

УДК 620.16 (627.8.059)

UDC 620.16 (627.8.059)

**ЛАБОРАТОРНЫЕ ИСПЫТАНИЯ  
ГЕОСИНТЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ****LABORATORY RESEARCHES OF  
GEOSYNTHETIC MATERIALS**

Кирсанов Алексей Александрович  
соискатель, лаборант  
*Кубанский государственный аграрный  
университет, Краснодар, Россия*

Kirsanov Alexey Aleksendrovich  
postgraduate student, laboratory assistant  
*Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia*

Статья посвящена проблеме зарастания прудов и водохранилищ. Одним из способов снижения интенсивности развития растений являются покрытие территории геосинтетическими материалами. Проведены лабораторные испытания геосинтетических материалов. Определена оптимальная величина слоя грунта, нагружающего геотекстиль

The article deals with the problem of overgrowing of ponds and reservoirs. One way to reduce the intensity of development of plants is covering the territory with geosynthetic materials. Laboratory researches of geosynthetic materials are carried out. The optimum size of the layer of soil, which is loading geotextiles, was determined

Ключевые слова: ТРОСТНИК ЮЖНЫЙ  
ЛАБОРАТОРНАЯ УСТАНОВКА, ГРУНТ,  
ГЕОСИНТЕТИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ,  
ЛАБОРАТОРНЫЕ ИСПЫТАНИЯ

Keywords: PHRAGMITES AUSTRALIS,  
LABORATORY INSTALLATION, SOIL,  
GEOSYNTHETIC MATERIALS, LABORATORY  
TESTS

В настоящее время актуальна проблема зарастания прудов и водохранилищ. Происходит разрушение растениями каменной наброски, температурно-осадочных швов и других элементов гидротехнических сооружений. Одним из вариантов снижения интенсивности развития этих растений является покрытие участков, подверженных зарастанию, геосинтетическими материалами. Для безаварийной эксплуатации, важно пригружать данный материал. Одним из видов пригрузки являются местный грунт. Необходимо определить величину пригрузки грунтом, выявить связь величины пригрузки и вероятного поднятия геотекстиля, вызываемого давлением развивающихся стеблей растительности.

Для проведения лабораторных экспериментов нам необходимо знать характеристики грунта, которым планируется осуществлять пригрузку геосинтетического материала. Отбор материала осуществлен на Шапсугском водохранилище. В настоящее время оно опорожнено [1]. Это было необходимо для проведения реконструкции сооружений водохранилища и с 2002г. работает в транзитном режиме. Ложе водохранилища заросло влаголюбивыми растениями. Также при

реконструкции гидротехнических сооружений эти растения нарушают их целостность [2].

Проведенные ранее изыскания показали, что по гранулометрическому составу отложения в ложе в основном являются алевро-пелитовыми и пелито-алевритовыми [3]. Практически в равной доле содержатся фракции алеврита (0.1-0.01 мм) и пелита <0,001 мм).

С целью определения физических свойств грунта в ложе Шапсугского водохранилища нами отобраны пробы. Отбор осуществлен с помощью прибора Литвинова на ПК 183, 140 и 73 (рис. 1). Далее в лаборатории получили необходимые показатели. Плотность грунта, при естественной влажности  $\rho$ , составила от 1,41 до 1,74 т/м<sup>3</sup>.



Рисунок 1 – отбор грунта, ПК 140 Шапсугского водохранилища

Неотъемлемой частью работы стало моделирование лабораторной установки и создание действующего образца. На рисунке 2 показана схема воздействия растительности (Р) на геосинтетический материал с пригрузкой грунтом. В зависимости от вида грунта величина пригрузки изменяется, смещаясь в ту или иную сторону к граничному значению.

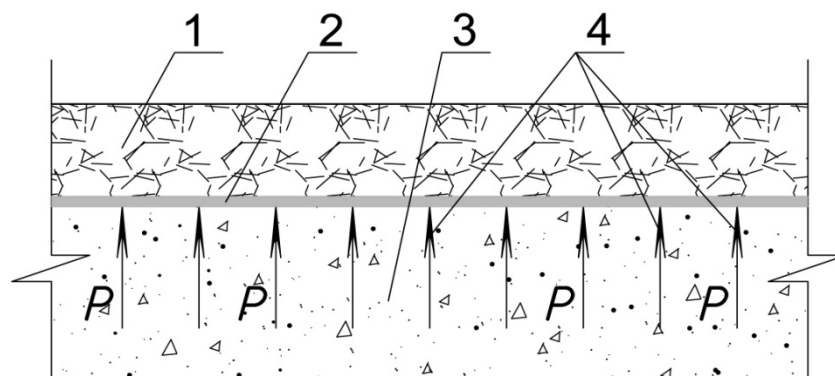


Рисунок 2 – схема воздействия болотной растительности на геосинтетический материал с пригрузкой грунтом, где 1-пригрузка грунтом; 2-уложенный геотекстиль; 3- естественный грунт; 4-давление растительности на геотекстиль

На кафедре строительства и эксплуатации водохозяйственных объектов в Кубанском ГАУ, разработана модель установки, с помощью которой возможно осуществление лабораторных испытаний геосинтетического полотна, с целью определения оптимальных характеристик пригрузки грунтом.

Ее конструкция состоит из трех основных составляющих. Нижний элемент (первая часть) представляет квадратную рамку с закрепленными на ней штырями, которые имитируют стебли влаголюбивой растительности различной плотности (рис. 3). Количество стержней равно 11шт., что при пересчете на 1м<sup>2</sup> составляет 122шт (максимальные значения в ложе опорожненного Шапсугского водохранилища составляют ~120шт/м<sup>2</sup> стеблей тростника южного).

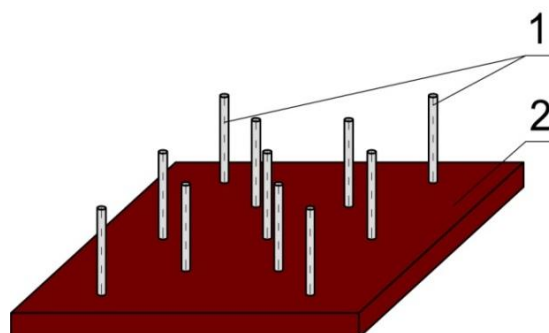


Рисунок 3- нижний элемент, где 1-металлические штыри; 2-каркас сборного элемента

Центральный элемент (вторая составляющая) в лабораторных условиях дает возможность смоделировать процесс воздействия

влаголюбивых растений на геотекстиль. Конструкция позволяет изменять величину пригрузки грунтом (рис. 4).

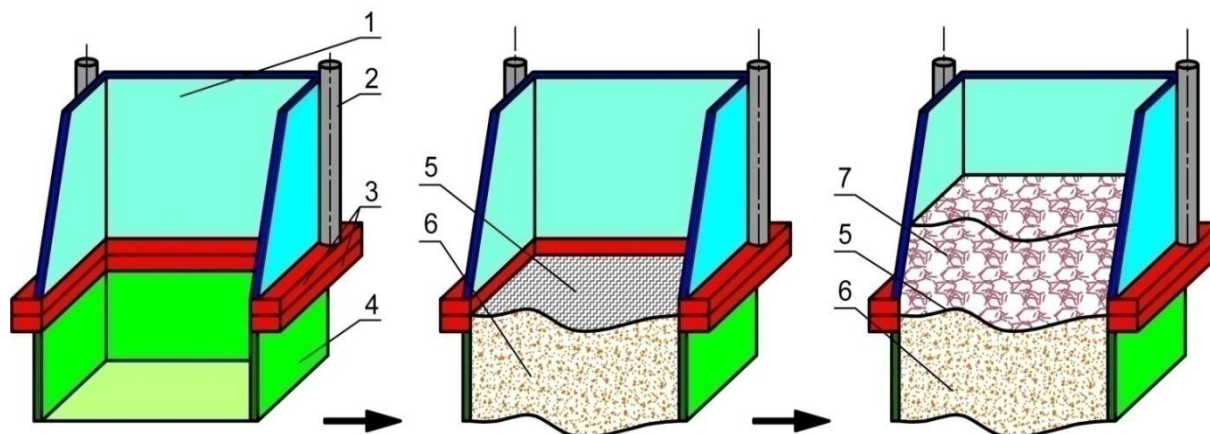


Рисунок 4 - Центральный элемент, где 1-рамка из оргстекла; 2-направляющие для тросов; 3- полая рамка зажимающая геосинтетический материал; 4-нижний элемент наполненный грунтом; 5-геосинтетический материал; 6 – грунт наполняющий нижний элемент; 7- пригрузка геосинтетического материала грунтом ( $t$ =переменное)

Измерить нагрузку, с которой стебли растений будут воздействовать на геосинтетический материал, позволит верхняя часть установки (рис. 5). С помощью тросов данная рамка связана с сборным элементом имитирующим стебли. Фиксирование данных осуществляется с помощью электронных весов.

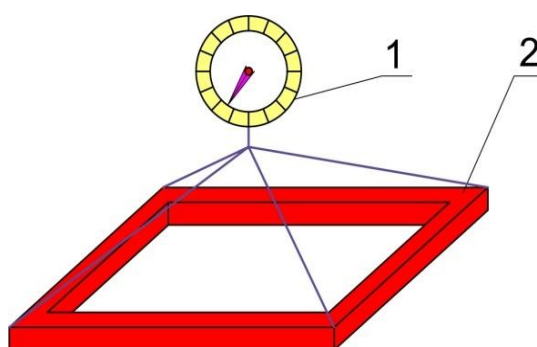


Рисунок 5 - верхняя часть установки, где 1-электронные весы; 2-металлическая рамка

Схема проведения эксперимента показана на рисунке 6. Практически опыт выполняется следующим образом: 1- установка подготовлена к работе; 2- подаем нагрузку на верхнюю

металлическую рамку, посредством тросов нижний сборный элемент следует за ней; 3 – “стебли” влаголюбивой растительности движутся в грунте; 4- “стебли” соприкасаются с геосинтетическим полотном; 5-поднятие (растяжение) геополотна при заданных нагрузках.

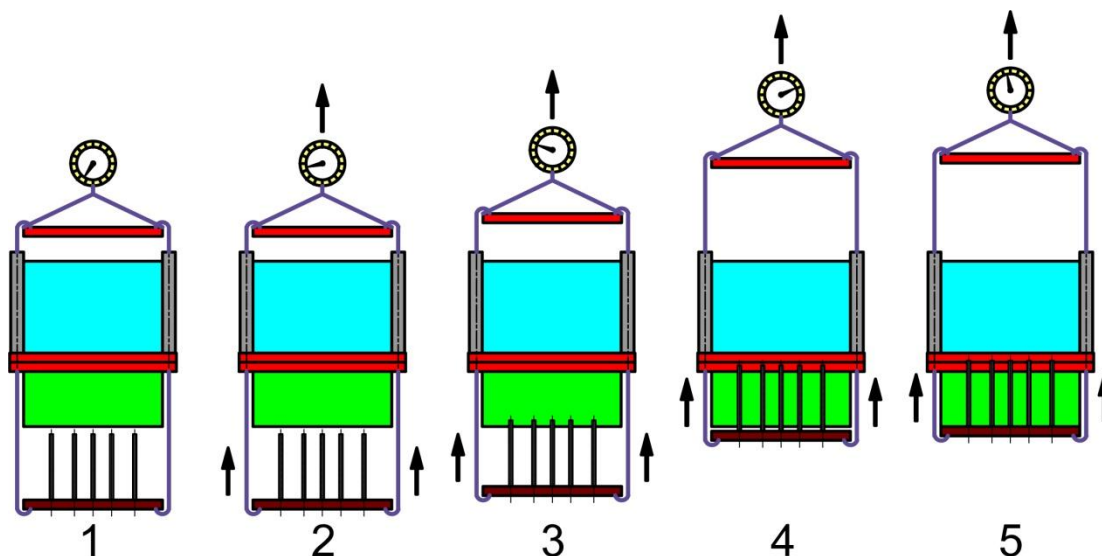


Рисунок 6 – схема проведения эксперимента

При проведении опытов каждый вид грунта помещается в центральный элемент, что позволяет нам при воздействии на геосинтетик определять вес грунта воздействующего на него. Поднятие грунта фиксируют расположенные в центральном элементе установки 9 индикаторов.

Установка для лабораторных испытаний представлена на рисунке 7.



Рисунок 7 – лабораторная установка

Задача проведения эксперимента - определить поднятие грунта при фиксированных значениях нагрузки (полученных при изучении жесткости стеблей тростника южного). В лабораторных условиях  $S_{\text{лаб.уст}}=0,09\text{м}^2$ ,  $n$  стеблей равно 11шт, значение  $P_{\text{нагрузки}}$  составит:

$$P_{\text{нагр.1}} = P_{\text{макс.теор 1}} \times 11 = 0,24045 \times 11 = 2644,95\text{гр} = 2,65\text{кгс}/S_{\text{лаб.уст}}$$

$$P_{\text{нагр.2}} = 5,05 \text{ кгс} / S_{\text{лаб.уст}}$$

$$P_{\text{нагр.3}} = 6,64 \text{ кгс} / S_{\text{лаб.уст}}$$

В ходе работы переменной является величина пригрузки грунтом. Грунт укладывается в центральный элемент установки с величинами 2; 4; 6; 8 и 10см. Также целесообразно ввести коэффициент запаса, для увеличения силы воздействия влаголюбивой растительности на геосинтетик. Коэффициент принимаем равный 1,25, как наиболее употребляемый максимальный коэффициент запаса в гидротехническом строительстве, т.е.

$$P_{\text{нагр.1}} \times 1,25 = 2,65 \times 1,25 = 3,31 \text{ кгс}/S_{\text{лаб.уст}}$$

$$P_{\text{нагр.2}} = 5,05 \times 1,25 = 6,31 \text{ кгс}/S_{\text{лаб.уст}}$$

$$P_{\text{нагр.3}} = 6,64 \times 1,25 = 8,30 \text{ кгс}/S_{\text{лаб.уст}}$$

Фактически этапы проведения опытов выглядит следующим образом:

Грунт №1, выработка № 1(99)

$$t=2,0-4,0-6,0-8,0-10,0\text{см} \longrightarrow P_{\text{нагр.1,2,3}}$$

Аналогично для всех видов отобранного грунта.

Искомое значение  $I_{\text{поднятия}}$  определяется в каждом опыте. Рассчитан вес грунта относительно наших значений пригрузки, как на  $1\text{м}^2$  в условиях ложа Шапсугского водохранилища, так и для лабораторных условий, показатели представлены в таблице 1 и таблице 2 соответственно.

Таблица 1 – расчетные данные веса грунта пригрузки в условиях ложа Шапсугского водохранилища

Выработка, №	Плотность $\text{т}/\text{м}^3, \text{г}/\text{см}^3$ . При природной влажности, $\rho$	Расчетные данные				
		Вес при слое грунта $h$ , кг				
		Ложе Шапсугского водохранилища ( $S=1,0\text{м}^2$ ), $h, \text{м}$				
		$h=0,02$	$h=0,04$	$h=0,06$	$h=0,08$	$h=0,10$
1 (99)	1,74	34,80	69,60	104,40	139,20	174,00
2 (356л)	1,68	33,60	67,20	100,80	134,40	168,00
3(Е 56213)	1,68	33,60	67,20	100,80	134,40	168,00
4 (И55799)	1,64	32,80	65,60	98,40	131,20	164,00
5 (Е 50651)	1,41	28,20	56,40	84,60	112,80	141,00
6 (113)	1,55	31,00	62,00	93,00	124,00	155,00
7 (песок)	1,75	35,00	70,00	105,00	140,00	175,00
8 (ГПС)	1,65	33,00	66,00	99,00	132,00	165,00

Таблица 2 – Расчетные данные веса грунта пригрузки для лабораторных условий

Выработка, №	Плотность т/м <sup>3</sup> , г/см <sup>3</sup> . При природной влажности, ρ	Расчетные данные				
		Вес при слое грунта h, кг				
		Лабораторные условия (S=0,09м <sup>2</sup> ), h,м				
		h=0,02	h=0,04	h=0,06	h=0,08	h=0,10
1 (99)	1,74	3,13	6,26	9,40	11,14	15,66
2 (356л)	1,68	3,02	6,05	9,07	12,10	15,12
3(Е 56213)	1,68	3,02	6,05	9,07	12,10	15,12
4 (И55799)	1,64	2,95	5,90	8,86	11,81	14,76
5(Е 50651)	1,41	2,54	5,08	7,61	10,15	12,69
6 (113)	1,55	2,79	5,58	8,37	11,16	13,95
7 (песок)	1,75	3,15	6,30	9,45	12,60	15,75
8 (ГПС)	1,65	2,97	5,94	8,91	11,88	14,85

Полученные данные в ходе опытов сведены в таблицы и построены графики, ниже представлены графики для грунтов 1,2 (рис. 8, 9). Каждая кривая описана зависимостью, которая выражает поднятие грунта относительно от величины пригрузки. Для анализа данных целесообразно сгруппировать полученные данные в зависимости от толщины пригрузки грунтом.

При величии пригрузки равной 20мм прослеживается характерное поднятие грунта. Наименьшее значение у гравийно-песчаной смеси (0,5-1,7мм). Для других грунтов значения колеблются от 0,4мм до 3,5мм. Пригрузку в 40 мм характеризует уменьшение высоты поднятия, что видно на графиках. Но наиболее интересная зависимость наблюдается при слое 6 и 8 см. При величии 6см кривая на графиках стремится к нулю, в некоторых вариантах поднятия грунта не отмечалось. При слое в 8см поверхностных деформаций не наблюдается, даже при силе P<sub>3</sub> давление незначительно для поднятия геотекстиля. Соответственно при t более 8см поднятия не отмечено.



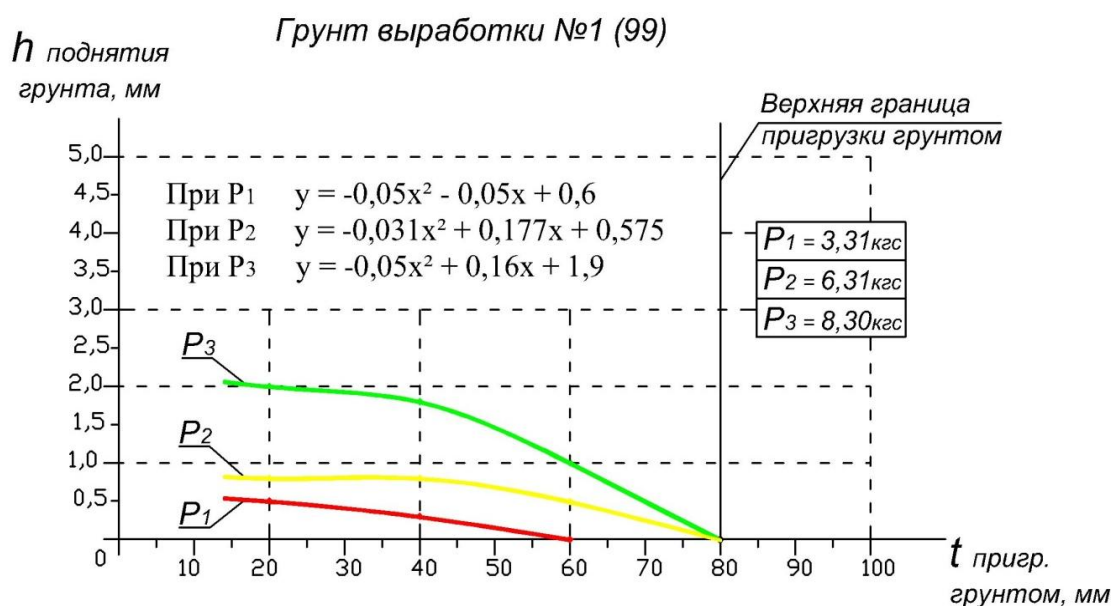


Рисунок 8 – кривые поднятия грунта для выработки №1

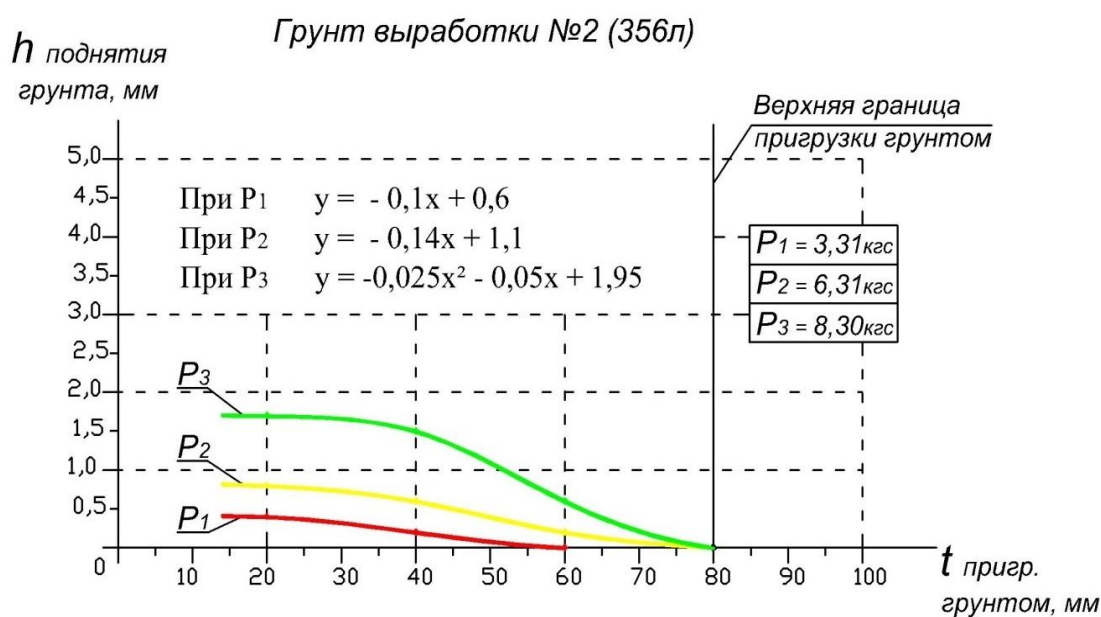


Рисунок 9 – кривые поднятия грунта для выработки №2

Осреднив значения получаем зависимости характеризующие высоту поднятия относительно слоя пригрузки грунта. Тем самым решается задача прогнозирования воздействия тростника южного на геосинтетический материал с пригрузкой грунтом.

Для местных грунтов с плотностью 1,41-1,55 т/м<sup>3</sup>(г/см<sup>3</sup>)

$$y_{(p1)} = -0,021x^2 - 0,043x + 1,737$$

$$y_{(p2)} = -0,006x^2 - 0,242x + 2,375$$

$$y_{(p3)} = 0,009x^2 - 0,636x + 4,487$$

Для местных грунтов с плотностью 1,64-1,74 т/м<sup>3</sup>(г/см<sup>3</sup>)

$$y_{(p1)} = -0,006x^2 - 0,087x + 0,75$$

$$y_{(p2)} = -0,017x^2 + 0,025x + 0,881$$

$$y_{(p3)} = -0,040x^2 + 0,088x + 1,875$$

Для местного песка с плотностью  $\approx 1,75$  т/м<sup>3</sup>(г/см<sup>3</sup>)

$$y_{(p1)} = -0,5x + 4$$

$$y_{(p2)} = -0,006x^2 - 0,362x + 3,275$$

$$y_{(p3)} = -0,5x + 4$$

Для местного ГПС с плотностью  $\approx 1,65$  т/м<sup>3</sup>(г/см<sup>3</sup>)

$$y_{(p2)} = -0,037x^2 + 0,125x + 0,6$$

$$y_{(p3)} = -0,162x^2 + 0,875x + 0,6$$

где:  $y$  - высота поднятия геотекстиля с пригрузкой грунтом

$x$  – величина пригрузки грунтом

Максимально возможная нагрузка (для переменной  $l$ ) на геотекстиль, полученная в лабораторных условиях составляет от 3,31 до 8,30 кгс, что в пересчете на естественные условия ложа Шапсугского водохранилища составляет:

$$P_1 (\text{при } l_1) = 36,41 \text{ кгс/м}^2$$

$$P_2 (\text{при } l_2) = 70,10 \text{ кгс/м}^2$$

$$P_3 (\text{при } l_3) = 92,21 \text{ кгс/м}^2$$

Как показали опыты оптимальный слой пригрузки грунтом составляет 5-8см. Также это подтверждается полевыми испытаниями [4], при данном слое грунта поднятия геотекстиля не происходит. Полученные значения характеризуют величину давления тростника южного на геосинтетический материал. Однако такое давление крайне маловероятно, ввиду того что  $N$  стеблей =11шт, то при пересчете на 1м<sup>2</sup>

(условия ложа Шапсугского водохранилища) составляет 122шт/м<sup>2</sup>, что является максимальной плотностью стеблей тростника южного.

### Список литературы:

1. Островский В.Т., Кирсанов А.А. Шапсугское водохранилище, эксплуатация, причины ликвидации и проблемы его ввода в водохозяйственный комплекс. Материалы научно-практической конференции, посвященной 50-летию Кубанского бассейнового водного управления “Управление водными ресурсами: рациональное использование, охрана и безопасность”. Краснодар, 2012г. С. 87-90.

2. Кирсанов А.А. Способ борьбы с болотной растительностью на сооружениях Шапсугского водохранилища. Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию Победы в Сталинградской битве. 30января-1 февраля 2013г., г. Волгоград. Том 3. Волгоградский ГАУ, 2013г. С. 297-299.

3. Кирсанов А.А. Заиление водохранилищ степной зоны. Материалы V всероссийской научно-практической конференции молодых ученых. Краснодар, 22-24 ноября 2011г. Краснодар, 2011г. С. 498-500.

4. Кирсанов А.А. Применение современных геосинтетических материалов в мелиорации водохранилищ степной зоны// XXVI пленарное межвузовское координационное совещание по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов. Сборник; Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова; Арзамасский государственный педагогический институт им. А.П.Гайдара. Москва-Арзамас, АГПИ 2011. С. 129-130.

### References

1. Ostrovskij V.T., Kirsanov A.A. Shapsugskoe vodohranilishhe, jekspluatacija, prichiny likvidacii i problemy ego vvoda v vodohozjajstvennyj kompleks. Materialy nauchno-prakticheskoj konferencii, posvjashhennoj 50-letiju Kubanskogo bassejnovogo vodnogo upravlenija “Upravlenie vodnymi resursami: racional'noe ispol'zovanie, ohrana i bezopasnost”. Krasnodar, 2012g. S. 87-90.

2. Kirsanov A.A. Sposob bor'by s bolotnoj rastitel'nost'ju na sooruzhenijah Shapsugskogo vodohranilishha. Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii, posvjashhennoj 70-letiju Pobedy v Stalingradskoj bitve. 30janvarja-1 fevralja 2013g., g. Volgograd. Tom 3. Volgogradskij GAU, 2013g. S. 297-299.

3. Kirsanov A.A. Zailenie vodohranilishh stepnoj zony. Materialy V vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii molodyh uchenyh. Krasnodar, 22-24 nojabrja 2011g. Krasnodar, 2011g. S. 498-500.

4. Kirsanov A.A. Primenenie sovremennyh geosinteticheskikh materialov v melioracii vodohranilishh stepnoj zony// XXVI plenarnoe mezhdunarodnoe koordinacionnoe soveshhanie po probleme jerozionnyh, ruslovyh i ust'evyh processov. Sbornik; Moskovskij gosudarstvennyj universitet im. M.V. Lomonosova; Arzamasskij gosudarstvennyj pedagogicheskij institut im. A.P.Gajdara. Moskva-Arzamas, AGPI 2011. S. 129-130.