



Вопросы экологии и ресурсосбережения при использовании в строительстве техногенных грунтов, содержащих фосфополу гидрат сульфата кальция

Р.Г. КОЧЕТКОВА, канд. техн. наук, доцент МАДИ (ГТУ)

Строительство, в том числе и дорожное, является одним из крупнейших потребителей материальных ресурсов. Например, в современных сметах на строительство автомобильной дороги не менее 50% стоимости составляет стоимость материалов, цена которых повышается из года в год. Уменьшение потребности природных материалов и вяжущих, особенно наиболее дорогостоящих, решение вопросов ресурсосбережения — одна из актуальных проблем, от решения которых зависит научно-технический прогресс в строительстве.

Технико-экономические задачи экономии привозных инертных материалов и традиционных вяжущих могут быть решены путем широкого применения вторичных ресурсов — техногенных грунтов — отходов различных производств, которые можно использовать как непосредственно в качестве дорожно-строительных материалов, так и как исходное сырье для их производства. Как показала практика, техногенные материалы могут быть вяжущими, инертными материалами, активными добавками, минеральными составляющими, сырьем. В настоящее время их накоплено около 80 млрд т, что занимает почти 300 тыс. га земли. Степень переработки и использования техногенных грунтов в России не превышает 7–12% от их выпуска.

Поскольку дорожное строительство является самым материалоемким производством, то указанный процент применения техногенных грунтов приходится, главным образом, на эту отрасль. Это обусловлено тем, что из года в год растет стоимость природных каменных материалов, и, как следствие, — вяжущих, а стоимость техногенных грунтов не изменяется и определяется только стоимостью их доставки. Хранение их в отвалах связано с большими капитальными и эксплуатационными затратами, ухудшением экологических условий на прилегающих к отвалам территориях, требует отвода больших площадей, иногда и обрабатываемых земель. Поэтому использование в дорожном строительстве техногенных грунтов позволяет решать не только вопросы снижения стоимости строительства, но также расширить ассортимент применяемых материалов и способствовать оздоровлению окружающей среды, поскольку проблемы экологии, ресурсосбережения находятся в тесной связи с производственной деятельностью че-

ловека. При этом техногенные грунты, являясь сложными многокомпонентными системами, предполагают новые технологические формы их использования.

Почему же в России так незначителен объем применения техногенных грунтов? В основном, конечно, это обусловлено наличием богатых национальных ресурсов, в том числе и пустующих земель, а также формальным отношением к вопросам охраны окружающей среды. Если в 70–80 годах прошлого века политика в дорожном строительстве была направлена на экономию природных материалов и денежных средств (в этот период накоплен громадный опыт применения техногенных грунтов с разработкой прогрессивных технологических решений), то после 90 годов и в настоящее время приоритеты имеют дорогостоящие технологии с использованием зарубежных разработок и материалов, а интерес к местным техногенным грунтам почти пропал. При этом следует учитывать, что часто добыча природных каменных материалов в денежном выражении

больше, чем организация использования техногенных грунтов. Тормозит решение этой проблемы также консервативное, бытовое отношение к «отходам» производства («отходы» — термин, хотя и общепринятый, но не корректный, поскольку в природе нет ничего такого, что нельзя было бы использовать, правильнее было бы называть такие продукты, как побочные в рассматриваемом производстве или вторсырье).

Крупнотоннажными продуктами переработки предприятий цветной металлургии, среднего машиностроения, производства минеральных удобрений, химической и пищевой промышленности являются так называемые гипсосодержащие техногенные грунты. К ним относятся: фосфогипс различных модификаций, фторгипс, фторангидрит, борогипс, титаногипс, киригипс, цитрогипс и др. Следует отметить, что эта группа техногенных грунтов менее изучена, чем другие применяемые техногенные грунты, например такие, как шлаки,

золы. Применение их в строительстве незначительно, хотя они по своим свойствам и потенциальным возможностям не хуже материалов, о которых упоминалось выше. В состав всех гипсосодержащих материалов входит сульфат кальция различных модификаций в количестве 30–95%. На территории России насчитывается десяток предприятий, выбрасывающих в отвалы гипсосодержащие продукты. Санитарно-гигиенические исследования этих техногенных грунтов показали, что они не вредны и не оказывают отрицательного действия на здоровье человека. Более того, существует ряд нормативных документов по применению, например, фосфогипса в сельском хозяйстве.



Рис. 1

Из всего многообразия гипсосодержащих техногенных грунтов наибольший интерес для дорожного строительства представляют фосфогипс и фторангидрит, объемы производства которых составляют 90% от общего количества попутных гипсосодержащих продуктов промышленности. Но наиболее изучен и широко известен фосфогипс — фосфополу гидрат сульфата кальция. На территории Московской области в городе Воскресенске скопились сотни млн тонн побочного продукта производства фосфорной кислоты — фосфогипса. На 1 т произведенной фосфорной кислоты образуется 3 т отходов или техногенных грунтов. Образование гипсосодержащего техногенного грунта не связано с применением на предприятии отсталой технологии: это традиционная технология, принятая во всем мире, просто на зарубежных предприятиях производства фосфорной кислоты имеются цеха по переработке фосфогипса. Например, в Японии из фосфогипса производят 25 наименований строитель-

ных изделий и материалов — гипсовые вяжущие, штукатурки, строительные смеси, клеи, облицовочную плитку, блоки, перегородки и т. д. В области переработки фосфогипса преуспели также такие страны, как Германия, Франция, США.

Сложный химический состав фосфогипса создает определенные трудности при попытках его использования. Вместе с тем, наличие в его составе около 50 наименований различных примесей, сильная кислотность среды, а также некоторые физико-химические параметры создают определенные предпосылки для разработки новых технологических решений применения этого материала при строительстве дорог. По принятой традиционной технологии с использованием в качестве материала основания фосфополугидрата сульфата кальция путем укладки его монолитным слоем построено около 300 км автомобильных дорог, в основном на Украине и в Подмосковье.

Учитывая, что указанный продукт выбрасывается в отвалы в течение всего года, а развитие индустриальных методов в дорожном строительстве по-прежнему актуально, нами были проведены исследования по поиску новых технологических решений в направлении использования техногенных грунтов, содержащих фосфополугидрат сульфата кальция, в качестве материала, пригодного для изготовления дорожно-строительных изделий для сборных оснований дорожных одежд. Была разработана принципиально новая технология (получено несколько патентов) переработки фосфогипса. До настоящего времени все разрабатываемые технологии были направлены на получение из фосфогипса гипсовых вяжущих, которые быстро гидратируются и не водостойки. Технологии эти энергоемки и дороги и основываются на нейтрализации кислот, обжиге, сушке, размельчении готового материала и сохранении его в герметичной упаковке. Нами были изучены пути повышения прочностных свойств материала без внесения новых реагентов и изменения состава исходного фосфогипса.

Следует отметить, что в работах академика Б.И. Сребродольского были рассмотрены вопросы дегидратации гипса в кислой среде и переход его в ангидрит. Причем это явление было замечено в зоне окисления ряда месторождений руд. Ранее такие продукты принимались за полугидрат сульфата кальция. Несколько позже экспериментально в растворе серной кислоты было доказано превращение гипса не в полугидрат сульфата кальция, а в ангидрит (Hardie, 1967 г.). Твердение гипсовых вяжущих, как известно, происходит в воздушно-сухой щелочной среде. Следовательно, гидратация фосфополугидрата сульфата кальция, находящегося в составе фосфогипса, более благоприятно должна была бы происходить в сухих условиях. На практике же установлено, что для твердения фосфогипса необходимо создавать влажные условия среды и более того, наилучшее формирование структу-

ры происходит непосредственно в воде. Как известно, ангидрит является медленнотвердеющим вяжущим. Рядом авторов установлено, что именно кислая среда способствует уменьшению кинетического сопротивления при растворении ангидрита, что оказывает влияние на процессы гидратации и твердения. Кроме того, эти процессы можно ускорить путем искусственного введения «затравок», создающих центры кристаллизации.

Фосфогипс в строительстве имеет рН среды 1,3 — 5, однако присутствие кислот не является отрицательным фактором, от которого необходимо избавляться, а напротив следует направленно использовать с получением положительного эффекта в зависимости от поставленной задачи. В этой связи следует отметить роль фосфорной кислоты. Известно, что фосфорная кислота обладает вяжущими свойствами и на этом основано образование и применение фосфатных вяжущих. В исходном фосфополугидрате содержатся основные компоненты, которые необходимы для образования фосфатных вяжущих — металлокомплексы, соли высоковалентных металлов, кислоты. Присутствие фосфатных вяжущих и создаваемые ими соединения усиливают прочностные характеристики создаваемой структуры, которая, учитывая все вышесказанное, представляется довольно сложной и малоизученной. Наличие ангидрита в составе фосфогипса подтверждают исследования по изучению формы кристаллов материала. При рассмотрении под микроскопом частиц материала видны белые кривогранные, саблевидные кристаллы гипса и габитусные дипирамидальные грани кристаллов ангидрита светло-серого цвета, покрытые интенсивной штриховкой. Для образования прочной, плотной структуры материала необходимо увеличить число контактов и создать условия для роста многочисленных мелких кристаллов, при этом значительно ускоряя процесс структурообразования.

В соответствии с разработанной нами технологией, в основе которой лежит метод механоактивации, исходный фосфогипс переводится в «псевдожидкость», благодаря создающемуся трению между частицами и возникающим условиям перераспределения энергии участвующих агрегатов. При этом повышается общий энергетический потенциал происходящих физико-химических процессов, которые подчиняются основным закономерностям существования дисперсных систем. После механоактивации полученный материал разливаается в формы изделий. В отличие от материалов, изготовленных из традиционных гипсовых вяжущих, которые необходимо после формирования сушить, наши изделия следует после распалубки (до полного формирования и набора прочности) или держать в воде, или увлажнять, что свидетельствует о наличии гидравлического вяжущего.

Разработанная технология была опробована сначала в опытном, а затем и в производ-

ственном порядке на малом предприятии Московской области в Егорьевском районе, которое было специально создано для переработки и применения разных побочных продуктов промышленных производств. На предприятии выпускаются пазогребневые перегородки, хорошо конкурирующие с продукцией немецкой фирмы «КНАУФ», строительные блоки разных форм и размеров, малые архитектурные формы, производимые по индивидуальным заказам (рис. 1, 2). Изделия удовлетворяют предъявляемым техническим требованиям по прочности, водостойкости, морозостойкости. По разработанной технологии выпускаются также дорожные плиты, размером 1,5x1,5x0,16 м, которые в опытном порядке были уложены в качестве сборного основания на дороге 4-й категории в Егорьевском районе.



В процессе исследований и перед промышленным выпуском, фосфогипс и изделия из него проверялись по всем предъявляемым к строительным изделиям требованиям — по радиации, токсичности, санитарной гигиене, влажностному климату и т.д. Имеется полная документация по этим вопросам. Врачам гигиенистам фосфогипс известен давно и после тщательных исследований была выпущена инструкция, утвержденная Главным санитарным врачом г. Москвы, разрешающая использовать материалы из фосфогипса в гражданском и промышленном строительстве. Вместе с тем, следует повторить, что консерватизм и обывательская точка зрения в обществе к «отходам», как к заведомо вредным материалам, а также существующий затратный механизм в строительстве — чем дороже, тем выгоднее — создают определенные препятствия при выходе продукции и технологий на основе техногенных грунтов на строительный рынок.

Ясно, что одно малое предприятие не может переработать весь выбрасываемый в отвалы фосфогипс, необходимо увеличение мощностей предприятия и тесные контакты со строителями.

На кафедре «Инженерная геология и геотехника» МАДИ (ГТУ) работы по применению фосфогипса продолжаются, так как материал по своим свойствам интересен и имеет потенциальные возможности для получения материала марки по прочности 50—60 МПа с высокой морозостойкостью до 300 циклов и более.