

2  
НОМЕР

БОНЦ

ISSN 2304-9081

ЭЛЕКТРОННЫЙ ЖУРНАЛ

<http://www.elmag.uran.ru>

# БЮЛЛЕТЕНЬ

ОРЕНБУРГСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА УРО РАН

*Equus ferus przewalskii*  
Лошадь Пржевальского  
Чибилёв А.А.



2021

**УЧРЕДИТЕЛЬ**

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ  
ОРЕНБУРГСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР  
УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

© Коллектив авторов, 2021

УДК 556.182:631.4

*Ю.М. Нестеренко, Н.В. Соломатин, А.В. Халин, С.А. Федюнин*

## **ВЛАГА ЗОНЫ АЭРАЦИИ И ЕЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАСТИТЕЛЬНОСТЬЮ В СТЕПНОЙ ЗОНЕ ЮЖНОГО УРАЛА И ЗАВОЛЖЬЯ**

Оренбургский федеральный исследовательский центр УрО РАН (Отдел геоэкологии), Оренбург, Россия

Исследован режим влаги в почвах и подстилающих грунтах на сельскохозяйственных угодьях степной зоны. Предложено определять мощность активного слоя по глубине, с которой растения потребляют влагу и с нею питательные вещества. Она зависит от вида культуры, механического состава и плотности грунтов, распределению влаги в них по глубине и других воздействий на корневую систему растений. Ее можно определить экспериментально по глубине иссушения грунтов зоны аэрации при длительном отсутствии атмосферных осадков и поливов на орошаемых землях и на богаре в понижениях рельефа, в которых накапливаются талые и ливневые воды увлажняющие грунты на большую глубину. На суглинистых почвах Южного Урала под зерновыми культурами, кукурузой и подсолнечником мощность активного слоя почв и подстилающих грунтов 1,5-2,0 м.

*Ключевые слова:* активный слой почв и грунтов, почвенная влага, почвы степи, угодья степной зоны, влияние культур на эффективность использования влаги.

---

---

*Y.M. Nesterenko, N. V. Solomatin, A.V. Khalin, S.A. Fedyunin*

## **MOISTURE OF THE AERATION ZONE AND ITS USE BY VEGETATION IN THE STEPPE ZONE OF THE SOUTHERN URALS AND THE VOLGA REGION**

Orenburg Federal Research Center, UB RAS (Department of Geoecology), Orenburg, Russia

The moisture regime in soils and underlying soils on agricultural lands of the steppe zone has been investigated. It is proposed to determine the thickness of the active layer by the depth at which plants consume moisture and nutrients with it. It depends on the type of culture, the texture and density of soils, the distribution of moisture in them in depth and other influences on the root system of plants. It can be determined experimentally by the depth of drying out of the soils of the aeration zone with a prolonged absence of atmospheric precipitation and irrigation on irrigated lands and on dry lands in relief depressions, in which melt and storm water accumulates, moisturizing soils to a greater depth. On loamy soils of the Southern Urals under grain crops, corn and sunflower, the thickness of the active layer of soils and underlying soils is 1.5-2.0 m.

*Key words:* active layer of soils and grounds, soil moisture, steppe soils, land of the steppe zone, the influence of crops on the efficiency of moisture use.

### **Введение**

Почвенная влага исследовалась П.А. Костычевым, Г.Н. Высоцким, С.И. Долговым, А.М. Алпатьевым, Н.А. Качинским, И.А. Кузником, А.М. Глобусом, А.А. Роде, В.А. Мироненковым и В.Г. Румыниным и многими другими [1-7]. Ее количество, формы, распределение в зоне аэрации и потребление растительностью зависят от комплекса метеорологических, почвенных, био-

логических и гидрологических условий, а также от хозяйственной деятельности человека. Влажность почвы – это сумма, общий итог взаимно переплетающихся влияний почвенных, метеорологических и биологических компонентов природы.

В многометровой зоне аэрации степной зоны выделяется несколько характерных подзон со свойственным только им режимом влажности: капиллярная кайма над уровнем подземных вод (1), активного водообмена с атмосферой (2) и водопотребления влаги растительностью (3) и между ними подзоны транзита [8]. Наиболее изменчива и важна для растительности подзона активного водообмена. Ее мощность зависит в основном от вида и фаз развития растительности и может достигать нескольких метров. Физическое испарение влаги происходит в основном в верхних 20 сантиметрах земной поверхности, которая пополняется транзитом влаги из нижележащих почв и грунтов по капиллярам. Продуктивное потребление влаги начинается с весенним пробуждением растительности, набуханием ее семян и продолжается до окончания вегетации.

Цель исследования состоит в определении мощности активной зоны почво-грунтов под сельскохозяйственными культурами в степной зоне.

#### **Материалы и методы**

В работе использовались результаты многолетних полевых определений авторами влажности почв и подстилающих грунтов под различными культурами на Общем Сырту. Использовались опубликованные материалы других исследователей режима влажности почв и развития корневой системы растений. Влажность взятых проб почв и грунтов определялась термовесовым методом по общепринятой методике. Применялись статистические и графические методы обработки полевых данных.

#### **Результаты и обсуждение**

В степной зоне количество влаги и ее режим в почво-грунтах определяют интенсивность развития и продуктивность растений. Важнейшей особенностью степной зоны Южного Урала является большая изменчивость во времени запасов влаги в почве и подстилающих ее грунтах от наименьшей влагоемкости после таяния снега до влажности завядания при длительных засухах. Поэтому при возделывании сельскохозяйственных культур на пахотных землях важно познание распределения влаги в почво-грунтах по глу-

бине, изменения суммарных ее запасов во времени, а также возможностей ее использования растениями.

Активный слой почво-грунтов включает в себя почвы и грунты, в которые инфильтруются выпадающие жидкие атмосферные осадки и талые воды, и из которых растения потребляют влагу. Важнейшей его характеристикой является мощность, влияющая на запасы продуктивной влаги и интенсивность водообмена с расположенными ниже грунтами зоны аэрации. Его мощность определяется глубиной, с которой влага грунтов может испаряться или потребляться растениями.

С увеличением глубины увлажнения, по данным А.С. Кружилина [9], увеличивается мощность корневой системы, а по результатам исследований О.С. Грамматикати [10] и В.П. Панфилова [11], уменьшается физическое испарение влаги. Но при глубоком увлажнении, в особенности при наличии солонцеватого подпочвенного горизонта или водонепроницаемых грунтов, почва разжижается, заплывает, ухудшается ее аэрация и, по данным М.Н. Багрова [12], снижается урожайность пшеницы. С увеличением глубины увлажнения возрастает инфильтрация воды за пределы ее доступности растениями. Следовательно, глубина увлажнения грунтов должна определяться с учетом обеспечения интенсивного развития корневой системы растений вглубь и уменьшения фильтрационных потерь.

По данным В.Г. Ротмистрова [13] и П.К. Иванова [14], максимальная глубина проникновения корней яровой пшеницы составляет 100-150 см. Однако по мнению П.М. Фокеева [15] и М.Н. Багрова [12], это значение не может служить исходной величиной для установления мощности активного слоя почвы, так как 75-80% ее корней находится преимущественно в пахотном и ближайшем к нему подпахотном слое. По данным Б.А. Чижова [16], А.И. Стебут [17] и А.И. Носатовского [18], в слое 0-70 см темно-каштановых почв располагается 90% всей массы корней яровой пшеницы.

Исследования М.Н. Багрова [12] показали, что в условиях Южного Заволжья на темно-каштановых суглинистых почвах мощность активного слоя почвы 0,75-0,80 м; более глубокое увлажнение не повышает урожайность яровой пшеницы.

О.Г. Грамматикати [10] на основе изучения динамики иссушения почвы полевыми культурами (ячмень, подсолнечник) считает целесообразным увлажнение двухметровой толщи при влагозарядковых поливах в Заволжье,

так как до 30-40% влаги сельскохозяйственные культуры потребляют из грунтов, расположенных глубже 80 см.

В США мощность активного слоя почвы для яровых и озимых зерновых культур принимают 100 см [19]. По-видимому, нет однозначного ответа на вопрос о мощности активного слоя грунтов на пахотных землях под зерновыми и другими культурами. Она зависит от ряда факторов: вида культуры, механического состава и плотности грунтов, распределения влаги в них по глубине и других воздействий на корневую систему растений.

Нами определялась мощность активного слоя грунтов под яровой пшеницей и другими культурами в степной зоне на темно-каштановых суглинистых почвах Общего Сырта Южного Урала и Заволжья. Ее можно определить экспериментально по глубине иссушения грунтов зоны аэрации при длительном отсутствии атмосферных осадков после их увлажнения на большую глубину на орошаемых землях. В условиях сухой степи мощность активного слоя грунтов определялась нами в мезопонижениях рельефа, в которых почвы и грунты в период таяния снега увлажняются на большую глубину за счет аккумулялирующихся в них талых вод.

На Южном Урале возле г. Оренбурга на Покровском водно-балансовом участке на суглинистом черноземе южном яровая пшеница потребила влагу в замкнутом понижении на глубину до 1,5 м (рис. 1). На эту же глубину уменьшилась влажность к осени под природной невыбитой целиной. Лесная полоса увеличила потребление влаги до глубины 2 м.

По данным наших исследований изменения влажности почвы и подстилающих грунтов в ОПХ Оренбургского НИИСХ, мощность активного слоя на полях подсолнечника и кукурузы составила 1,7-1,9 м. яровой пшеницы – 1,5 м, а проса – 1,6 м (рис. 2).

На орошаемых землях совхоза им. Гагарина Оренбургского района кукуруза и многолетние посевы кострово-люцерновой смеси уменьшают влажность грунтов на глубину до 1,8 м. В опытах Ю.М. Нестеренко [8] в условиях Сыртового Заволжья орошаемая яровая пшеница потребляла влагу с глубины до 1,4 м, а без орошения – до 1,2 м. Там же, по исследованиям А.Н. Шувалова [20], под люцерной зона активного водообмена почв составляла 2,7 м.

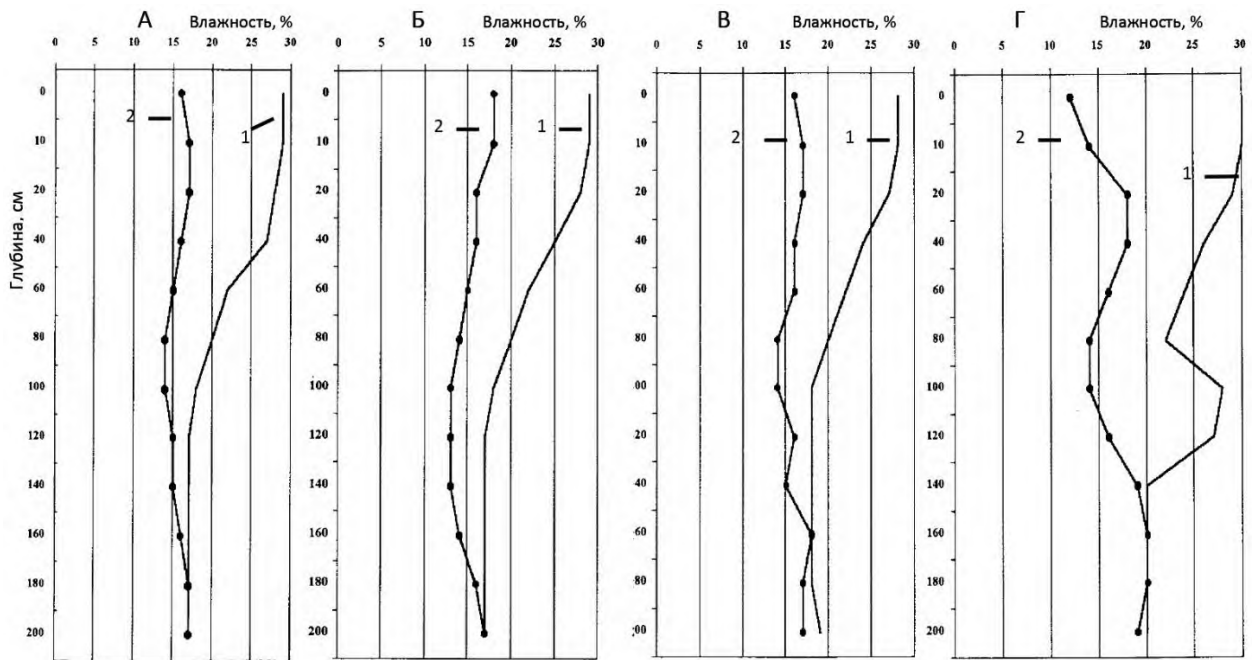


Рис. 1. Глубина потребления влаги растительностью из почво-грунтов на Покровском опытном участке и определение активного слоя по изменению их влажности в понижениях рельефа: 1 – весной, 2 - осенью. А – яровая пшеница, Б – выбитая целина, В – мало выбитая целина, Г- лесная полоса.

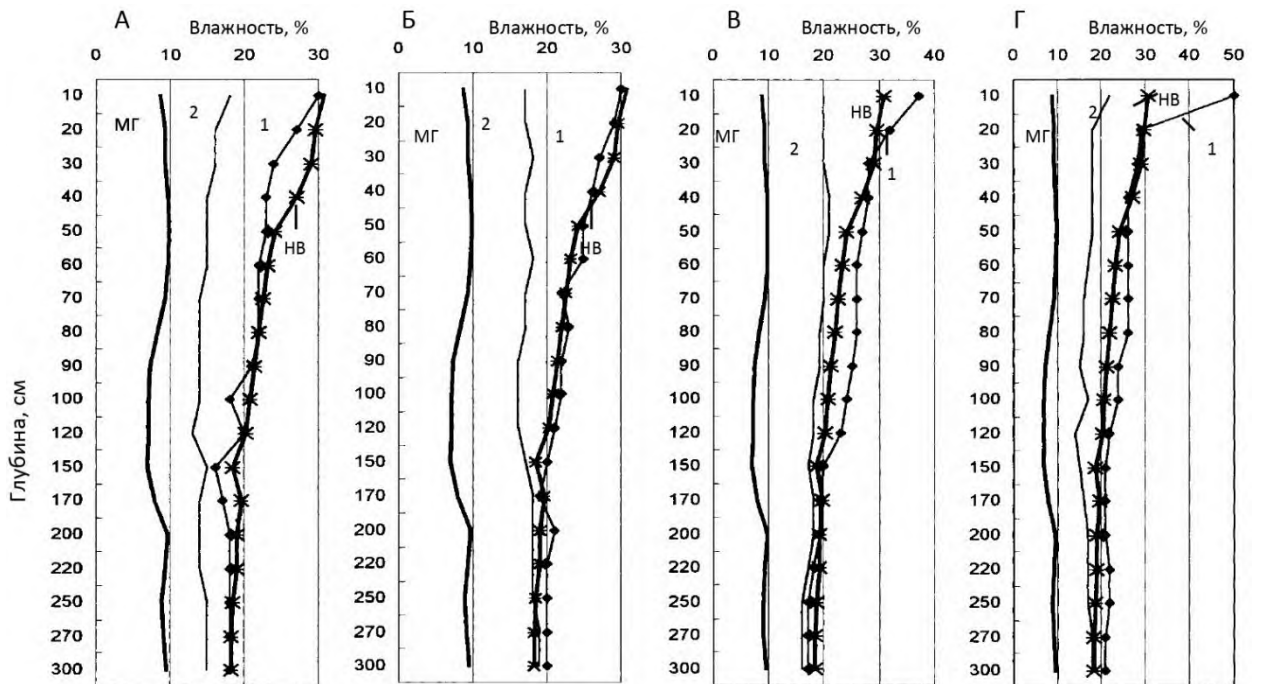


Рис. 2. Глубина потребления влаги растительностью из почво-грунтов Чебеньковского ОПХ Оренбургского НИИСХ и определение активного слоя по изменению влажности в понижениях рельефа: 1 – в посев, 2- в уборку. А – кукуруза, Б – подсолнечник, В – просо, Г – яровая пшеница.

Обобщая результаты исследования режима влажности почв и подстилающих суглинистых грунтов на Южном Урале под зерновыми культурами, кукурузой и подсолнечником, мощность активного слоя почв и подстилаю-

щих грунтов можно принять равной 1.5-2.0 м. Он участвует в обеспечении растений влагой и с ней питательными веществами. Через него идет транспирационное и физическое испарение воды с земной поверхности и поступление в земную кору атмосферных осадков с растворенными в них веществами. В аридной зоне при глубоком залегании подземных вод их питание из зоны активного водообмена происходит, преимущественно, из зоны активного водообмена через зону транзита в основном при таянии снега. Осадки теплого периода года, в основном, задерживаются не полностью насыщенной до наименьшей влагоемкости (НВ) зоной активного водообмена, испаряются с земной поверхности и потребляются корневой системой растительности.

На степных пространствах засушливых и сухих зон перед таянием снега количество зимних атмосферных осадков в основном меньше свободной емкости активной зоны до НВ (табл. 1)

Таблица 1. Водный баланс влаги в 1,5 метра активной зоны почво-грунтов на Покровском водно-балансовом участке в 1996-2000 гг. под угодьями в зависимости от форм рельефа, мм (в числителе минимальные и максимальные, в знаменателе средние величины)

Показатели	Вид поверхности						
	целина не выбитая		целина выбитая		пашня		лесная полоса
	возвышения	понижения	возвышения	понижения	возвышения	понижения	
Запас при НВ, $M_{НВ}$	464	464	472	472	463	463	453
Запас влаги до таяния снега, $M_{ac1}$	$\frac{251-397}{294}$	$\frac{302-388}{347}$	$\frac{209-259}{229}$	$\frac{264-271}{268}$	$\frac{178-223}{227}$	$\frac{267-292}{278}$	$\frac{232-258}{244}$
Недостаток насыщения до НВ до таяния снега ( $M_{НВ}-M_{ac1}$ )	$\frac{213-67}{170}$	$\frac{162-76}{117}$	$\frac{263-213}{243}$	$\frac{208-201}{204}$	$\frac{285-240}{236}$	$\frac{196-171}{185}$	$\frac{221-195}{209}$
Запасы воды в снеге, $H_3$	$\frac{112-144}{135}$	$\frac{171-274}{212}$	$\frac{112-143}{125}$	$\frac{171-215}{188}$	$\frac{111-141}{122}$	$\frac{170-211}{187}$	$\frac{356-567}{466}$
Запасы влаги после таяния снега, $M_{ac2}$	$\frac{364-432}{398}$	$\frac{457-488}{473}$	$\frac{253-283}{272}$	$\frac{438-506}{470}$	$\frac{285-382}{345}$	$\frac{377-466}{443}$	$\frac{446-458}{452}$
$H_3/(M_{НВ}-M_{ac1})$	$\frac{0.5-2.1}{0.8}$	$\frac{1.1-3.6}{1.9}$	$\frac{0.4-0.7}{0.5}$	$\frac{0.8-1.1}{0.9}$	$\frac{0.4-0.6}{0.5}$	$\frac{0.9-1.2}{1.0}$	$\frac{1.6-2.9}{2.2}$
$M_{ac2}/M_{НВ}$	$\frac{0.8-0.9}{0.86}$	$\frac{1.0-1.1}{1.0}$	$\frac{0.5-0.6}{0.6}$	$\frac{0.9-1.1}{1.0}$	$\frac{0.6-0.8}{0.7}$	$\frac{0.8-1.0}{1.0}$	$\frac{1.0-1.0}{1.0}$
Фильтрация глубже 1,5 м	0	0-24	0	0-34	0	0-3	0-5

Следовательно, при равномерном распределении снега по площади и равномерной инфильтрации талых вод в почву без поверхностного стока они полностью задерживаются в активной зоне почво-грунтов, не увлажняя глубже расположенные грунты, и все талые воды расходуются на суммарное испарение.

Но в степи снег распределяется неравномерно. В понижениях рельефа переносом ветра его накапливается в 1,5-2 и более раз больше выпавших атмосферных осадков, а в лесных полосах в 5 и более раз больше, чем в поле. Накопленный в понижениях снег и приток талых вод с прилегающих возвышений рельефа обуславливают накопление их в замкнутых понижениях рельефа значительно больше недостатка насыщения активного слоя до НВ и инфильтрацию воды в глубже расположенные грунты и подземные воды.

### **Заключение**

Под активным слоем почвы следует понимать почвы и подстилающие их грунты, из которых растения потребляют воду и питательные вещества. При этом мощность активного слоя почвы и грунтов в степи зависит от вида растений и фазы их развития, глубины залегания подземных вод, строения почвенного профиля и подстилающих грунтов и режима их увлажнения.

В степной зоне на суглинистых почвах при глубоком залегании подземных вод мощность активного слоя почв и грунтов под орошаемой яровой пшеницей составляет 1,5 м, а без орошения – 1,2 м, просом – 1,6 м, люцерной – до 2,7 м, кукурузой, подсолнечником и многолетними травами – 1,8 м.

Следует учитывать, что накопление снега в понижениях рельефа и дополнительный приток в них талых вод с прилегающих возвышений рельефа может превышать влагоемкость активного слоя почв и грунтов и обуславливать фильтрацию воды в глубже расположенные грунты и подземные воды.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Костычев П.А. Почвоведение. М., 1939. 90 с.
2. Долгов С.И. Исследование подвижности почвенной влаги и ее доступности для растений. М.: Изд-во АН СССР, 1948. 208 с.
3. Кузник И.А. Воздействие агрономических, лесохозяйственных и мелиоративных мероприятий на гидрологический режим Нижнего Поволжья. Саратов, 1963. 101 с.
4. Глобус А.М. Экспериментальная гидрофизика почв. Методы определения потенциала и коэффициентов переноса почвенной влаги. Л.: Гидрометеиздат, 1969. 356 с.
5. Роде А.А. Методы изучения водного режима почв. М.: Изд-во АН СССР, 1960. 244 с.
6. Роде А.А. Почвенная влага. М.: Изд-во АН СССР, 1952. 456 с.



7. Мироненко В.А., Румынин В.Г. Проблемы гидрогеоэкологии. Монография в 3-х томах. Теоретическое изучение и моделирование геомиграционных процессов. М.: Изд-во МГГУ, Т.1., 1998. 611 с.
8. Нестеренко Ю.М. Водная компонента аридных зон: экологическое и хозяйственное значение. Екатеринбург: УрО РАН, 2006. 287 с.
9. Кружилин А.С. Биологические особенности орошаемых культур. М.: Сельхозгиз, 1954. 520 с.
10. Грамматикати О.Г. Рациональная глубина увлажнения почв при орошении полевых культур в станой зоне. В кн.: Биологические основы орошаемого земледелия. М.: Изд. «Наука», 1966. 520 с.
11. Панфилов В.П. Особенности водного режима каштановых почв Кулунды при орошении. В Кн.: Биологические основы орошаемого земледелия. М.: Изд. «Наука», 1966. 520 с.
12. Багров М.Н. Орошение полей. Волгоград: Нижне-Волжское кн. изд-во, 1965. 253 с.
13. Ротмистров В.Г. Корневая система сельскохозяйственных растений и урожай. Советская агрономия, № 8, 1939. С. 62-74.
14. Иванов П.К. Яровая пшеница. М.: «Колос», 1971. 328 с.
15. Фокеев П.М. Яровая пшеница на Юго-Востоке. Научные труды НИИСХ Юго-Востока, вып. 20, Саратов, 1961. 187 с.
16. Чижов Б.А. Особенности развития и распространения корневой системы культурных растений на светло-каштановой почве. В. Кн.: Труды института засухи. Вып. 2, М., 1931. 204 с.
17. Стебут А.И. Избранные сочинения. М.: Сельхозгиз, 1957. 631 с.
18. Носатовский А.И. Пшеница. М.: Изд. «Колос», 1965. 568 с.
19. Маслов Б.С., Нестеров Е.А. Вопросы орошения и осушения в США. М.: «Колос», 1967. 320 с.
20. Шувалов А.Н. Водный баланс поля люцерны при различной глубине залегания верховодки в Сыртовом Заволжье: Автореф. дисс. канд.с.-х. наук, Саратов, 1973. 22 с.

Поступила 25.05.2021

*(Контактная информация: Нестеренко Юрий Михайлович – доктор географических наук, доцент, главный научный сотрудник отдела геоэкологии Оренбургского федерального исследовательского центра УрО РАН; адрес: 460014, Оренбург, ул. Набережная, д. 29, а/я 59; тел./факс (3532) 77-06-60; e-mail: [geoecol-onc@mail.ru](mailto:geoecol-onc@mail.ru);*

*Соломатин Николай Владиславович – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела геоэкологии Оренбургского федерального исследовательского центра УрО РАН; e-mail: [geoecol-onc@mail.ru](mailto:geoecol-onc@mail.ru)*

*Халин Александр Васильевич – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела геоэкологии Оренбургского федерального исследовательского центра УрО РАН; e-mail: [geoecol-onc@mail.ru](mailto:geoecol-onc@mail.ru);*

*Федюнин Станислав Анатольевич – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела геоэкологии Оренбургского федерального исследовательского центра УрО РАН; e-mail: [geoecol-onc@mail.ru](mailto:geoecol-onc@mail.ru)).*

---

---

## REFERENCES

1. Kostychev P.A. Soil Science. Moscow: 1939. 90 p.
2. Dolgov S.I. Study of soil moisture mobility and its availability for plants. Moscow: Publishing house of the Academy of Sciences of the USSR, 1948. 208 p.
3. Kuznik I.A. The impact of agronomic, forestry and land reclamation measures on the hydrological regime of the Lower Volga region. Saratov, 1963. 101 p.

4. Globus A.M. Experimental hydrophysics of soils. Methods for determining the potential and coefficients of soil moisture transfer. L. : Gidrometeoizdat, 1969. 356 p.
5. Rode A.A. Methods for studying the water regime of soils. Moscow: Publishing house of the Academy of Sciences of the USSR, 1960. 244 p.
6. Rode A.A. Soil moisture. Moscow: Publishing house of the Academy of Sciences of the USSR, 1952. 456 p.
7. Mironenko V.A., Romanin V.G. Problems of hydrogeoecology. Monograph in 3 volumes. Theoretical study and modeling of geomigration processes. Moscow: MGGU Publishing House, Vol. 1, 1998. 611 p.
8. Nesterenko Yu.M. The water component of arid zones: ecological and economic significance. Ekaterinburg: Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 2006. 287 p.
9. Kruzhilin A.S. Biological characteristics of irrigated crops. Moscow: Selkhozgiz, 1954. 520 p.
10. Grammatikati O.G. Rational depth of soil moisture during irrigation of field crops in the camp zone. In the book: Biological bases of irrigated agriculture. Moscow: Ed. "Science", 1966. 520 p.
11. Panfilov V.P. Features of the water regime of Kulunda chestnut soils during irrigation. In the book: Biological bases of irrigated agriculture. Moscow: Ed. "Science", 1966. 520 p.
12. Bagrov M.N., Irrigation of fields. Volgograd: Nizhne-Volzhskoe book. publishing house, 1965. 253 p.
13. Rotmistrov V.G. Root system of agricultural plants and harvest. Soviet agronomy, No. 8, 1939. S. 62-74.
14. Ivanov P.K. Spring wheat. M. : "Kolos", 1971. 328 p.
15. Fokeev P.M. Spring wheat in the South-East. Scientific works of the Research Institute of Agriculture of the South-East, vol. 20, Saratov, 1961. 187 s.
16. Chizhov B.A. Features of the development and distribution of the root system of cultivated plants on light chestnut soil. V. Kn. : Proceedings of the Institute of Drought. Issue 2, M., 1931. 204 p.
17. Stebut A.I. Selected Works. Moscow: Selkhozgiz, 1957. 631 p.
18. Nosatovsky A.I. Wheat. Moscow: Ed. Kolos, 1965. 568 p.
19. Maslov B.S., Nesterov E.A. Irrigation and drainage issues in the USA. M. : "Kolos", 1967. 320 p.
20. Shuvalov A.N. Water balance of the alfalfa field at different depths of bedding of the upper water in the Syrtov Trans-Volga region: Author's abstract. diss. Candidate of Science - х. nauk, Saratov, 1973. 22 p.

**Образец ссылки на статью:**

Нестеренко Ю.М., Соломатин Н.В., Халин А.В., Федюнин С.А. Влага зоны аэрации и её использование растительностью в степной зоне Южного Урала и Заволжья. Оренбургского научного центра УрО РАН 2021. №2. 9с. [Электр. ресурс] (URL: <http://elmag.uran.ru:9673/magazine/Numbers/2021-2/Articles/YuMN-2021-2.pdf>) **DOI: 10.24411/2304-9081-2021-12003**