

УДК 625.16

НОВОЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ В ЗАКРЕПЛЕНИИ ПОДВИЖНЫХ ПЕСКОВ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

*Музаффарова М., ст. пр.,
Мирахмедов М.М., д.т.н., профессор (ТашиИИТ)*

Введение. Закрепление песков равносильно прекращению или недопущению дефляции как проявлению опасного экзогенного процесса, следовательно, снижению ее негативного проявления. Поэтому, закрепление поверхностного слоя песка растительностью является одним из методов борьбы с экзогенным процессом, более того методом, имеющим преимущество перед другими в виду его экологической чистоты. Подобное закрепление песков называют биологическим методом.

Закрепление в своем арсенале имеет, кроме биологического, технический (инженерный) метод, состоящий из механического и физико-химического. Последние применяются в экстренных случаях, когда необходимо предпринять меры к быстрому прекращению дефляции. Кроме того, эти методы применяются, в первую очередь, для повышения результативности агролесомелиоративных работ, т.е. в сочетании с посевом и посадкой песколюбивых растений [2,3].

Реализация этих методов на практике приводит к получению защиты, к которой предъявляется ряд требований. Одно из наиболее значимых требований – это экологическое требование, т.е. в результате защиты природно-технических систем (ПТС) окружающая среда не должна загрязняться [4].

Известно, что среди методов наиболее экологически чистым является биологический метод. Его применение в чистом виде ограничено в силу ряда обстоятельств, связанных с состоянием почвы и климатом (засоление, незначительные осадки, высокая испаряемость, ветровой режим и др.), что обуславливает низкую результативность метода. Так 10% приживаемость считается отличным результатом. Инженерный подход направлен на повышение результативности до 60-70%. Поэтому, для повышения результативности биологического метода и достижения кратковременного эффекта прекращения дефляции песков методы комбинируются. Технический метод должен удовлетворять следующим требованиям: доступность, дешевизна, возможность применения индустриальной технологии изготовления.

Физико-химический метод, состоящий в нанесении на подвижную поверхность песка вяжущего вещества, имеет то неоспоримое преимущество, что под защитным слоем создается благоприятное термо-влажностное условие. Однако способы физико-химического метода за редким исключением дороги, сложны в приготовлении химического мелиоранта. Их применение связано с рядом требований, предъявляемых к самим вяжущим и полимерпесчаному материалу, получаемому из них [4]. В настоящей статье предпринята попытка обобщения имеющихся данных по физико-химическому методу.

Особенности физико-химического метода закрепления подвижных песков. Обобщение литературных и опытных данных свидетельствуют о том, что для достижения цели использования ФХМ к нему в целом и его составляющим предъявляются ряд требований.

Требования к вяжущим: быть нетоксичным и негербицидным, доступным, способным впитываться в песок и образовывать после проникания в песок упруго-вязко-пластичную защитный слой(корку), технологичной в приготовлении и нанесении.

Требования к защитным коркам: быть устойчивой к воздействию природных (ветер, абразивное действие песка ветрового потока) и климатических факторов (солнечного облучения, влаги, температуры) и экономичной.

Технологические требования к способам ПЗР: производство работ по закреплению подвижных песков должна быть индустриальной и по возможности продолжительной в течение года за исключением периода отрицательных температур и наличия снежного покрова.

Из множества вяжущих для закрепления песков выделены только те из них, которые имеются на территории Узбекистана. К ним относятся: высокомолекулярная с низким содержанием легких фракций нефть месторождения Джаркурган [5]; битум из него [6]; госсиполовая смола (ГС) - побочный продукт маслоэкстракционных заводов [7]; СДБ - сульфитно-дрожжевая бражка [8]; САФА - смола ацетано-формальдегидаминная - отход химического производства [9].

Перед использованием вяжущие подвергаются подготовке. Так нефть подвергается прогреву для достижения требуемой вязкости, битум и госсиполовая смола в присутствии поверхностно активного вещества (ПАВ) диспергируются для получения эмульсии; остальные вяжущие растворяются в воде. До настоящего времени общим признаком применения рекомендованных вяжущих является то, что с их помощью обрабатывался песок воздушно-сухого состояния.

При этом возникает противоречие - физико-химический метод и все относящиеся к нему способы, предусматривающие использование вяжущих веществ, предложены в целях повышения результативности биологического метода как наиболее экологически чистого решения вопроса закрепления подвижных песков. В то же время, ПЗР на песках воздушно-сухого состояния ограничивает их проведение временем года, когда поверхностный слой песка находится в воздушно-сухом состоянии. Требования же ресурсосбережения диктуют непрерывное или с наименьшими перерывами механизированное производство работ, что позволяет непрерывно использовать имеющиеся людские и материально-технические ресурсы. Для этого закрепление подвижных песков должна выполняться также в песках влажного состояния [10].

Методика исследования. В процессе формирования защитной корки на основе вяжущих, таких как эмульсии, растворы и тяжелые нефти и песка образуется конгломерат - защитная корка, которая при интенсивном прогревании в течение 2 часов снижает испарение влаги из под нее в 3,9 - 5,5 раза [4].

При влажности песка 30 % и температуре окружающей среды 50°C под защитной коркой температура ниже на 10-12° С, которая до глубины 9-10 см снижается [4].

Известно, что для проращивания растений необходимы определенные влажностно-температурные условия, что создаст благоприятные условия для проращивания семян песколюбивых растений и повышения результативности фитомелиорации. Поэтому, для получения защитной корки важно исследовать процесс пропитки песка различного состояния.

Пропитка изучается в два этапа: строительно-технологические параметры влажного песка и собственно пропитку.

На первом этапе предварительно необходимо изучить:

1. Предельную влажность поверхностного слоя песка при дождевании.
2. Изменение влажности песка во времени (рис.1).
3. Обработка песка рабочим составом вяжущего в момент прекращения и через каждые 30 минут после дождевания до получения положительного результата, т.е. до возможности пропитки песка вяжущим для установления критической величины влажности, ниже которой песок становится проницаемым вяжущими различной концентрации.
4. Исходя из критической влажности, пользуясь графиком зависимости влажности от времени определить время начала обработки поверхности песка рабочим составом вяжущего.

На втором этапе подробно изучаются особенности пропитки вяжущих различной концентрации с оценкой защитной корки по двум агрегированным параметрам качества: пластической прочности и глубины пропитки.

Интерпретация экспериментальных данных. Упруго-вязко-пластические свойства защитной корки являются основными при обеспечении ее устойчивости [10]. Необходимым и достаточным условием устойчивости защитной корки являются две характеристики, фокусирующие все многообразие ее свойств: пластическая прочность P_m и толщина корки h . Оптимальной структуре соответствуют значения $P_m = (2,5-2,7) \times 10^3$ Па, $h = 5$ мм. С увеличением крутизны откоса для получения сплошного слоя наименьшее значение пластической прочности увеличивается до $P_m = 5 \times 10^3$ Па.

Изучением способности вяжущих проникать во влажный песок установлена предельная влажность песка, варьирующая в пределах 32-35%. Ниже этого уровня влажности пропитка становится возможным (Табл.2).

Изменение влажности песка во времени (Рис.1) с 27-35% до воздушно-сухого состояния 3-5% имеет линейную зависимость с $R^2 = 0,989$

$$W = 32,64 - 3,63 t, \quad (1)$$

Экспериментально установлена обратная зависимость концентрации и расхода вяжущих от влажности песка (Рис.2). Для достижения требуемой толщины защитной корки на влажном песке по сравнению с сухим требуется меньшая концентрация и меньший расход вяжущего. Так, если при 24% влажности песка концентрация госсиполосмольной эмульсии равна 20-25%, то при влажности 32% - достаточно использовать только 5-15% концентрацию. Установлена обратная зависимость концентрации вяжущего применяемого в виде эмульсий от влажности. Для получения защитной корки с заданными характеристиками чем выше влажность, тем меньше концентрация вяжущего.

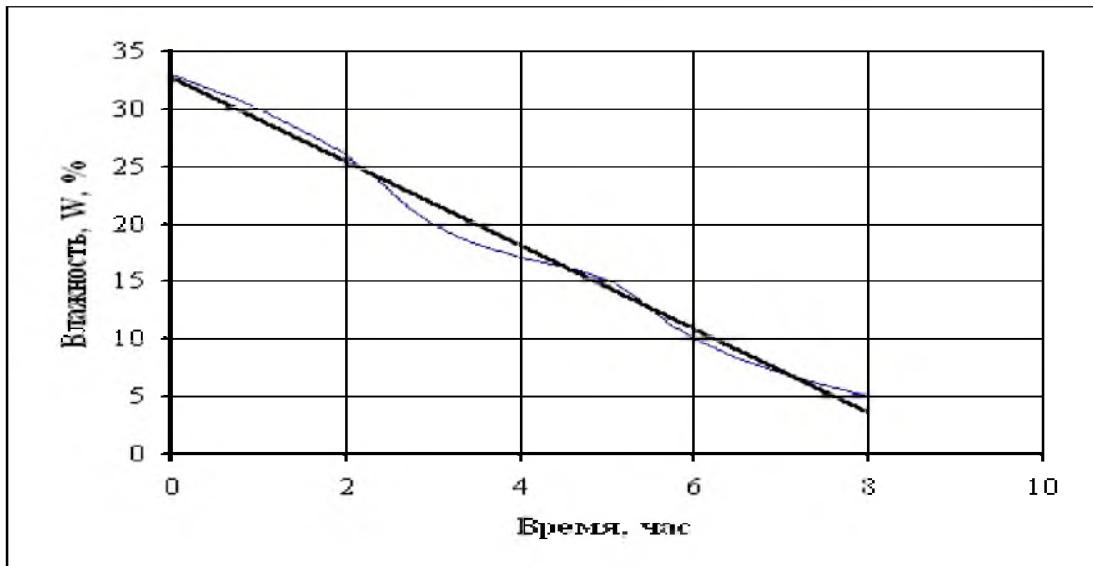


Рис.1 - Снижение влажности песка во времени

Строительно-технологические параметры способов закрепления песков

№	Оптимальные строительно-технологические параметры	Наименование вяжущего					
		высоко-смолистая нефть	эмульсия		растворы		
			битума	ГС	СДБ	ОФП	
1	Предельная влажность песка, %	17	32	32	24	24	
2	Концентрация вяжущего вещества, %	сухой	100	10-15	10-15	10-12	9-11
		влажный	100	10-15	10-15	10	7
3	Расход, л/м ²	сухой	1,5-1,7	2,7	1,5-1,8	2,5-3,5	3-4
		влажный	0,7-1,2	1-1,5	0,5-1,1	2-3	2,5-3,5

Кроме того, концентрация вяжущего на сухом песке ниже на 10–15%, а на влажном песке ниже до 30% по сравнению с обоснованными ранее значениями. В частности, для эмульгированных вяжущих 10–12 % концентрации расход, обеспечивающий оптимальную пластическую прочность был рекомендован в объеме 1,0 – 2,5 л/м², однако во влажном песке это условие выполняется при расходах в 1,5 - 2 раза меньших ($q=0,5-1,5$ л/м²). Возможно, это происходит из-за изменения характера пропитки и ускорения процесса отфильтровывания вяжущего во влажном песке, что, естественно, препятствует дальнейшему проникновению вяжущего во влажный песок.

Водорастворимые вяжущие могут пропитывать песок, начиная с 24% влажности. Растворы СДБ, САФА, ОФП и многокомпонентные высокомолекулярные нефти отфильтровываются более интенсивно на фоне снижения скорости пропитки, поэтому, вяжущие в меньшей мере проникают во влажный песок [11]. Возможно, с возрастанием коллоидных слоев воды абсорбированной на поверхности частиц песка поровое пространство уменьшается. При этом размер каналов, по которым проникает вяжущее в песок, уменьшается до размеров меньше 10^{-2} мм, что в результате приводит к изменению преимущественно гравитационного характера пропитки на капиллярный. Свидетельством этого является резкое снижение скорости пропитки (рис.2).

Зависимости имеют достоверность аппроксимации $R^2 = 0,95-0,97$:

$$\text{- для влажного песка} \quad h = 0,11 t + 0,19, \quad (2)$$

$$\text{- для воздушно-сухого песка} \quad h = 0,165 t + 0,62 \quad (3)$$

Эмульсии хорошо пропитываются как в сухой, так и во влажный песок, однако, приготовление эмульсий связано с некоторыми сложностями: для получения однородной эмульсии требуется интенсивное перемешивание смол с водой в присутствии поверхностно-активных веществ (ПАВ) и подогревом выше 70°C [6,7]. Водорастворимые вяжущие, в отличие от эмульсий и высокосмолистых вяжущих, легко приготавливаются и наносятся, более активно взаимодействуют с песком в процессе пропитки [11].

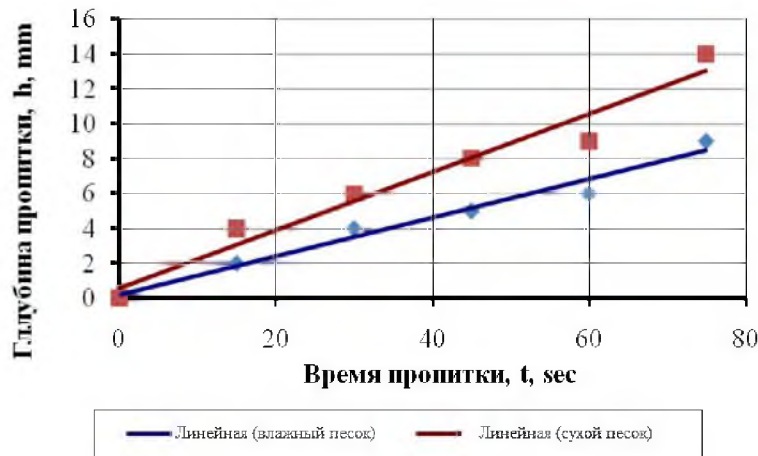


Рис. 2 - График зависимости глубины пропитки эмульсии из госсиполовой смолы от времени

Эмульсии хорошо пропитываются как в сухой, так и во влажный песок, однако, приготовление эмульсий связано с некоторыми сложностями: для получения однородной эмульсии требуется интенсивное перемешивание смол с водой в присутствии поверхностно-активных веществ (ПАВ) и подогревом выше 70°C [6,7]. Водорастворимые вяжущие, в отличие от эмульсий и высокосмолистых вяжущих, легко приготавливаются и наносятся, более активно взаимодействуют с песком в процессе пропитки [11].

В то же время, ранее исследованные водорастворимые вещества сравнительно дороги или же их скопления как отходов промышленности в Узбекистане отсутствуют. В связи с этим представляется актуальной разработка новых более совершенных технологий мелиорации техногенных песчаных субстратов, основанных на применении экологически безопасных материалов – отходов промышленности и эффективных технологических приемов.

Выводы:

1. Предлагаемая методика экспресс-исследования возможности применения вяжущих для закрепления подвижных песков по двум агрегированными критериями позволяет сберечь время и материально-технические ресурсы. Так получена 10-15% экономия вяжущих против рекомендованных ранее при их пропитке воздушно-сухого песка.

2. Предложено производить закрепление песков с предварительным их увлажнением (естественным и искусственным), за счет чего расширен банк технологических решений и достигнуто сбережение вяжущих (снижению концентрации вяжущего и его расхода на квадратный метр), а также расширение срока использования техники и рабочих кадров в течение года.

3. Пополнен банк технологических решений закрепления подвижных песков.

Литература

1. Toupet, Charles. Le Sahel. Paris: Nathan. 1992. 192 p.
2. Ashkenazy, Y., Yizhaq, H., Tsoar, H. Sand dune mobility under climate change in the Kalahari and Australian deserts. Climatic Change. 2012. Vol. 112. Issues 3-4. P. 901-923.

3. Shah, Rehman. Stabilisation des dunes de sable dans la vallée de Mastung (Balushistan, Pakistan). Sécheresse. № 6. 1999. PP.347-354.
4. Мирахмедов М. Мирахмедов М. М., Музаффарова М. К. Совершенствование способов закрепления подвижных песков промышленными отходами. III Международная научно-практическая конференция "Техносферная и экологическая безопасность на транспорте". Санкт-Петербург: ПГУПС. 2012. С. 117 – 126.
5. Мирахмедов М. Основы методологии организации пескозакрепительных работ и защита природно-технических объектов от песчаных заносов. Ташкент: Фан ва технологиялар. 2008. 248 с.
6. Палагашвили В.М. Применение битумных эмульсий при закреплении подвижных песков. PhD tesis. Москва: ВЗИСИ. 1974. 24 с.
7. Адылходжаев, А.И. Применение госсиполовой эмульсии в качестве вяжущего для закрепления подвижных песков PhD tesis. Москва: ВЗИСИ. 1978. 24с.
8. Лем, Р.А. Создание связнодисперсной системы в подвижных песках модифицированными лигно-сульфонатами. PhD tesis. Ташкент: ИОХ АН Уз. 1985. 14 с.
9. Расулев, А.А., Фазилова, З.Т. Закрепление подвижных песков отходами фенолформальдегидного производства при освоении песчаных пустынь. V Всесоюзная конференции «Научно-технический прогресс в пустыне». Ашхабад: Ёлым, 1986. С.62-63.
10. Фазилов, Т.И. Органоминеральные противодефляционные покрытия, полученные пропиткой подвижных песков. Doc. Habl tesis. Харьков: ХИСИ. 1991. 45 с.
11. Saad, Ali Aiban. A study of sand stabilization in eastern Saudi Arabia. Engineering Geology. 1994. Vol. 38. P. 65-79.

Аннотация

Физик-кимёвий услубда қўчувчи қумларни мустаҳкамлаш учун янги технологик ечимлари

Ресурсларни тежаш, ишни бажарувчилар ва машиналарни рационал ишлатиш учун мақолада сувда эрийдиган маҳаллий ишлаб чиқариш чиқиндиларидан фойдаланиб нам ҳолатдаги қўчувчи қумларни мустаҳкамланиши қўриб чиқилган.

Summary

New technological solution for stabilizing shifting sand of physic-chemical method

To conserve resources and rational use of machinery and performers in the article the consolidation of mobile sand wet with water soluble waste of local production.