроницаемость.

Таблица

Коэффициент влагопроводности генетических горизонтов чернозема выщелоченного при влажностях, соответствующих различным (переходным) состояниям влаги

Ап					
	θ_r	$\theta_{\text{ММВ}}$	$\theta_{\text{МКСВ}}$	$\theta_{\text{КВ}}$	θ_s
$K_r, \text{ см/сут.}$	$2,1 \cdot 10^{-6}$	1,0	3,8	9,8	34,9
АВ					
$K_r, \text{ см/сут.}$	$2,5 \cdot 10^{-6}$	1,2	4,6	11,4	34,0
В					
$K_r, \text{ см/сут.}$	$1,5 \cdot 10^{-6}$	0,6	2,1	4,8	28,3
Ск					
$K_r, \text{ см/сут.}$	$8,3 \cdot 10^{-7}$	0,2	0,6	1,4	14,9

Выводы

1. При одинаковой степени увлажнения наибольшие значения коэффициентов влагопроводности чернозема выщелоченного отмечены в гумусово-аккумулятивном горизонте, наименьшие – в почвообразующей породе.

2. Полученные функции влагопроводности для чернозема выщелоченного имеют характерный вид, при этом с уменьшением давления почвенной влаги способность почвы проводить поток влаги уменьшается.

Библиографический список

1. Воронин А.Д. Основы физики почв. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1986. – 244 с.

2. Романов В.Н., Литаву В.М. Продуктивность зерновых культур в зернопаровом севообороте в условиях Красноярской лесостепи // Достижения науки и техники АПК. – 2014. – № 6. – С. 42-44.

3. Окорков В.В., Фенова О.А., Окоркова Л.А. Влияние удобрений и погодных условий на продуктивность и использование влаги полевыми культурами на серых лесных почвах Ополья // Достижения науки и техники АПК. – 2014. – № 3. – С. 26-29.

4. Перов А.Н., Каргин И.Ф. Эффективность использования влаги посевами озимой тритикале в зависимости от уровня минерального питания в условиях республики Мордовия // Достижения науки и техники АПК. – 2014. – № 9. – С. 40-42.

5. Тихончук П.В., Хайрулина Т.П. Влияние влажности почвы на антиоксидантную систему защиты сои // Достижения науки и техники АПК. – 2014. – № 7. – С. 11-13.

6. Бакиров Ф.Г., Петрова Г.В., Долматов А.П., Петров Д.Г. Ресурсосберегающие технологии на черноземах южных Оренбургской области // Достижения науки и техники АПК. – 2014. – № 5. – С. 3-5.

7. Дубенок Н.Н., Бородычев В.В., Дедова Э.Б., Кравченко Е.А. Технология возделывания суданской травы на сено на бурых полупустынных почвах Калмыкии // Достижения науки и техники АПК. – 2014. – № 2. – С. 49-53.

8. Ильясов М.М., Яппаров А.Х., Хисамутдинов Н.Ш., Шаронова Н.Л. Комплексный подход к изучению минимизации обработки черноземной почвы республики Татарстан // Достижения науки и техники АПК. – 2014. – № 10. – С. 22-25.

9. Шеин Е.В. Курс физики почв. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 2005. – 432 с.

10. Смагин А.В., Садовникова Н.Б., Мизури М.Б. Определение основной гидрофизической характеристики почв методом центрифугирования // Почвоведение. – 1998. – № 11. – С. 1362-1370.

11. Смагин А.В., Садовникова Н.Б., Хайдапова Д.Д., Шевченко Е.М. Экологическая оценка биофизического состояния почв. – М.: МГУ, 1999. – 48 с.

12. van Genuchten M.T.H., Leij F.J., Yates S.R. The RETC code for quantifying the hydraulic functions of unsaturated soils // USDA, US Salinity Laboratory, Riverside, CA. – 1991. – 216 p.

References

1. Voronin A.D. Osnovy fiziki pochv. – M.: Izd-vo Mosk. un-ta, 1986. – 244 s.

2. Romanov V.N., Litau V.M. Produktivnost' zernovykh kul'tur v zernoparovom sevooborote v usloviyakh Krasnoyarskoi lesostepi // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. – 2014. – № 6. – S. 42-44.

3. Okorkov V.V., Fenova O.A., Okorkova L.A. Vliyanie udobrenii i pogodnykh uslovii na produktivnost' i ispol'zovanie vlagi polevymi kul'turami na serykh lesnykh pochvakh Opol'ya // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. – 2014. – № 3. – S. 26-29.

4. Perov A.N., Kargin I.F. Effektivnost' ispol'zovaniya vlagi posevami ozimoi tritikale v zavisimosti ot urovnya mineral'nogo pitaniya v usloviyakh Respubliki Mordoviya // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. – 2014. – № 9. – S. 40-42.

5. Tikhonchuk P.V., Khairulina T.P. Vliyanie vlazhnosti pochvy na antioksidantnyuyu sistemu zashchity soi // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. – 2014. – № 7. – S. 11-13.

6. Bakirov F.G., Petrova G.V., Dolmatov A.P., Petrov D.G. Resursosberegayushchie tekhnologii na chernozemakh yuzhnykh Orenburgskoi oblasti // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. – 2014. – № 5. – S. 3-5.

7. Dubenok N.N., Borodychev V.V., Dedova E.B., Kravchenko E.A. Tekhnologiya vozdeyvaniya sudanskoi travy na seno na burykh polupustynnykh pochvakh Kalmykii // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. – 2014. – № 2. – S. 49-53.

8. Ilyasov M.M., Yapparov A.Kh., Khisamutdinov N.Sh., Sharonova N.L. Kompleksnyi podkhod k izucheniyu minimizatsii obrabotki chernozemnoi pochvy Respubliki Tatarstan // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. – 2014. – № 10. – S. 22-25.

9. Shein E.V. Kurs fiziki pochv. – M.: Izd-vo Mosk. un-ta, 2005. – S. 432.

10. Smagin A.V., Sadovnikova N.B., Mizuri M. B. Opredelenie osnovnoi gidrofizicheskoi kharakteristiki pochv metodom tsentrifugirovaniya // Pochvovedenie. – 1998. – № 11. – S.1362-1370.

11. Smagin A.V., Sadovnikova N.B., Khaidapova D.D., Shevchenko E.M. Ekologicheskaya otsenka biofizicheskogo sostoyaniya pochv. – M.: MGU, 1999. – 48 s.

12. van Genuchten M.T.H., Leij F.J., Yates S.R. The RETC code for quantifying the hydraulic functions of unsaturated soils // USDA, US Salinity Laboratory, Riverside, CA. – 1991. – 216 p.

