

**В.В. ПЧЕЛКИН, М.А. НИКИТИНА**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»,  
Институт мелиорации, водного хозяйства и строительства им. А.Н. Костякова, г. Москва, Российская Федерация

## **ОБОСНОВАНИЕ РЕЖИМА ВЛАЖНОСТИ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ НА ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ**

*Цель исследований – установление режима влажности дерново-подзолистой почвы при выращивании многолетних трав. Опытты проводились на экспериментальном участке в 2012-2014 гг. При проведении научных исследований по водному режиму дерново-подзолистых почв при орошении многолетних трав была использована методика, разработанная на кафедре мелиорации и рекультивации земель РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. Исследования проводились на опытных делянках и в лизиметрах. Приведены опытные данные, полученные на делянках. По результатам исследований, с использованием формулы В.В. Шабанова, был построен график связи относительной урожайности ( $Y_i/Y_{max}$ ) многолетних трав с относительной влажностью дерново-подзолистой почвы (в слой 50 см) при дождевании. В формуле В.В. Шабанова для рассматриваемых условий было получено значение коэффициента  $\gamma$ , равное 4,263. Установлено, что влажность дерново-подзолистой почвы водораздельных территорий необходимо поддерживать в оптимальном диапазоне с учетом требований растений в течение всего периода вегетации. Наилучший диапазон влажности дерново-подзолистой почвы водораздельных территорий на основании данных научных исследований составляет для многолетних трав (0,61-0,78) ПВ. Коэффициент корреляции этой связи равен  $0,96 \pm 0,089$ , что говорит о тесной связи между рассматриваемыми признаками. При оптимальной влажности дерново-подзолистых почв (0,61-0,78 ПВ) и глубине грунтовых вод 1,60 м и глубже (территории водоразделов) наблюдается промывной режим.*

*Вода, режим влажности, почва, многолетние травы, орошение.*

**Введение.** Регулирование влажности орошаемых дерново-подзолистых почв южно-таежной части Нечерноземной зоны России является важным фактором стабилизации сельскохозяйственного производства. Расчет проектного режима орошения связан с необходимостью знать как величину предполивной влажности почвы, так и ее максимальное значение. Известны рекомендации оптимального диапазона регулирования влажности почвы в трудах таких ученых, как А.П. Дорохов [1], А.Р. Константинов, Э.А. Струнников [2-4], А.Н. Костяков [5], Б.С. Маслов [6], В.В. Пчелкин [7, 8], М.С. Филимонов [9], Б.Д. Циприс [10], В.В. Шабанов [11] и др. Анализ этих рекомендаций говорит о том, что для многолетних трав на дерново-подзолистых почвах они не совпадают по величине и существенно различаются. Это вызвало необходимость проведения исследований с целью уточнения пределов регулирования влажности орошаемых дерново-подзолистых почв при выращивании многолетних

трав. Такие исследования были выполнены в 2012-2014 гг. на опытно-мелиоративном пункте «Дубна» РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, расположенном в Сергиево-Посадском районе Московской области.

**Материалы и методы исследований.** Влияние различных уровней влажности расчетного слоя почвы на урожайность многолетних трав проводили на трех орошаемых опытных делянках площадью 80 м<sup>2</sup>, каждая в трехкратной повторности. Одна делянка не орошалась и являлась контрольной. Влажность почвы в расчетном слое почвы поддерживали с помощью поливов в следующих пределах. Варианты: 1 – были заданы уровни влажности почвы 0,6-0,7 ПВ (ПВ – полная влагоемкость); 2 – также в интервале 0,7-0,8 ПВ; 3 – также в интервале 0,8-0,9 ПВ; 4 (контроль) – без орошения.

В течение вегетации многолетних трав на все делянки вносили одинаковые дозы удобрений  $N_{120}P_{80}K_{120}$ . Орошение проводили с помощью системы RainBird, используя распылители с выдвигной частью (модель

1812), расход распылителя – 0,84 м<sup>3</sup>/ч, радиус полива – 4,5 м. Влажность почвы определяли электрическим влагомером TRIME-FM с трубчатым датчиком ТЗ. Глубина измерения влажности почвы составляла 0,5 м, при этом измерения проводили послойно через 0,1 м. Влагомер тарировали термостатно-весовым методом. Одновременно с исследованиями на делянках проводили опыты в лизиметрах, которые представляют собой металлические цилиндры диаметром 1,6 м и площадью поперечного сечения 2 м<sup>2</sup>. Лизиметры были заполнены монолитами почвы ненарушенной структуры высотой 1,8 м. В нижней части лизиметров монтировались поддоны, которые приваривались к корпусу (рис. 1). Площадь около лизиметров засеивалась многолетними травами. Грунтовые воды моделировали на уровне 1,8 м от поверхности земли. Каждый день определяли инфильтрацию влаги из зоны аэрации лизиметров по количеству воды, просочившейся в трубы инфильтрации. Поливная норма на делянках и в лизиметрах определялась в зависимости от роста и развития корневой системы растений и составляла 10-40 мм. Математические и статистические расчеты проводились по программе Microsoft Office Excel-2007. Агрохимические и водно-физические показатели определяли в специализированной лаборатории.

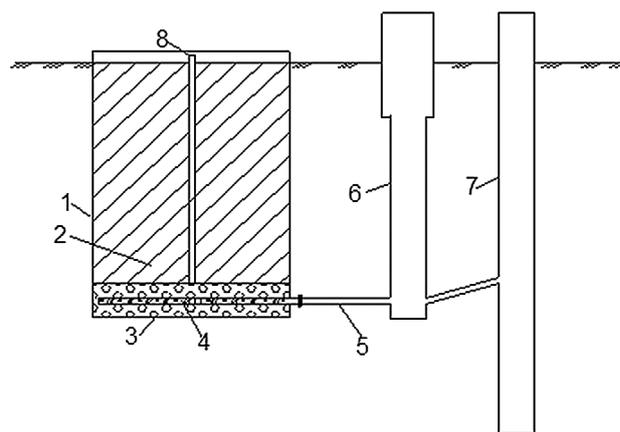


Рис. 1. Схема устройства лизиметра:

- 1 – корпус лизиметра;
- 2 – монолит почвы; 3 – поддон;
- 4 – дренажная труба;
- 5 – соединительная труба;
- 6 – труба компенсации;
- 7 – труба инфильтрации;
- 8 – труба для измерения влажности почвы

**Результаты и их обсуждение.** Опытные данные делянок представлены в таблице 1. По результатам исследований, с использованием формулы В.В. Шабанова [11], был построен график связи относительной урожайности ( $Y_i/Y_{max}$ ) многолетних трав с относительной влажностью дерново-подзолистой почвы (в слое 50 см) при дождевании (рис. 2).

Таблица 1

**Данные по урожайности многолетних трав за 2012-2014 гг.**

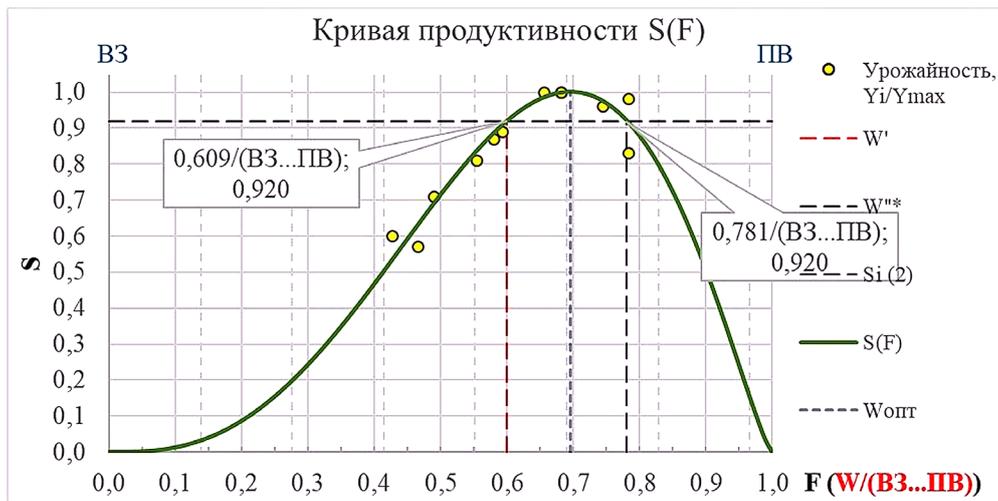
Вариант	У <sub>крос</sub> № 1		У <sub>крос</sub> № 2		Суммарная урожайность и средняя влажность за период вегетации		
	W/ПВ	Y <sub>i</sub> , т/га	W/ПВ	Y <sub>i</sub> , т/га	W <sub>ср</sub> /ПВ	Y <sub>i</sub> общ./Y <sub>max</sub>	Y <sub>i</sub> общ., т/га
2012 г.							
1 (0,6-0,7 ПВ)	0,68	6,3	0,69	4,0	0,68	0,89	10,3
2 (0,7-0,8 ПВ)	0,71	7,2	0,77	4,4	0,73	1	11,6
3 (0,8-0,9 ПВ)	0,78	7,6	0,82	3,5	0,80	0,96	11,1
Контроль	0,53	3,6	0,63	3,0	0,58	0,57	6,6
2013 г.							
1 (0,6-0,7 ПВ)	0,64	8,0	0,65	4,5	0,65	0,81	12,5
2 (0,7-0,8 ПВ)	0,76	10,0	0,74	5,4	0,75	1	15,4
3 (0,8-0,9 ПВ)	0,83	9,1	0,82	6,0	0,83	0,98	15,1
Контроль	0,59	7,3	0,60	3,6	0,60	0,71	10,9
2014 г.							
1 (0,6-0,7 ПВ)	0,69	8,2	0,64	7,3	0,67	0,87	15,5
2 (0,7-0,8 ПВ)	0,74	9,8	0,76	8,1	0,75	1	17,9
3 (0,8-0,9 ПВ)	0,81	6,4	0,85	8,4	0,83	0,83	14,8
Контроль	0,57	5,1	0,52	5,6	0,55	0,60	10,7

По оси ординат отложены величины относительной урожайности культур:  $U = Y_i/Y_{max}$ , где  $Y_i$  – значения урожайности

многолетних трав в конкретном году проведения опытов, т/га;  $U_{max}$  – продуктивность многолетних трав в том же году,

а по оси абсцисс – средняя за период вегетации влажность дерново-подзолистой почвы в слое 0...50 см, отнесенная к полной влагоемкости (ПВ).

Следует отметить, что аналогичные зависимости урожайности сельскохозяйственных культур от влажности почвы для различных условий были получены В.В. Шабановым [11].



**Рис. 2. Закономерность изменения относительной урожайности (продуктивности), Yi/Ymax, многолетних трав с относительной влажностью дерново-подзолистой почвы (в слое 50 см) при дождевании:**  
 Ymax-2012 г. – 11,6 т/га; Ymax-2013 г. – 15,4 т/га; Ymax-2014 г. – 17,9 т/га

Уравнение расчета относительной продуктивности (S) для влажности почвы (W), переведенных в доли диапазона 0...1, где за 0 принято значение влажности завядания (ВЗ); за 1 – полная влагоемкость (ПВ):

$$S = \left( \frac{W_i}{W_{опт}} \right)^{\gamma \cdot W_{опт}} \cdot \left( \frac{1 - W_i}{1 - W_{опт}} \right)^{\gamma(1 - W_{опт})} = \left( \frac{W_i}{0,696} \right)^{4,264 \cdot 0,696} \cdot \left( \frac{1 - W_i}{1 - 0,696} \right)^{4,264(1 - 0,696)}$$

где  $W_i$  – средняя за  $i$ -ю декаду влажность в корнеобитаемом слое почвы;  $W_{опт}$  – то же, оптимальная влажность;  $\gamma_i$  – коэффициент, учитывающий реакцию растений на отклонение влажности от оптимальной.

Уравнение перевода значений влажности почвы из  $W/(ВЗ...ПВ)$  в  $W/ПВ$ :

$$W/ПВ = 0,786 \cdot W/(ВЗ...ПВ) + 0,214.$$

Уравнение перевода из  $W/ПВ$  в  $W/(ВЗ...ПВ)$ :

$$W/(ВЗ...ПВ) = 1,273 \cdot W/ПВ - 0,273.$$

Принятые значения:

$$ПВ = 0,42 \text{ м}^3/\text{м}^3; \text{ВЗ} = 0,09 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

Рассчитанные значения:

Wопт	0,696	/(ВЗ...ПВ)	W'	0,609	/(ВЗ...ПВ)
	0,761	/ПВ		0,686	/ПВ
γ	4,263	м <sup>3</sup> /м <sup>3</sup>	W''	0,288	м <sup>3</sup> /м <sup>3</sup>
				0,781	/(ВЗ...ПВ)
R	0,960		W''	0,828	/ПВ
R <sup>2</sup>	0,921			0,348	м <sup>3</sup> /м <sup>3</sup>

Из графика на рисунке 2 следует, что наилучшая влажность почвы для многолетних трав соответствует значению 0,71 ПВ. Поддерживать данное значение влажности почвы в полевых условиях весьма сложно и экономически невыгодно, поэтому в производственных условиях лучше использовать диапазон влажности почвы.

В формуле В.В. Шабанова для рассматриваемых условий было получено значение коэффициента  $\gamma_i$ , равное 4,263.

Ввиду того, что коэффициент  $\gamma_i$  учитывает реакцию растений на отклонение влажности почвы от оптимальной величины, он будет зависеть от вида сельскохозяйственной культуры и типа почвы.

Рекомендация А.Р. Константинова [2] допускает снижение относительной урожайности сельскохозяйственных культур на 10-15% от оптимального значения. Аналогичное снижение рекомендует В.В. Шабанов [11]. Нами принято 8%-ное снижение

относительной урожайности многолетних трав от максимального значения, при этом диапазон относительной влажности дерново-подзолистой почвы оказался равным 0,61-0,78 ПВ.

На рисунке 3 представлен график связи относительной урожайности (продуктивности) многолетних трав, рассчитанных по формуле В.В. Шабанова, с относительной урожайностью (продуктивностью), полученной в экспериментальных опытах. Коэффициент корреляции этой связи равен  $0,96 \pm 0,089$ , что говорит о тесной связи между рассматриваемыми признаками.

Результаты исследований, проведенные в лизиметрах (табл. 2), показали, что при оптимальной влажности почвы 0,61-0,78 ПВ и глубине грунтовых вод 1,60 м не происходит подпитывание зоны аэрации со стороны грунтовых вод, а наблюдается инфильтрация влаги в грунтовые воды, которая в 2012, 2013, 2014 гг. соответственно составила 44, 62, 80 мм.

Таким образом, при оптимальной влажности дерново-подзолистых почв 0,61-0,78 ПВ и глубине грунтовых вод 1,60 м и глубже (территории водоразделов) наблюдается промывной режим.

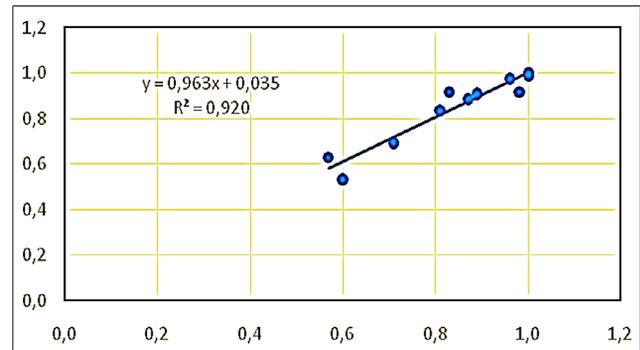


Рис. 3. Связь относительной урожайности (продуктивности) многолетних трав, рассчитанных по формуле В.В. Шабанова, с относительной урожайностью (продуктивностью), полученной в экспериментальных опытах

Таблица 2

Элементы водного баланса лизиметра за 2012-2014 гг.

Период	Элементы водного баланса, мм				
	ΔW	Ос	М	q	Еф
лизиметр 2012					
всего за вегетацию	-27	122	120	44	225
лизиметр 2013					
всего за вегетацию	-18	166	138	62	260
лизиметр 2014					
всего за вегетацию	-9	209	268	80	406

**Выводы**

1. Получен график связи изменения относительной урожайности (продуктивности) ( $Y_i/Y_{max}$ ) многолетних трав с относительной влажностью дерново-подзолистой почвы (в слое 50 см) при дождевании  $W/(BЗ...ПВ)$  с использованием формулы В.В. Шабанова. Коэффициент корреляции данной связи равен  $0,96 \pm 0,089$ . Определено значение коэффициента ( $\gamma_i = 4,263$ ), учитывающего реакцию растений многолетних трав на отклонение влажности дерново-подзолистой почвы от оптимальной величины.

2. Влажность почвы в расчетном слое почвы необходимо поддерживать в оптимальном диапазоне с учетом требований растений в течение всего периода вегетации. Оптимальный диапазон влажности дерново-подзолистых почв водораздельных

территорий составляет для многолетних трав 0,61...0,78 ПВ.

3. При оптимальной влажности дерново-подзолистых почв 0,61-0,78 ПВ и глубине грунтовых вод 1,60 м и глубже (территории водоразделов) наблюдается промывной режим.

**Библиографический список**

1. Дорехов А.П. Режим орошения в ЦЧЗ // Гидротехника и мелиорация. – 1975. – № 4. – С. 69-72.
2. Константинов А.Р., Струнников Э.А. Нормирование орошения: методы, их оценка, пути уточнения // Гидротехника и мелиорация. – 1986. – № 1. – С. 19-27.
3. Константинов А.Р., Струнников Э.А. Нормирование орошения: методы, их оценка, пути уточнения // Гидротехника и мелиорация. – 1986. – № 2. – С. 33-41.

4. **Константинов А.Р., Струнников Э.А.** Нормирование орошения: методы, их оценка, пути уточнения // Гидротехника и мелиорация. – 1986. – № 3. – С. 37-43.

5. **Костяков А.Н.** Основы мелиорации. – М.: Сельхозгиз, 1960. – С. 54-66.

6. **Маслов Б.С.** Исследования по увлажнению сельскохозяйственных культур на осушаемых землях в Центральной Нечерноземной зоне // Увлажнение осушаемых земель: Труды ВАСХНИЛ. – М.: ВАСХНИЛ, 1974. – С. 48-62.

7. **Пчёлкин В.В.** Обоснование мелиоративного режима осушаемых пойменных земель (на примере Московской области): Дис. ... д-ра техн. наук / Московский государственный университет природообустройства. – М., 2003. – 466 с.

8. Разработка природоохранных мероприятий при регулировании водного режима на осушаемых пойменных землях/В.В. Пчёлкин, А.А. Завалин, Ф.М. Зимин и др. / Научный отчет НИС МГМИ. – № Гос. регистр. 0186.011740. – М., 1988, 1989, 1990.

9. **Филимонов М.С.** Орошение полевых культур. – М.: Россельхозиздат, 1978. – С. 10-14.

10. **Циприс Д.Б.** Орошение в Нечерноземной зоне. – М.: Колос, 1973. – 192 с.

11. **Шабанов В.В.** Влагообеспеченность яровой пшеницы и ее расчет. – Л.: Гидрометеоздат, 1981. – С. 82-85.

Материал поступил в редакцию 27.10.2020 г.

#### Сведения об авторах

**Пчёлкин Виктор Владимирович**, доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой мелиорации и рекультивации земель ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; 9766793@mail.ru

**Никитина Марина Анатольевна**, старший преподаватель кафедры сельскохозяйственного строительства и экспертизы объектов недвижимости ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; ma\_nikitina1@mail.ru

#### V.V. PCHELKIN, M.A. NIKITINA

Federal state budgetary educational institution of higher education «Russian state agrarian university – MAA named after C.A. Timiryazev», Institute of land reclamation, water management and construction named after A.N. Kostyakov, Moscow, Russian Federation

## JUSTIFICATION FOR THE MOISTURE REGIME OF SOD-PODZOLIC SOIL WHEN GROWING PERENNIAL GRASSES ON IRRIGATED LANDS

*The purpose of the research is to establish the humidity regime of sod-podzolic soil when growing perennial grasses. Experiments were conducted at the experimental site in 2012-2014. When conducting scientific research on the water regime of sod-podzolic soils for irrigation of perennial grasses, the method developed at the department of land reclamation and recultivation of the Russian state agrarian University-Moscow state agricultural Academy named after C.A. Timiryazev was used. Studies were conducted on experimental plots and in lysimeters. Experimental data obtained on plots are presented. Based on the results of research, using the formula of V.V. Shabanov, a graph of the relationship between the relative yield ( $Y_i / Y_{max}$ ) of perennial grasses and the relative humidity of sod-podzolic soil (in a layer of 50 cm) during sprinkling was constructed. In the formula of V.V. Shabanov for the conditions under consideration, the value of the coefficient  $Y_i$  was obtained equal to 4.263. It was found that the humidity of the sod-podzolic soil of watershed territories must be maintained in the optimal range taking into account the requirements of plants during the entire vegetation period. The best range of humidity of sod-podzolic soil of watershed territories according to scientific research data is for perennial grasses (0.61-0.78) PV. The correlation coefficient of this relationship is  $0.96 \pm 0.089$  which indicates a close relationship between the considered features. At optimal humidity of sod-podzolic soils (0.61-0.78) of PV and a groundwater depth of 1.60 m or deeper (the territory of watersheds) there is a leaching regime.*

*Water, humidity regime, soil, perennial grasses, irrigation.*

#### References

1. **Dorohov A.P.** Rezhim orosheniya v TSCHZ // Gidrotehnika i melioratsiya. – 1975. – № 4 – S. 69-72.

2. **Konstantinov A.R., Strunnikov E.A.** Normirovanie orosheniya: metody, ih otsenka, puti utochneniya // Gidrotehnika i melioratsiya. – 1986. – № 1. – S. 19-27.

3. **Konstantinov A.R., Strunnikov E.A.** Normirovanie orosheniya: metody, ih otsenka, puti utochneniya // Gidrotehnika i melioratsiya. – 1986. – № 2 – S. 33-41.

4. **Konstantinov A.R., Strunnikov E.A.** Normirovanie orosheniya: metody, ih otsenka, puti utochneniya // Gidrotehnika i melioratsiya. – 1986. № 3 – S. 37...43.

5. **Kostyakov A.N.** Osnovy melioratsii. – M.: Selhozgiz, 1960. – S. 54-66.

6. **Maslov B.S.** Issledovaniya po uvlazhneniyu selskohozyajstvennykh kultur na osushaemykh zemlyakh v tsentralnoj Nechernozemnoj zone / Uvlazhnenie osushaemykh zemel. Tr. VASHNIL – M.: VASHNIL, 1974. – S. 48-62.

7. **Pchelkin V.V.** Obosnovanie meliorativnogo rezhima osushaemykh pojmennykh zemel (na primere Moskovskoj oblasti) / dissertatsiya na soiskanie uchenoj stepeni doktora tehnikeskikh nauk / Moskovskij gosudarstvenny universitet prirodobustrojstva. – M.: 2003. – 466 s.

8. Razrabotka prirodoohrannykh meropriyatij pri regulirovanii vodnogo rezhima na osushaemykh pojmennykh zemlyakh (na primere Moskovskoj oblasti) / V.V. Pchelkin, A.A. Zavalin, F.M. Zimini i dr. / Nauchny otchet NIS

MGMI. – № Gos. registr. 0186.011740. – M.: 1988, 1989, 1990.

9. **Filimonov M.S.** Oroshenie polevykh kultur. – M.: Rosselhozizdat, 1978. – S. 10-14.

10. **Tsipris D.B.** Oroshenie v Nechernozemnoj zone. – M.: Kolos, 1973. – 192 s.

11. **Shabanov V.V.** Vlogoobespechennost yarovoj pshenitsy i ee raschet. – L.: Gidrometeoizdat, 1981. – S. 82-85.

The material was received at the editorial office  
27.10.2020

#### Information about the authors

**Pchelkin Victor Vladimirovich**, doctor of technical sciences, professor, head of the department «Lands reclamation and recultivation» FSBEI HE RSAU-MAA named after C.A. Timiryazev; 127550, Moscow, Timiryazevskaya, 49; 9766793@mail.ru

**Nikitina Marina Anatoljevna**, senior lecturer of the department «Agricultural construction and expertize of realty estate objects» FSBEI HE RSAU-MAA named after C.A. Timiryazev; 127550, Moscow, Timiryazevskaya, 49; ma\_nikitina1@mail.ru