



УДК 631.4

**УВЕЛИЧЕНИЕ ВСХОЖЕСТИ РЕДИСА С ПОМОЩЬЮ ГИДРОГЕЛЯ
НА РАЗЛИЧНЫХ ТИПАХ ПОЧВ****INCREASE OF RADISH GERMINATION USING HYDROGEL IN VARIOUS
TYPES OF SOILS****Т.Г. Воскобойникова, А.А. Околелова, Р.О. Манов**
T.G. Voskoboynikova, A.A. Okolelova, R.O. Manov*Волгоградский государственный технический университет, Россия, 400005, г. Волгоград, пр. Ленина, 28*
*Volgograd State Technical University, 28 Lenin Av., Volgograd, 400005, Russia**E-mail: ruslan-manov@mail.ru*

Ключевые слова: гидрогель, акриламид, светло-каштановые почвы, солончак, солонец, редис розовый, фитопродуктивность.

Key words: hydrogel, acrylamide, light chestnut soils, saline, sodic soil, pink radish, phytoproductivity.

Аннотация. Проведен эксперимент по определению всхожести семян редиса розового с использованием полиакриламидного гидрогеля «Акрилекс П-150» на различных типах почв (светло-каштановая, солонец, солончак). Эксперимент длился 21 день. Опыт проводили в вариантах с гидрогелем и без него (контроль). Все варианты почв, в которые был внесен гидрогель, имеют лучшие показатели по сравнению с контролем. Наибольшая эффективность применения гидрогеля отмечена на солонце. Для оценки положительного влияния гидрогеля на свойства почв предложен показатель «фитопродуктивность» и формула его определения. Фитопродуктивность светло-каштановой почвы и солончака при использовании гидрогеля составила 17 и 16% соответственно, солонца – 100%.

Resume. Germination of seeds is directly dependent on the wetness of the soil, from which they receive the nutrients. To ensure soil moisture in arid zones with constant shortage of rainfall we propose to use polyacrylamide hydrogel. The aim of our research was to give a scientific substantiation of the usage of the polymer hydrogel to improve conditions for seed germination and plant nutrition in different types of soil. In this paper, features and application prospects of the moisture-swelling polymer "Acrilex P-150" are discussed. Model experiments were conducted in order to study the effect of the hydrogel on the soil properties. We have selected three types of soil to solve this problem: light chestnut soils, saline and sodic soil. The experiment lasted 21 days. The experiment was conducted in two variants: with hydrogel and without it (control). 10 seeds of pink radish were planted in all variants of the experiment.

All variants of the soil with hydrogel have better indicators compared to the control samples.

In the light chestnut soils with hydrogel the germination of radish reached 95%, without hydrogel – 10%, in the saline 90% and 5% respectively. In the sodic soil in experiments with hydrogel the germination of seeds reached 50% and without hydrogel not a single germ came up. Seedlings in all variants with hydrogel are higher than those without it. The beginning of germination of seeds in the experiments with hydrogel increases in the series of light chestnut soils (on the sixth day), saline (on the ninth day) and sodic soil (on the fourteenth day).

The highest efficiency of the hydrogel is marked on sodic soil.

To evaluate the positive impact of the hydrogel on the soil properties we suggested the indicator "phytoproductivity", its defining formula and grading of its values. Phytoproductivity of the light chestnut soil and saline using the hydrogel was 17 and 16% respectively and of sodic soil – 100%.

Введение

Гидрофильные акриловые полимеры находят широкое применение в различных областях народного хозяйства как суперабсорбенты. Перспективной сферой их использования является производство влагоудерживающих препаратов для нужд сельского хозяйства, декоративного и приусадебного растениеводства [Максимова, 2010].

Полиакриламидный гидрогель (ПААГ) – это гетерогенная система, дисперсной фазой которой служит пространственная сетка, образованная макромолекулами полимера. Он представляет собой сшитый сополимер акриламида и акриловой кислоты, нерастворимый в воде [Юскаева, 2010]. Его особенность состоит в том, что под действием воды гранулы быстро набухают, удерживая при этом в сотни раз большее, по отношению к своему весу, количество воды и содержащиеся в ней питательные элементы. Результаты экспериментальных исследований показали возможность использования гидрогелей для улучшения влагоудерживающей способности почв [Куренков, 1997; Тибириков, Филин, 2013; Наумов и др., 2014; Воскобойникова и др., 2012].

Всхожесть семян напрямую зависит от содержания в почве влаги, из которой они получают и питательные элементы. При постоянном дефиците атмосферных осадков в аридных



зонах необходимы меры по обеспечению почв влагой. Для этого используют классические методы – лесопосадки, снегозадержание, кулисы высокостебельчатых трав. Мы предлагаем для этих целей апробировать бисерные полиакриламидные гидрогели.

Цель наших исследований заключалась в научном обосновании использования полимерного гидрогеля для улучшения условий прорастания семян и питания растений на различных типах почв.

Объекты и методы исследования

В данной работе рассмотрены особенности и перспективы применения влагонабухающего полимера «Акрилекс П-150». Проведены модельные опыты по изучению влияния гидрогеля на свойства почв. Для решения поставленной задачи нами были отобраны три типа почв: светло-каштановая легкосуглинистая, солончак гидроморфный (в черте Волгограда) и солонец среднесуглинистый, (Городищенский район Волгоградской области). Морфологическая характеристика, содержание водорастворимых ионов, структура почв, места отбора проб описаны нами ранее. [Околелова и др., 2012, 2013]. Почвы карбонатны, по типу засоления – хлоридные (светло-каштановые легкосуглинистые) и хлоридно-сульфатные (засоленные, тяжелосуглинистые).

Эксперимент длился 21 день. Опыт проводили в вариантах с гидрогелем и без него (контроль) в двукратной повторности. Все опыты, включая контроль, поливали равным количеством воды. Влагоудерживающая способность гидрогеля была исследована нами ранее [Воскобойникова и др., 2012]. В горшочки с 50 граммами почвы вносили по 1 г гидрогеля, в первый же день добавили 20 мл воды. По мере впитывания добавляли в каждый вариант по 10–20 мл воды. Всего было прилито 185 мл воды. Во все варианты высадили по 10 семян редиса розового [ГОСТ Р ИСО 22030-2009].

Нами была определена водопоглощающая способность гидрогеля. В сухой форме бисерный полимер представляет собой гранулированный кристаллический препарат белого цвета, с размером частиц 40–120 мк, предельной молекулярной массой 150000 г/моль, один грамм которого аккумулирует 75% воды. После высушивания он вновь способен сорбировать более 50% воды от своего веса [Воскобойникова и др., 2014].

Лабораторная часть исследований включала определение в 0–20 см слое почв: плотности – буром Н.А. Качинского, структурно-агрегатного состава по методу Н.И. Саввинова, сокращенный анализ гранулометрического состава почвы – по методу Н.А. Качинского, рН водный – потенциометрически [ГОСТ 26423-85], органического углерода – по И.В. Тюрину в модификации Д.С. Орлова и Л.А. Гришиной со спектрофотометрическим окончанием, поглощенные катионы по ГОСТу [ГОСТ 26487-85].

Результаты и их обсуждение

Свойства почв. В хорошо агрегированных почвах основные запасы питательных элементов, микроагрегатов, влаги находятся внутри агрегатов. «Именно почвенные агрегаты обуславливают почвенное плодородие. Так как в их поровом пространстве хранятся питательные вещества, влага, которые потребляют растения» [Шейн, 2005, с. 14]. По содержанию агрономически ценных агрегатов (мезоагрегаты, размером 0.25–10 мм) структурное состояние почв хорошее, по величине АФИ в диапазоне 50–100 – водостойчивость оценивают как удовлетворительную [Шейн, 2005]. Плотность обуславливает формирование объемов порового пространства, мест обитания почвенной биоты и микроорганизмов. Уплотнение почв замедляет рост растений. Нормальный газообмен нарушается при плотности выше 1.45 г/см³ [Вальков и др., 2006]. В исследуемых почвах величина плотности близка к таковой в солонце, и превышает это значение в солончаке (табл. 1).

Таблица 1
Table 1

Характеристика структурного состояния верхнего горизонта почв
Characteristics of the structural state of the surface soil layer

Тип почвы	Содержание мезоагрегатов, %	K _c	АФИ	P _{общ} , %	d, г/см ³
Светло-каштановая	73.74	2.80	66.91	74.64	1.35
Солонец	69.32	2.76	69.21	87.13	1.44
Солончак	65.91	2.67	74.39	89.76	1.50



Порозность почв возрастает в ряду от светло-каштановых почв к солонцу и солончаку соответствует почвам тяжелого гранулометрического состава. При значении коэффициента структурности (K_s) больше 1.5 структурное состояние почвы оценивают как отличное. Но только структурные показатели не могут быть основными для оценки продуктивности почв, особенно засоленных. Нами изучены химические свойства почв.

Известная закономерность: чем больше в почвах органического углерода, тем ниже плотность (d), проявляется и в исследуемых почвах. Провинциальными особенностями почв Волгоградской области является их малогумусность, что отчетливо видно при оценке органического углерода в почвах опыта. Содержание $C_{орг}$ в светло-каштановой почве и солонце типично для этих типов почв области, в солончаке очень низкое.

Большая концентрация катионов кальция в светло-каштановых почвах влияет на более высокое значение pH. Анализ содержания поглощенных катионов в исследуемых почвах позволил выявить следующие закономерности. Максимальная доля поглощенных катионов определена в солончаке, минимальная – в светло-каштановой почве.

Наибольшее обогащение почвы поглощенным кальцием отмечено в солончаке и солонце, минимальное – в светло-каштановой почве. Содержание поглощенного магния значительно ниже, чем кальция. Доля магния в солончаке – высокая, в солонце – низкая. Сумма водорастворимых солей в галоморфных почвах в 12.25 (солончак) и 9.15 раз (солонец) выше, чем в светло-каштановой почве. Максимальное содержание натрия выявлено в солонце и солончаке. Минимальная доля поглощенного натрия отмечена в гумусовом горизонте светло-каштановой почвы (табл. 2). Внедрение натрия в ППК снижает влагопроводность почвы.

Таблица 2
Table 2

Химические свойства верхнего горизонта почв
Chemical properties of the surface soil layer

Тип почвы	Kat, мг-экв./100 г	Поглощенные основания, мг-экв./100 г				Σ водоразр. солей, %	$C_{орг}$, %	pH
		Ca	Mg	Na	Na/ЕКО			
Светло-каштановая	22.50	17.65	4.45	0.40	1.78	3.34	1.26	8.21
Солонец	30.30	24.50	4.10	1.70	5.61	30.56	0.90	7.88
Солончак	34.02	25.52	6.35	2.15	6.32	40.92	0.31	7.93

При проведении опыта со светло-каштановой почвой были определены следующие особенности. В опытах без гидрогеля на шестой день появилось два проростка (вариант №2). К концу эксперимента они вытянулись до высоты 4.7 и 6.5 см соответственно. В варианте №1 на тринадцатый день появился один росток, на двадцатый он засох (табл. 3).

Таблица 3
Table 3

Влияние гидрогеля на всхожесть семян
Effect of hydrogel on seed germination

Тип почвы	Светло-каштановая				Солончак				Солонец			
	без геля		с гелем		без геля		с гелем		без геля		с гелем	
№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Число ростков на 6 день эксперимента, шт (ГОСТ 12038-84)	0	2	10	9	1	1	8	10	0	0	5	5
Число ростков на конец эксперимента, шт	0	2	10	10	0	0	9	10	0	0	7	7
Процент всхожести, % (ГОСТ 12038-84)	10		95		5		90		0		50	
Начало прорастания, дни	6		3		6		5		-		6	
Средняя высота ростков, см	5.6		6.75		4		4.75		0		1.75	

В вариантах с гидрогелем на третий день появилось 7 и 5 ростков соответственно (варианты №3 и №4). На шестой день их уже было 10 и 9. Десятый росток в четвертом варианте пророс на восьмой день исследований. К концу эксперимента их высота составила 3.0–8.7 см (№3) и 5.8–9.5 см (№ 4). Применение гидрогеля увеличило всхожесть семян на светло-каштановой почве с 10 до 95%, высоту проростков – с 5.6 до 6.75 см (см. табл. 3).

В контрольных вариантах (без гидрогеля) №5 и №6 в солончаке на шестой день появилось по одному ростку. К концу эксперимента они засохли, один на 13-й день, второй - на 15-й.



В опытах с гидрогелем на солончаке на пятый день проросло соответственно 7 (вариант №7) и 10 (вариант №8) семян. На шестой и девятый дни в седьмом варианте появилось еще по одному ростку. Их высота составляла 2.5–6.2 см (вариант №7) и 2.7–7.6 см (вариант №8). В солончаке применение гидрогеля привело к возрастанию всхожести редиса с 5 до 90%, высоты проростков – с 4 до 4.8 см (см. табл. 3).

В контрольных вариантах без гидрогеля (варианты №9 и №10) в солонце за время эксперимента редис не пророс. В обоих вариантах с гидрогелем в солонце на шестой день появилось по пять ростков. На восьмой день еще два в варианте №11 (всего 7), на одиннадцатый день – еще два (вариант №12). Их высота составила 1–3 см и 1–2 см, соответственно варианты №11 и №12. Использование влагоадсорбера позволило получить всхожесть семян, равную 50% (против ее отсутствия в опыте без гидрогеля).

Анализируя данные, представленные в таблице 3, можно сделать выводы, что с применением гидрогеля: всхожесть и скорость прорастания семян редиса возрастают. Низкую всхожесть редиса в галоморфных почвах можно объяснить наличием в них токсичных для растений солей. При прочих равных условиях очевидно положительное влияние гидрогеля даже в таких условиях. Более эффективно его применение в солонце. Начало прорастания семян в опытах с гидрогелем возрастает в ряду от светло-каштановой почвы (на шестые сутки), к солончаку (на девятые сутки) и солонцу (на четырнадцатые сутки). Высота проростков во всех вариантах выше в опытах с гидрогелем.

На сегодняшний день мы не нашли показателей, характеризующих положительное влияние какого-либо вещества на свойства почв. Для определения негативного влияния поллютантов на состояние почв существует показатель фитотоксичность.

Фитотоксичность почвы – это свойство почвы подавлять рост и развитие высших растений. Необходимость определения этого показателя возникает при мониторинге химически загрязненных почв или при оценке возможности использования в качестве удобрений или мелиорантов различных отходов: осадков сточных вод, компостов, гидролизного лигнина [Волкова, Кондакова, 2002].

Фитотоксичность (Φ) рассчитывают по формуле [Грицай и др., 2014]:

$$\Phi = \frac{d_k - d_s}{d_k} * 100\%$$

где d_k , d_s – соответственно высота ростка на контроле и на экспериментальном участке.

Эта формула заведомо полагает, что результаты на контрольном участке выше, чем на экспериментальном. Фитотоксичность позволяет выявить только деградационное или ингибирующее воздействие тех или иных веществ, но не их стимулирующее влияние.

В нашем эксперименте воспользоваться данной формулой мы не можем, так как применение гидрогеля привело к позитивным изменениям свойств почв по сравнению с контролем.

Для получения адекватной оценки результатов опыта мы предлагаем новый показатель оценки качества почв – фитопродуктивность (Φ_{π}) и формулу ее определения:

$$\Phi_{\pi} = \frac{|d_k - d_s|}{d_k} * 100\%$$

где d_k , d_s – соответственно высота проростка в почвах без гидрогеля (контроль) и с гидрогелем.

Мы определяли фитопродуктивность методом проростков [Волкова, Кондакова, 2002]. Полученные данные позволили составить селективный ряд фитопродуктивности исследуемых почв: солончак (15.79%) ≤ светло-каштановая почва (17.04%) ≤ солонец (100%).

Выводы

1. Почвы малогусны, уплотнены. Карбонатны, по типу засоления – хлоридные (светло-каштановые легкосуглинистые) и хлоридно-сульфатные (засоленные, тяжелосуглинистые).
2. Увеличение всхожести семян редиса с помощью гидрогеля на различных типах почв позволило выявить, что в светло-каштановой почве с гидрогелем достигнута 95% всхожесть семян редиса, без гидрогеля – 10%, в солончаке соответственно 90% и 5%. В солонце в опытах с гидрогелем, отмечено прорастание 50% семян, без гидрогеля не вырос ни один росток.
3. В светло-каштановой почве средняя высота редиса в опытах с гидрогелем составила 6.75 см, без – 5.6 см, в солончаке гидроморфном с гидрогелем – 4.75 см, без него – 4 см, в солонце с гидрогелем – 1.75 см.
4. Начало прорастания семян в опытах с гидрогелем возрастает в ряду от светло-каштановой почвы (на шестые сутки), к солончаку (на девятые сутки) и солонцу (на четырнадцатые сутки).
5. Во всех вариантах высота проростков выше в опытах с гидрогелем.



6. Фитопродуктивность светло-каштановой почвы и солончака при использовании гидрогеля составила 17 и 16% соответственно, солонца – 100%.

Предложение – для оценки положительного влияния гидрогеля на свойства почв предложен показатель «фитопродуктивность» и формула его определения.

Список литературы

References

1. Вальков В.Ф., Казеев К.Ш., Колесников С.И. 2006. Почвоведение. М., МарТ, 496.
Val'kov V.F., Kazeev K.Sh., Kolesnikov S.I. 2006. Pochvovedenie [Soil science]. Moscow, MarT, 496. (in Russian)
2. Волкова И.Н., Кондакова Г.В. 2002. Экологическое почвоведение. Лабораторные занятия для студентов-экологов (бакалавров): методические указания. Ярославль, Изд-во Ярославского государственного университета, 35.
Volkova I.N., Kondakova G.V. 2002. Jekologicheskoe pochvovedenie. Laboratornye zanjatija dlja studentov-jekologov (bakalavrov): metodicheskie ukazanija [Environmental Soil Science. Laboratory classes for students of environmental (bachelors) guidelines]. Yaroslavl, Izd-vo Jaroslavskego gosudarstvennogo universiteta, 35 (in Russian)
3. Воскобойникова Т.Г., Околелова А.А. 2014. Повышение плодородия почв в сухостепной зоне с помощью гидрогелей. В кн.: Экология и безопасность в техносфере: современные проблемы и пути их решения. Сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов (г. Юрга, 27–28 ноября 2014 г.). Томск, Изд-во Томского политехнического университета: 19–21.
Voskoboynikova T.G., Okolelova A.A. 2014. Boosting soil fertility in dry steppe zone using hydrogels. In: Jekologija i bezopasnost' v tehnosfere: sovremennye problemy i puti ih reshenija. Sbornik trudov Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii molodyh uchenyh, aspirantov i studentov (g. Jurga, 27–28 nojabrja 2014 g.) [Ecology and safety in the technosphere: current problems and ways to solve them. Collection of works of Russian scientific and practical conference of young scientists and students (Yurga, 27–28 November 2014)]. Tomsk, Izd-vo Tomskogo Politehnicheskogo Universiteta: 19–21. (in Russian)
4. Воскобойникова Т.Г., Околелова А.А., Терехова Д.В., Сукуркина А.С. 2012. Набухающая способность гидрогеля марки Акрилекс П-150. В кн.: Естественнаучное знание в 21 веке. Материалы I международной заочной научно-практической конференции (г. Краснодар). Краснодар: 286–290.
Voskoboynikova T.G., Okolelova A.A., Terehova D.V., Sukurkina A.S. 2012. Swelling capacity of the hydrogel Acrilex P-150. In: Estestvennonauchnoe znanie v 21 veke. Materialy I mezhdunarodnoj zaochnoj nauchno-prakticheskoj konferencii (g. Krasnodar) [Natural sciences in the 21st century. Proceedings of the I International correspondence scientific-practical conference (Krasnodar)]. Krasnodar: 286–290. (in Russian)
5. ГОСТ 26423–85. Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, pH и плотного остатка водной вытяжки. Дата введения 01.01.1986.
GOST 26423–85. Soils. Methods for determination of specific electric conductivity, pH and solid residue of water extract. Date of introduction 01.01.1986. (in Russian)
6. ГОСТ 26487–85. Почвы. Определение обменного кальция и обменного (подвижного) магния методами ЦИНАО. Дата введения 01.08.1986.
GOST 26487–85. Soils. Determination of exchangeable calcium and exchangeable (mobile) magnesium by CINAO methods. Date of introduction 01.08.1986. (in Russian)
7. ГОСТ Р ИСО 22030–2009. Качество почвы. Биологические методы. Хроническая фитотоксичность в отношении высших растений. Дата введения 15.12.2009.
GOST R ISO 22030–2009. Soil quality. Biological methods. Chronic toxicity for higher plants. Date of introduction 15.12.2009. (in Russian)
8. Грицай И.С., Максимова Н.Б., Вороничев А.А. 2014. Биологическая диагностика загрязнения городских почв на примере г. Рубцовска Алтайского края. В кн.: Экология и биология почв. Материалы международной научной конференции к 100-летию Южного федерального университета, 80-летию Академии биологии и биотехнологии (Ростов-на-Дону, 17–19 ноября 2014 г.). Ростов-на-Дону, Изд-во Южного Федерального Университета: 511–512.
Gricaj I.S., Maksimova N.B., Voronichev A.A. 2014. Biological diagnostics of contamination of urban soils as an example of Rubtsovsk, Altai Territory. In: Jekologija i biologija pochv. Materialy mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii k 100-letiju Juzhnogo federal'nogo universiteta, 80-letiju Akademii biologii i biotehnologii (Rostov-na-Donu, 17–19 nojabrja 2014 g.) [Ecology and biology of soils. Proceedings of the international conference on the 100th anniversary of the Southern Federal University, the 80th anniversary of the Academy of Biology and Biotechnology (Rostov-on-Don, 17–19 November 2014)]. Rostov-on-Don, Izd-vo Juzhnogo Federal'nogo Universiteta: 511–512. (in Russian)
9. Куренков В.Ф. 1997. Водорастворимые полимеры акриламида. Соросовский образовательный журнал, (5): 48–53.
Kurenkov V.F. 1997. Water-soluble acrylamide polymers. Vodorastvorimye polimery akrilamida. Sorosovskij obrazovatel'nyj zhurnal [Soros Educational Journal], (5): 48–53. (in Russian)
10. Максимова Ю.Г., Максимов А.Ю., Демаков В.А., Будников В.И. 2010. Влияние гидрогелей полиакриламида на микрофлору почвы. Вестник Пермского университета. Серия: Биология, (1): 45–49.



Maksimova Ju.G., Maksimov A.Ju., Demakov V.A., Budnikov V.I. 2010. Effect of polyacrylamide hydrogels on the soil microbial flora. *Vestnik Permskogo universiteta. Serija: Biologija* [Bulletin of Perm University. Biology], (1): 45-49. (in Russian)

11. Наумов П.В., Шербакова Л.Ф., Околелова А.А. 2011. Оптимизация влагообеспеченности почв с помощью полимерного гидрогеля. *Известия нижевожского агроуниверситетского комплекса*, (44): 77-81.

Naumov P.V., Shherbakova L.F., Okolelova A.A. 2011 Optimization of soil moisture using the polymer hydrogel. *Izvestija nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa* [Proceedings of Nizhnevolzskiy agrouniversity complex], (44): 77-81. (in Russian)

12. Околелова А.А., Желтобрюхов В.Ф., Егорова Г.С., Касьянова А.С. 2013. Провинциальные особенности структурной организации почв Волгоградской области. *Фундаментальные исследования*, (4): 379-383.

Okolelova A.A., Zheltobryukhov V.F., Egorova G.S., Kas'yanova A.S. 2013. Local peculiarities of the soils' structural organization in the Volgograd region. *Fundamental'nye issledovaniya* [Fundamental research], (4): 379-383. (in Russian)

13. Околелова А.А., Стяжин В.Н., Касьянова А.С. 2012. Оценка продуктивности почв с помощью регрессионного анализа. *Фундаментальные исследования*, (3): 328-332.

Okolelova A.A., Stjazhin V.N., Kas'janova A.S. 2012. Estimation of soil efficiency by means of regression analysis. *Fundamental'nye issledovaniya* [Fundamental research], (3): 328-332. (in Russian)

14. Тибирьков А.П., Филин В.И. 2013. Влияние полиакриламидного гидрогеля на структурно-агрегатный состав пахотного слоя светло-каштановой почвы Волго-Донского междуречья. *Известия нижевожского агроуниверситетского комплекса*. (4): 84-89.

Tibir'kov A.P., Filin V.I. 2013. Effect of polyacrylamide hydrogel on structure-aggregate composition of the arable layer of light chestnut soils of Volga-Don interfluve. *Izvestija nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa* [Proceedings of Nizhnevolzskiy agrouniversity complex], (4): 84-89. (in Russian)

15. Шейн Е.В. 2005. Курс физики почвы. М., МГУ, 430.

Shein E.V. 2005. Kurs fiziki pochvy [Course soil physics]. Moscow, MGU, 430. (in Russian)

16. Юскаева Г.И. 2010. Использование полиакриламидного полимера В-415 в искусственном лесовосстановлении в условиях Пензенской области. *В кн.: Экологические аспекты устойчивого развития человечества. Материалы международной научно-практической конференции (Москва-Пенза, 13-14 апреля 2010 г.)*. Москва: 149-152.

Juskaeva G.I. 2010. The use of polyacrylamide polymer В-415 in the artificial reforestation in the Penza region. *In: Jekologicheskie aspekty ustojchivogo razvitija chelovechestva. Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii (Moskva-Penza, 13-14 aprilja 2010 g.)*. [Materials of international research and practical conference (Moscow-Penza, 13-14 April 2010)], Moscow: 149-152. (in Russian)