

3. ВСН 2-137-81 Инструкция по проектированию магистральных трубопроводов в сейсмических районах. М., Миннефтегазстрой, 1982.
4. Камерштейн А.Г., Рождественский В.В., Ручимский М.Н. Расчет трубопроводов на прочность. Справочная книга. Изд. 2, перераб. и дополн. М., изд-во «Недра», 1969. 442 с.
5. Шелюфаст В.В., Шахбанов Р., Сухоручко А. Расчеты на сейсмические воздействия трубопроводов АЭС с использованием российской САЕ-системы АРМ WinMachine. САПР и графика. 2014. - № 10. - С. 24 –28.
6. Опоры трубопроводов. <http://www.ecohimtec.ru/Saddles-for-pipelines/sliding/>

© О. Б. Завьялова

Ссылка для цитирования:

О. Б. Завьялова. Расчёт магистрального трубопровода на эстакаде на поперечные сейсмические нагрузки по упрощённым расчётным схемам // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2019. № 4 (30). С. 16–21.

УДК 620.91

МЕТОДЫ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ТЕПЛА СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ ГРУНТОМ

И. С. Просвирина, Д. П. Максимова

Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, г. Астрахань, Россия

При продолжительной работе теплового насоса и использовании грунта, как источника низкопотенциального тепла, температура грунта на глубине отбора тепла постепенно уменьшается и через некоторое время эффективность данной системы снижается, поэтому тепло необходимо компенсировать. Потребляемая энергия позволяет долгое время применять грунт в качестве источника низкопотенциального тепла для испарителей теплонасосных систем теплоснабжения. В данной работе предлагаются методы аккумуляции и сохранения тепла грунтом с помощью автодороги, отражающего экрана и мульчирования. Такие виды интенсификации тепла солнечной энергии позволят накапливать солнечную энергию в теплый период и сохранять ее в холодный период. Для подтверждения эффективности предложенных методов выполнены теоретические и экспериментальные исследования распределения температур грунта после мероприятий по интенсификации тепла солнечной энергии.

Ключевые слова: дорожное покрытие, низкопотенциальное тепло, отражающий экран, мульчирование, аккумуляция тепла, солнечная энергия.

METHODS OF INTENSIFICATION OF SOLAR ENERGY HEAT WITH SOIL

I. S. Prosvirina, D. P. Maksimova

Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering, Astrakhan, Russia

With prolonged operation of the heat pump and the use of soil as a source of low-potential heat, the soil temperature at the depth of heat removal gradually decreases and after a while, the efficiency of this system decreases, so the heat must be compensated. The energy consumption allows a long time to use the soil as a source of low-potential heat for evaporators of heat pump systems of heat supply. In this paper, we propose methods of accumulation and preservation of heat by the soil with the help of roads, reflective screen and mulching. Such types of intensification of heat of solar energy will allow to accumulate solar energy in the warm period and to keep it in the cold period. To confirm the effectiveness of the proposed methods, theoretical and experimental studies of the distribution of soil temperatures after measures to intensify the heat of solar energy were performed.

Keywords: road surface, low-potential heat, reflective screen, mulching, heat storage, solar energy.

Грунт – это тепловой аккумулятор большого объема, накапливающий тепло солнечной энергии, которая восполняется в течение теплого периода года. При этом изменение температуры слоев грунта задерживается во времени относительно колебаний температуры наружного воздуха, и остаются положительными в течение всего холодного периода года [1].

При отборе тепла с грунта в качестве использования его как источника низкопотенциального тепла, температура грунта в месте укладки теплообменника снижается, и чтобы ее увеличить, необходимо это тепло возмещать [2]. Компенсировать тепло солнечной энергии и тем самым увеличить температуру грунта на глубине отбора тепла грунтовым теплообменником возможно методами аккумуляции тепла грунтом и интенсификации им количества поглощаемого тепла солнечной энергии с помощью дорожного покрытия, алюминиевого экрана и мульчматериалов (соломой и картоном).

Метод интенсификации тепла солнечной энергии дорожным покрытием

Принцип работы грунтового теплового насоса в следующем [3]. В траншее прокладывается горизонтальный внешний контур (теплообменник), который собирает тепловую энергию, сверху укладывается многослойная конструкция дороги. По трубам теплоноситель попадает в испаритель, за счет чего хладоноситель начинает кипеть и в конденсаторе поднимается температура, затем по распределительной системе идет обогрев в доме, по которой циркулирует вода (рис. 1).

Результаты теоретического определения падения температуры грунта на глубине заложения грунтового теплообменника за время работы теплового насоса показаны на рис. 2.

Из рис. 2 видно, что падение температуры грунта малозначительно в первые пять лет, а затем происходит резкое понижение в логарифмической зависимости, в связи с чем возникает необходимость восстановления темпе-

ратурного поля грунта после пяти лет эксплуатации теплонасосной установки [4].

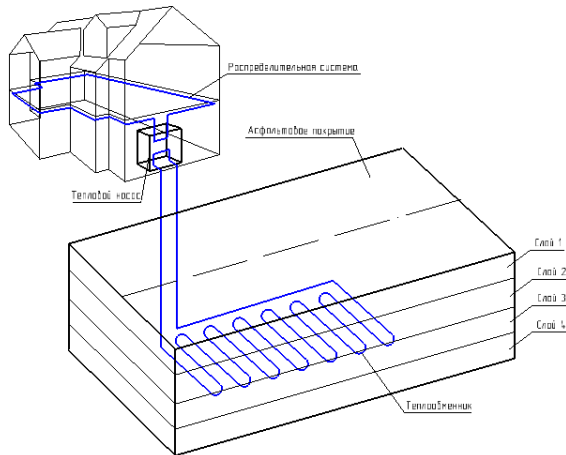


Рис. 1. Схема геотермального насоса

Одним из решений этой проблемы является способ аккумуляции теплоты солнечной энергии асфальтом дорожных покрытий, так как черный асфальт – хорошо поглощает тепло.

В дорожном строительстве наиболее распространены многослойные конструкции, верхним слоем которых являются слои асфальтобетона различного качества [5]. Повышение термическо-

го сопротивления конструкции – обуславливает с одной стороны, снижение скорости охлаждения или нагревания верхнего слоя дороги и подстилающего грунта, с другой некоторого возрастания перепада температур близ границы раздела слоев дорожной конструкции и, следовательно, увеличения температурного перепада.

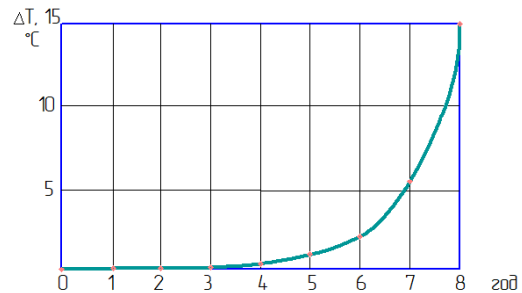


Рис. 2. Падения температуры грунта на глубине заложения геотермического теплообменника теплонасосной системы теплоснабжения

Учитывая, что многослойная конструкция дороги состоит из 4-х слоев, выполним оценку с аккумуляции количества теплоты [1]. Результаты расчетов приведены в таблице 1.

Таблица 2

Количество теплоты, поступающей в грунт на глубину 0,8 м

часы	Температура асфальта $t_{асф}, °C$	Температура открытого грунта* $t_{гр}, °C$	Температура закрытого грунта** $t_{гр}^{асф}, °C$	Количество поступающей теплоты через открытый грунт $Q_{гр}, кВт$	Количество поступающей теплоты через закрытый грунт $Q_{гр}^{асф}, кВт$
5 – 6	25,8	18,3	31,5	1451,6	1872,8
6 – 7	31,2	22,5	38,5	3647,4	4258,6
7 – 8	40,8	27,4	46,9	6254,8	6906,2
8 – 9	47,9	31,7	54,5	8720,2	9383,9
9 – 10	56,2	36,7	55,0	10613,9	11415,5
10 – 11	61,1	39,4	66,9	12073,7	12736,5
11 – 12	64,5	41,6	70,3	12870,1	13492,7
12 – 13	65,5	42,3	71,1	12844,2	13494,2
13 – 14	64,0	41,7	69,7	12085,9	12738,3
14 – 15	60,0	39,7	66,0	10632,2	11326,2
15 – 16	54,6	36,9	60,8	8750,6	9388,5
16 – 17	47,0	32,8	53,5	6287,2	6911,1
17 – 18	38,7	28,3	45,6	3681,9	4263,1
18 – 19	31,3	24,2	38,6	1484,1	1877,6
среднее	51,1	33,1	54,9	7957,9	8790,2

* грунт, состоящий из одного слоя;

** грунт, покрытый четырьмя слоями дорожной конструкции.

Из таблицы 1 видно, что даже в ранние и поздние часы расчетных суток при температуре наружного воздуха менее 18 °C, температура асфальтового покрытия не опускается ниже 25 °C, а температура грунта на глубине 0,8 м в наиболее жаркие часы суток превышает температуру асфальта, что говорит о хороших теплоаккумулирующих свойствах асфальтового покрытия и тем самым позволяет получить высокий коэффициент преобразования тепла [6, 7].

Для подтверждения полученных теоретически температур асфальтового покрытия в зави-

симости от температуры наружного воздуха были выполнены экспериментальные замеры температур в точках 1, 2 и 3 (рисунок 3) с помощью пирометра. Замеры выполнялись с мая по июль 2018 г. Участок дороги был выбран после поворота на 90°, поэтому нагрузка от потока машин в основном приходилась на точку 1.

По результатам замеров были построены графики зависимости температур в точках 1-3 от температуры наружного воздуха (рис. 4).

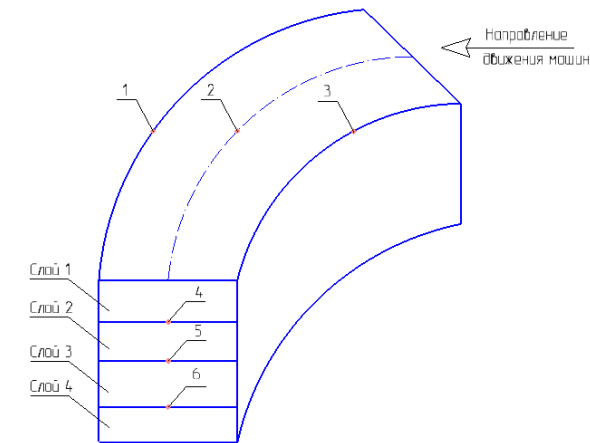


Рис. 3. Схема дороги:

1, 2, 3 – точки замера температуры дорожного покрытия;
4, 5, 6 – точки между слоями; слой 1 – асфальтобетон, горячий плотный; слой 2 – одномерный, гранитный щебень, обработанный вязким битумом; слой 3 – суглинок укрепленный (2-6% цемента и 6-2% извести); слой 4 – песок средней крупности

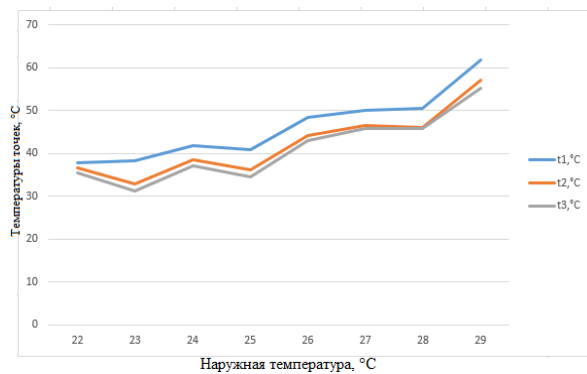


Рис. 4. Графики зависимости температур в точках 1–6 в зависимости от температуры наружного воздуха

Анализируя графики, видим, что с увеличением температуры наружного воздуха температуры на поверхности дорожного покрытия увеличиваются, причем в точке 1 нагрев асфальтового покрытия более интенсивный в связи с тем, что происходит дополнительный нагрев за счет трения шин автомобилей.

Сравнение теоретических и натурных исследований позволяет сделать вывод, что асфальтовое покрытие хорошо поглощает и аккумулирует тепло солнечной энергии в теплый период года и сохраняет его в течении всего холодного периода.

Метод интенсификации солнечной энергии за счёт отражающей способности алюминиевого экрана

В грунте на глубине 0,8 м на открытой площади перед глухой стеной дома усадебного типа закладывается горизонтальный грунтовый теплообменник [8, 9]. На глухой стене устанавливается отражающий щит, выполненный в форме жалюзийной решетки, причем площадь экрана отражения должна быть равна площади теплоаккумулирующей поверхности грунта (рис. 5).

Пока солнце находится в зените, тепло прямых солнечных лучей полностью поглощается

грунтом. Это происходит около трех часов в сутки. В остальное время солнечная энергия частично поглощается и отражается на 90% предусмотренным экраном [10]. Жалюзи выполняют роль дополнительного направляющего устройства. Так происходит накопление тепла грунтом в теплое время года.

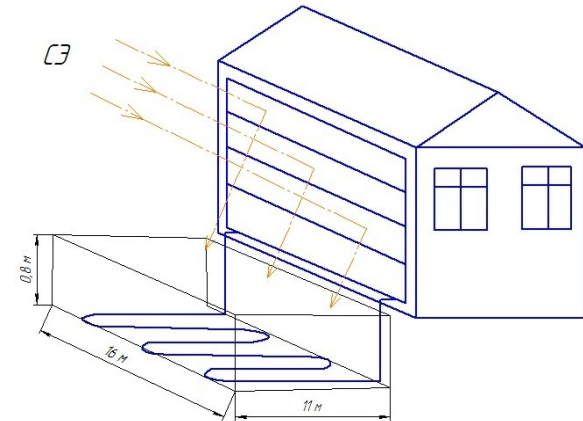


Рис. 5. Размещение грунтового теплового насоса с отражающим алюминиевым экраном

В зимнее время отражающий экран с помощью механизма поворота опускается на теплый грунт и, таким образом, является как бы дополнительным защитным слоем от охлаждения верхних слоев почвы при низких температурах наружного воздуха.

В настоящее время устройства, отражающего солнечную энергию, для обеспечения нагрева грунта не существует [11–13]. Есть жалюзи, плёнки материал, который укладывают на крыши домов, отражающие солнечные лучи. Подобрать правильный материал, конструкцию устройства, угол падения солнечных лучей, можно осуществить этот проект. Предлагаемый алюминиевый экран, регулируемый в зависимости от падения солнечных лучей, будет компенсировать тепло при падении температуры грунта.

Макет отражающего экрана, по которому в дальнейшем будут проводиться натурные исследования, представлен на рис. 6.



Вид А

Вид Б

Рис. 6. Макет отражающего экрана (Вид А; Вид Б)

Метод сохранения тепла солнечной энергии посредством мульчирования в холодный период года

Среди немногих средств активного воздействия на тепловой режим почвы в полевых условиях одним из наиболее эффективных является мульчирование.

Мульчирование как агротехнический прием представляет собой нанесение на поверхность почвы специальных материалов. В результате мульчирования изменяются условия тепло- и массообмена на границе «почва – воздух». В качестве мульчматериалов применяются солома, листья, гравий, песок, различные краски, бумага, а в последнее время синтетические латексы и пленки.

Покрытие поверхности почвы мульчей позволяет в зависимости от ее физико-механических свойств разнообразно воздействовать на весь комплекс факторов, определяющих физические условия в почве. Таким образом, подбирая мульчматериалы с определенными характеристиками [14], можно активно влиять на режим температуры и влажности почвы, уменьшать или увеличивать величину аккумулированной солнечной радиации.

В работе были проведены исследования температуры почвы при использовании в качестве мульчматериалов соломы и картона, а также открытой почвы (рис. 7–9).

Измерения «глубинной температуры» проводились почвенно-глубинными термометрами, которые представляют собой стеклянный

ртутный термометр с цилиндрическим резервуаром и стеклянной шкалой.



Рис. 7. Измерение температуры почвы при использовании в качестве мульчматериала – соломы



Рис. 8. Участок с мульчей из картона



Рис. 9. Измерение температуры открытой почвы

Результаты исследований приведены в таблице 3.

Таблица 3

Средняя месячная температура мульчированной и открытой почвы

Время года	Дата проведения опыта (время)	t _н , °С	Ф _н , %	Точки замера	Глубина, м					
					0,05			0,30		
					открытая почва	картон	солома	открытая почва	картон	солома
Зима	30.01.19 (14.40)	-2	69	1	0,3°С	0,1°С	0,3°С	0,4°С	-0,1°С	0,4°С
				2	0°С	-0,1°С	0°С	0,1°С	0°С	0,1°С
				3	-0,1°С	-0,1°С	-0,1°С	0°С	-0,1°С	0°С
	9.02.12 (15.10)	0	57	1	0,2°С	0,3°С	0,3°С	0,3°С	0,4°С	0,4°С
				2	0°С	0°С	0°С	0,1°С	0,1°С	0,1°С
				3	-0,1°С	-0,1°С	0°С	0,1°С	0,1°С	0,1°С
	11.02.19 (16.28)	0	47	1	0,3°С	0,4°С	0,4°С	0,2°С	0,4°С	0,4°С
				2	0°С	0°С	0°С	0°С	0,1°С	0,1°С
				3	-0,1°С	-0,1°С	0°С	0°С	0°С	0,1°С
	20.02.19 (15.00)	+4	18	1	0,2°С	0,1°С	0,3°С	0,2°С	0°С	0,1°С
				2	0,1°С	0,3°С	0,4°С	0,3°С	0,2°С	0,2°С
				3	0,2°С	0,2°С	0,6°С	0,3°С	0,1°С	0,3°С
	23.02.19 (14.07)	+8	31	1	0,4°С	0,3°С	0,3°С	0,3°С	0,1°С	0,2°С
				2	1,0°С	0,6°С	0,6°С	0,4°С	0,3°С	0,4°С
				3	0,9°С	0,5°С	0,7°С	0,4°С	0,2°С	0,4°С
Весна	12.03.19 (17.04)	+17	30	1	0,5°С	0,4°С	0,5°С	0,3°С	0,4°С	0,2°С
				2	1,4°С	1,0°С	1,1°С	1,2°С	0,8°С	0,9°С
				3	1,4°С	1,0°С	1,2°С	1,1°С	0,8°С	1,0°С
	22.03.19 (13.20)	+9	83	1	0,3°С	0,2°С	0,4°С	0,3°С	0,3°С	0°С
				2	1,0°С	0,9°С	1,0°С	0,8°С	0,5°С	0,4°С
				3	0,9°С	1,0°С	1,1°С	0,9°С	0,6°С	0,5°С
	31.03.19 (15.30)	+12	23	1	0,5°С	0,5°С	0,5°С	0,3°С	0,6°С	0°С
				2	1,6°С	1,2°С	1,5°С	1,2°С	0,7°С	0,8°С
				3	1,6°С	1,4°С	1,5°С	1,2°С	0,6°С	0,8°С

Данные исследований показывают, что в зимний период температура почвы на участке с мульчей оказывается выше, чем на участке без мульчи, в то время как уже весной имеет место обратное соотношение. При этом мульча из соломы обуславливает больший термический эффект, чем мульча из картона. Под термином «термический эффект» мульчирования будем

понимать разность температур почвы на одной и той же глубине мульчированного и открытого участков.

Таким образом, подбирая мульчматериалы с определенными характеристиками [15], можно активно влиять на режим температуры и влажности почвы, уменьшать или увеличивать величину аккумулированной солнечной радиации.

Список литературы

1. Рекомендации по оценке эффективности систем сбора низкопотенциального тепла грунта для целей теплохладоснабжения зданий / НИИСФ. – М.: Стройиздат, 1988. – 16 с.
2. Шишкин Н. Д., Просвирина И. С. Оценка эффективности применения теплонасосных установок в системах теплоснабжения Астраханской области. Известия АЖКХ, №4, 2000 г. – 7с.

3. Принцип работы теплового насоса. Схема теплового насоса. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://realproducts.ru/princip-raboty-teplovogo-nasosa-skhema-teplovogo-nasosa/> (Дата обращения: 15.10.2018)
4. Просвирина И. С., Шишкин Н. Д. Использование низкопотенциального тепла грунта для теплохладоснабжения зданий. – Возобновляемые источники энергии, Материалы III Всероссийской молодежной школы, с. 67 – 70.
5. Кирюхин Г.Н. Температурные режимы работы асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог. Дороги и мосты. 2013. № 2 (30). С. 309-328.
6. Курбатова С. Н., Курбатов Н. Е. Возможности использования грунта в качестве аккумулятора солнечной энергии // Молодой ученый. — 2009. — №12. — с. 60-63.
7. Просвирина И.С., Таргачёв С. С. Аккумулирование тепла солнечной радиации дорожным покрытием // Перспективы развития строительного комплекса - 2017. с. 35 – 39
8. Аккумулирование тепловой энергии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://solarsoul.net/akkumulirovanie-teplovoj-energii> (Дата обращения: 23.12.2018)
9. Аккумуляторы тепла [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://agronomu.com/bok/6173-akkumulyatory-tepla-dlya-teplicy.html> (Дата обращения: 24.12.2018)
10. Степень черноты и поглощательная способность материалов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://banksolar.ru/?p=5966> (Дата обращения: 11.01.2019)
11. Использование низкопотенциальной тепловой энергии земли в теплонасосных системах [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.insolar.ru/lib_15.php (Дата обращения: 11.01.2019)
12. Эффективность децентрализованного теплоснабжения на базе грунтового теплового насоса [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/effektivnostdetsentralizovannogo-teplosnabzheniya-na-baze-gruntovogo-teplovogo-nasosa> (Дата обращения: 15.10.2018)
13. Васильев Г.П. Использование низкопотенциальной тепловой энергии земли в теплонасосных установках / Г.П. Васильев, Н.В. Шилкин // АВОК. – 2003. – №2. – С. 52-60. (Дата обращения: 15.10.2018)
14. Мульчирование почвы: материалы для мульчирования. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://6cotok.org/1424806232879007869/mulchirovanie-pochvy-materialy-dlya-mulchirovaniya> (Дата обращения: 25.10.2019)
15. Мульчирование почвы: что это такое и как правильно мульчировать почву в зиму. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://yandex.ru/turbo?text=https%3A%2F%2Fsadogorod.club%2Fmulchirovanie-pochvy-cto-jeto-takoe-i-kak-pravilno-mulchirovat-pochvu-v-zimu%2F> (Дата обращения: 25.10.2019)

© И. С. Просвирина, Д. П. Максимова

Ссылка для цитирования:

И. С. Просвирина, Д. П. Максимова. Методы интенсификации тепла солнечной энергии грунтом // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2019. № 4 (30). С. 21–25.

УДК 628.316.12

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИРОДНОГО СОРБЕНТА НА ОСНОВЕ ТРОСТНИКА ЮЖНОГО ОБЫКНОВЕННОГО В ПРАКТИКЕ ОЧИСТКИ ВОДНЫХ СРЕД ОТ СЛОЖНЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ

Е. В. Давыдова¹, А. Н. Ким², Л. А. Джигола³, А. М. Капизова¹

¹Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, г. Астрахань, Россия

²Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, г. Санкт-Петербург, Россия

³Астраханский государственный университет, г. Астрахань, Россия

В ходе исследования проведена оценка осветлительно-сорбционной способности сорбента изготовленного из природного сырья – тростника южного обыкновенного. Показана перспективность использования тростника южного в качестве сорбента для очистки поверхностных сточных вод от нефтепродуктов в условиях больших площадей непроницаемых поверхностей урбанизированных территорий. Приведена сравнительная оценка эффективности исследуемых сорбентов (контрольный и модифицированный) по извлечению сложных углеводородов из водных сред. Установлен образец, проявляющий наилучшие (из исследуемых) осветлительно-сорбционные свойства по отношению к нефтепродуктам. Показана перспективность использования осветлительно-сорбционного природного материала тростника южного обыкновенного для очистки поверхностных сточных вод от нефтепродуктов.

Ключевые слова: сорбция, сорбенты, поверхностные сточные воды, эффективность очистки, тростник южный обыкновенный, нефтепродукты.

SOME ASPECTS OF NATURAL SORBENT RESEARCH BASED ON SOUTHERN COMMON CANE IN THE PRACTICE OF PURIFYING AQUEOUS MEDIA FROM COMPLEX HYDROCARBONS

Ye. V. Davydova¹, A. N. Kim², L. A. Dzhigola³, A. M. Kapizova¹

¹ Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering, Astrakhan, Russia

² Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, Saint Petersburg, Russia

³ Astrakhan State University, Astrakhan, Russia

During the study, the clarification and sorption capacity of the sorbent made of natural raw materials - southern common cane was evaluated. The perspective of using southern cane as a sorbent for purification of surface waste water from oil products under condi-