

УДК 691.02; 691.215

СТРУКТУРА И СВОЙСТВА КАМНЯ-РАКУШЕЧНИКА

Коробко О.А., Лисенко В.А. (Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г. Одесса)

Проведен анализ структуры камня-ракушечника как композиционного материала. Определены коэффициенты корреляции между плотностью и физико-техническими характеристиками известняка-ракушечника Одесского месторождения.

Введение.

С каждым годом в строительной отрасли возрастает объем работ по восстановлению объектов жилого и общественного фондов, особенно зданий исторической и относительно исторической застройки.

В практике реставрации и реконструкции памятников архитектуры целесообразным является при проведении ремонтно-восстановительных мероприятий применять те же виды строительных материалов, что были использованы при их возведении [1]. Это позволяет избежать негативных последствий из-за несоответствия свойств старых и новых составных частей конструктивных элементов исторических объектов.

Большинство каменных зданий исторической застройки и части домов середины прошлого столетия в г. Одессе построены из камня-ракушечника, одного из наиболее распространенных в строительстве природных материалов.

Ракушечные известняки применяли для кладки фундаментов, стен подвальных помещений, цоколей, наружных и внутренних стен, столбов, перегородок, перемычек, плоских перекрытий, арок и сводов. Опыт показывает, что при обеспечении надлежащих условий эксплуатации камень-ракушечник в течение длительного времени способен сопротивляться действию агрессивных внешних факторов без значительного разрушения.

Основными причинами, вызывающими снижение прочности и разрушение ракушечных известняков, являются увлажнение и различные виды коррозии в сочетании с динамическими и статическими силовыми нагрузками. Использование ракушечников как стенового материала возможно только в случае их достаточной плотности, удовлетворяющей конкретным эксплуатационным

условиям. При этом предполагается, что с повышением плотности качество ракушечных известняков улучшается.

Известно, что камни из известняков-ракушечников разных месторождений или даже одного и того же месторождения часто характеризуются различным строением, как по высоте пласта, так и вдоль него. Значения эксплуатационных характеристик строительных изделий, изготовленных из камня-ракушечника основных месторождений Украины, могут колебаться в достаточно широких пределах [2, 3].

Разброс показателей качества обусловлен тем, что свойства ракушечных известняков, как и любых других композиционных материалов, являются функцией их структуры и определяются качественным и количественным соотношением, пространственным размещением и ориентированием друг относительно друга структурных составляющих камня-ракушечника [4]. Особенности строения ракушечных известняков зависят от условий структурообразования в локальных зонах осаждения и уплотнения горной породы и ответственны за проявление тех или иных физико-технических характеристик конечного продукта.

Таким образом, известняки-ракушечники, несмотря на практически однородный химико-минералогический состав, относятся к материалам, поведение которых под влиянием эксплуатационных воздействий невозможно предсказать с высокой долей вероятности. Свойства камня-ракушечника определяются его структурой, что необходимо учитывать при разработке рекомендаций по назначению области применения строительных изделий, изготавливаемых из ракушечных известняков. Выбор условий эксплуатации стеновых материалов из камня-ракушечника должен производиться с учетом индивидуальных особенностей их строения. В связи с этим, представляет интерес изучение структуры известняков-ракушечников для выявления основных структурных составляющих материала, оказывающих определяющее влияние на его свойства.

Анализ структуры камня-ракушечника как композиционного материала.

Ракушечные известняки входят в группу карбонатных осадочных горных пород органогенного происхождения и образуются в результате отложения остатков простейших животных организмов, уплотненных и сцементированных известняковыми или известково-глинистыми веществами.

Известняки-ракушечники в основном сложены из кристаллов минерала кальцита CaCO_3 , но в большинстве случаев содержат различные примеси (песок, кремнезем, глину, доломит, оксиды железа, органические соединения).

Процесс формирования ракушечников заключается в оседании разрушенных и частично сохранившихся целыми обломков раковин морских животных с одновременным их перетиранием (раздроблением) и последующей цементацией при уплотнении осадков под влиянием силы тяжести вышележащих отложений. Одновременно с уплотнением осадков протекает процесс их упрочнения вследствие кристаллизации и перекристаллизации солей - процесс постепенного окаменения осадка (диагенез).

Степень уплотнения и окаменения ракушечных известняков определяется их химико-минералогическим составом, активностью цементирующего вещества, временем и условиями структурообразования.

Структура ракушечников варьирует от крупнопористой (в отдельных случаях ноздреватой) до мелкопористой. Характерным для камня-ракушечника является хорошо выраженная слоистость с чередованием слоев различной плотности.

Ракушечным известнякам присущи все основные признаки материала композиционного строения: различное сочетание отдельных структурных элементов по виду, размеру и количеству, наличие между ними поверхностей раздела, многофазность, отличие свойств камня как единого целого от соответствующих характеристик его составных компонентов.

По аналогии со строением бетона в структуре известняков-ракушечников можно выделить: заполнитель (целые ракушки и их крупные обломки); растворную часть (цементирующее вещество и измельченные обломки ракушек в качестве наполнителя), а также поверхности раздела различного масштабного уровня, трещины и поры.

Крупные зерна, между которыми располагаются более мелкие зернышки, образуют каркас камня. Взаимодействие зерен осуществляется посредством цементирующего вещества, которое образуется в результате растворения кристаллов CaCO_3 . Появление новых веществ на поверхности зерен способствует их сцеплению и заполнению (полному или частичному) промежутков между ними.

Расположение и форма зерен определяют скорость возникновения и условия размещения продуктов растворения в зонах межзерновых контактов. Это, в свою очередь, отражается на протяженности и

толщине цементных прослоек, влияет на число устойчивых адгезионно-когезионных связей, количество и характер трещин, пор и пустот.

При оценке качества строительных изделий из ракушечных известняков принято считать, что наиболее важным структурным параметром, отвечающим за обеспечение требуемого уровня их физико-технических характеристик, является плотность камня-ракушечника, определяющая его стойкость под действием нагрузок и при насыщении водой. Исходя из этого, была намечена цель исследований - анализ корреляционных зависимостей между плотностью ракушечных известняков и эксплуатационными свойствами изготовленных из них стеновых материалов.

Определение коэффициентов корреляции между плотностью и физико-техническими характеристиками камня-ракушечника.

В качестве объектов исследований были приняты полномерные стеновые камни из свежедобытого известняка-ракушечника Одесского месторождения. Оценивали следующие свойства материала: истинную плотность ρ , среднюю плотность ρ_m , пористость P , водопоглощение по массе W , прочность на сжатие R и коэффициенты размягчения K_p как перпендикулярно, так и параллельно слоям образцов-камней.

Испытания проводились по стандартным методикам. Внешний вид и размеры камней подбирались в соответствии с требованиями технических условий на эти виды изделий. Образцы испытывали партиями по 5 штук в каждой после предварительного высушивания.

Проведенные исследования показали, что для камня-ракушечника характерно существование однозначной корреляционной зависимости только между средней плотностью ρ_m и пористостью P . Увеличение плотности ракушечных известняков свидетельствует об уменьшении их пористости. Коэффициент корреляции составил 0,99.

Средняя плотность различных образцов-камней при одинаковой величине их истинной плотности ρ различается в среднем на 10%, хотя в некоторых случаях разброс значений ρ_m может достигать и 50%.

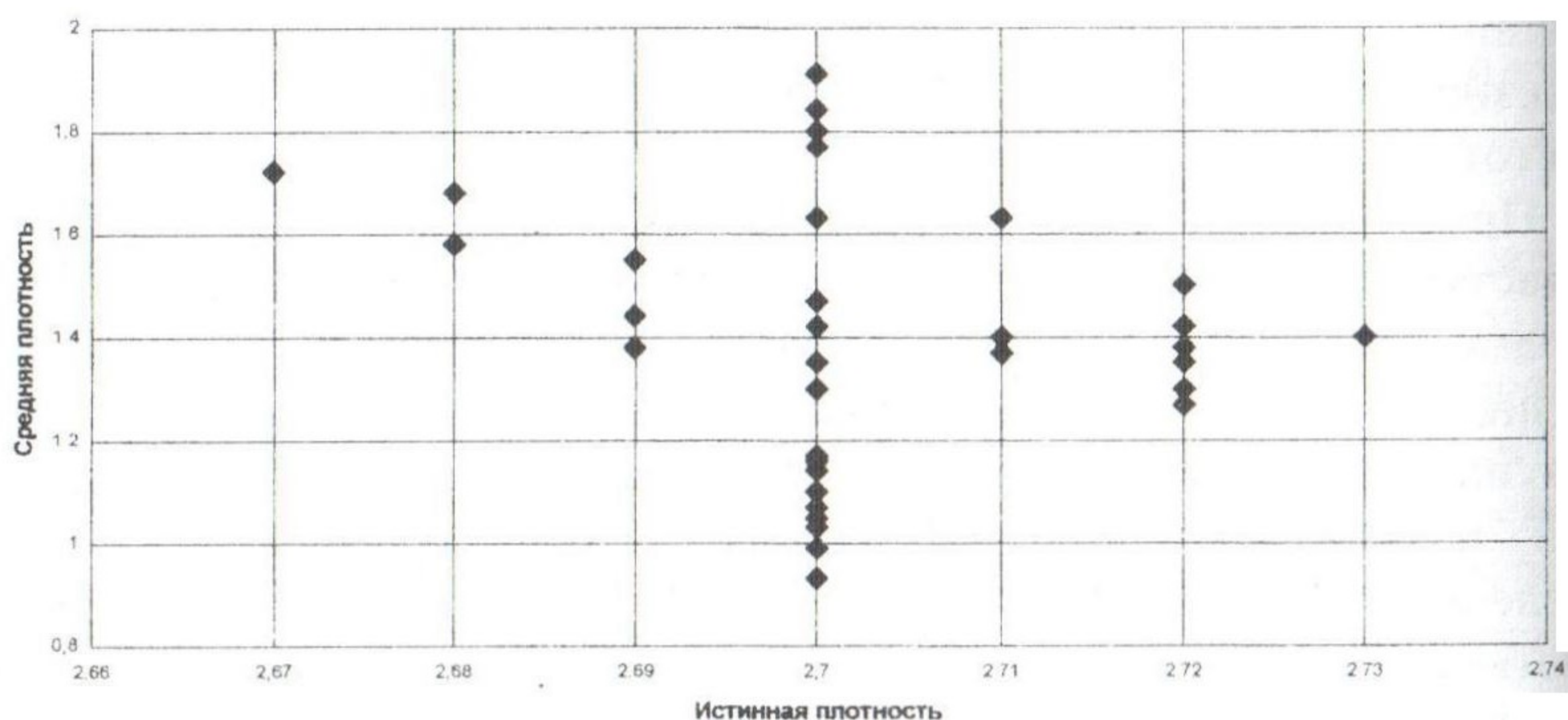


Рис.1. Зависимость между истинной и средней плотностью камня-ракушечника.

Полученные экспериментальные результаты позволили установить, что не представляется возможным с высокой степенью вероятности прогнозировать эксплуатационную надежность ракушечных известняков по величине их средней плотности. Это объясняется слабой корреляцией между значениями ρ_m камня-ракушечника и его физико-техническими свойствами.

Было определено, что корреляционная зависимость прочностных характеристик известняков-ракушечников от величины ρ_m снижается с увеличением плотности материала. Так, камни с $\rho_m = 1,1 \dots 1,3 \text{ т/м}^3$ характеризуются незначительным разбросом количественных показателей прочности на сжатие при одинаковой величине их средней плотности (рис.2). Различие значений R более плотных образцов ($\rho_m \geq 1,4 \text{ т/м}^3$) может быть весьма существенным - в 7...10 раз и больше.

Степень насыщения водой камня-ракушечника при одной и той же величине средней плотности может изменяться в среднем в 2 раза (рис.3). При этом разброс значений W возрастает с увеличением плотности материала.

Коэффициент корреляции между величиной средней плотности ρ_m и прочностью на сжатие исследовавшихся образцов не превышает 0,49, между ρ_m и водопоглощением - 0,42. Это означает, что только в каждом втором случае повышенная плотность ракушечных известняков может гарантировать ожидаемую стойкость изготовленных из них строительных материалов под действием механических нагрузок и увлажнения.

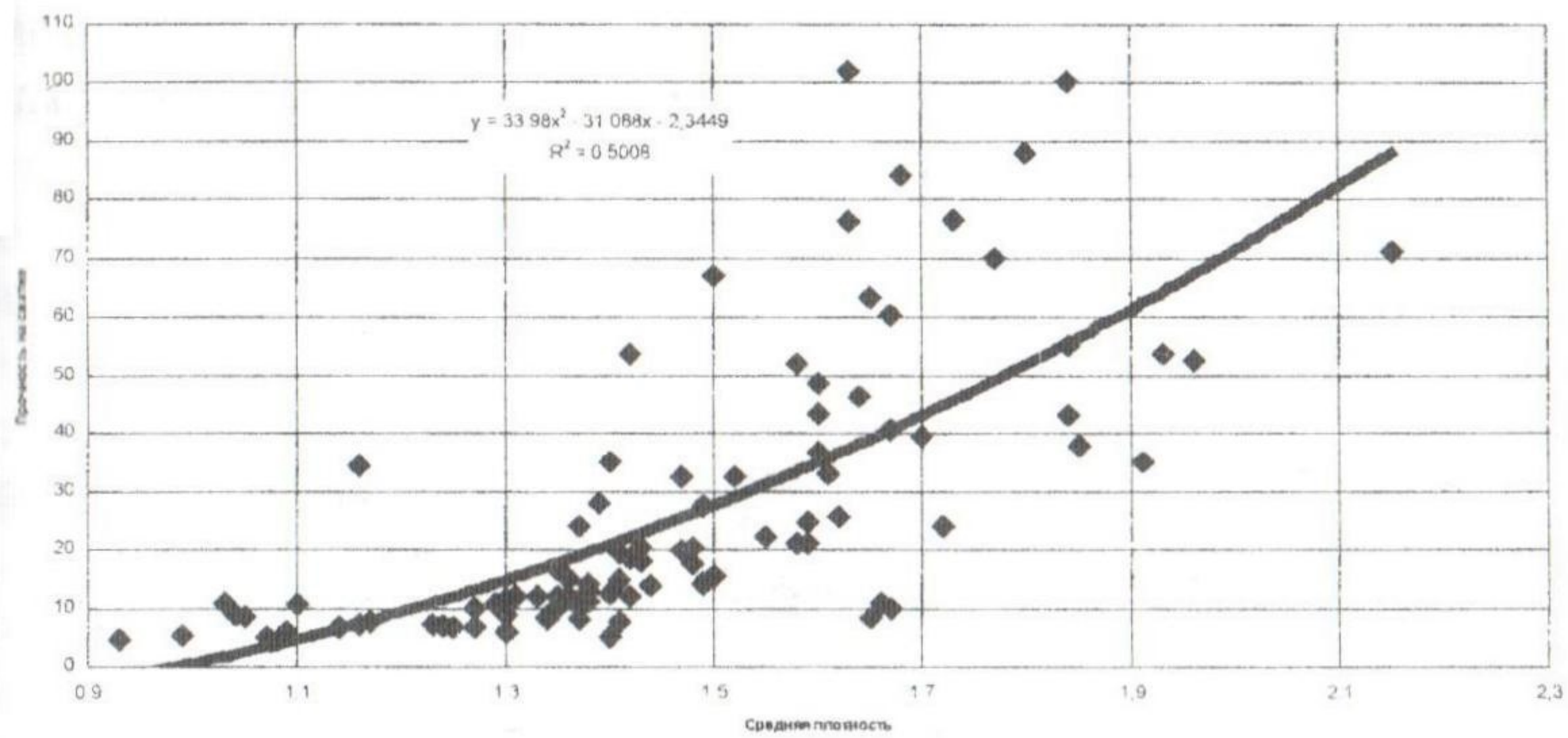


Рис.2. Зависимость между средней плотностью и прочностью на сжатие камня-ракушечника.

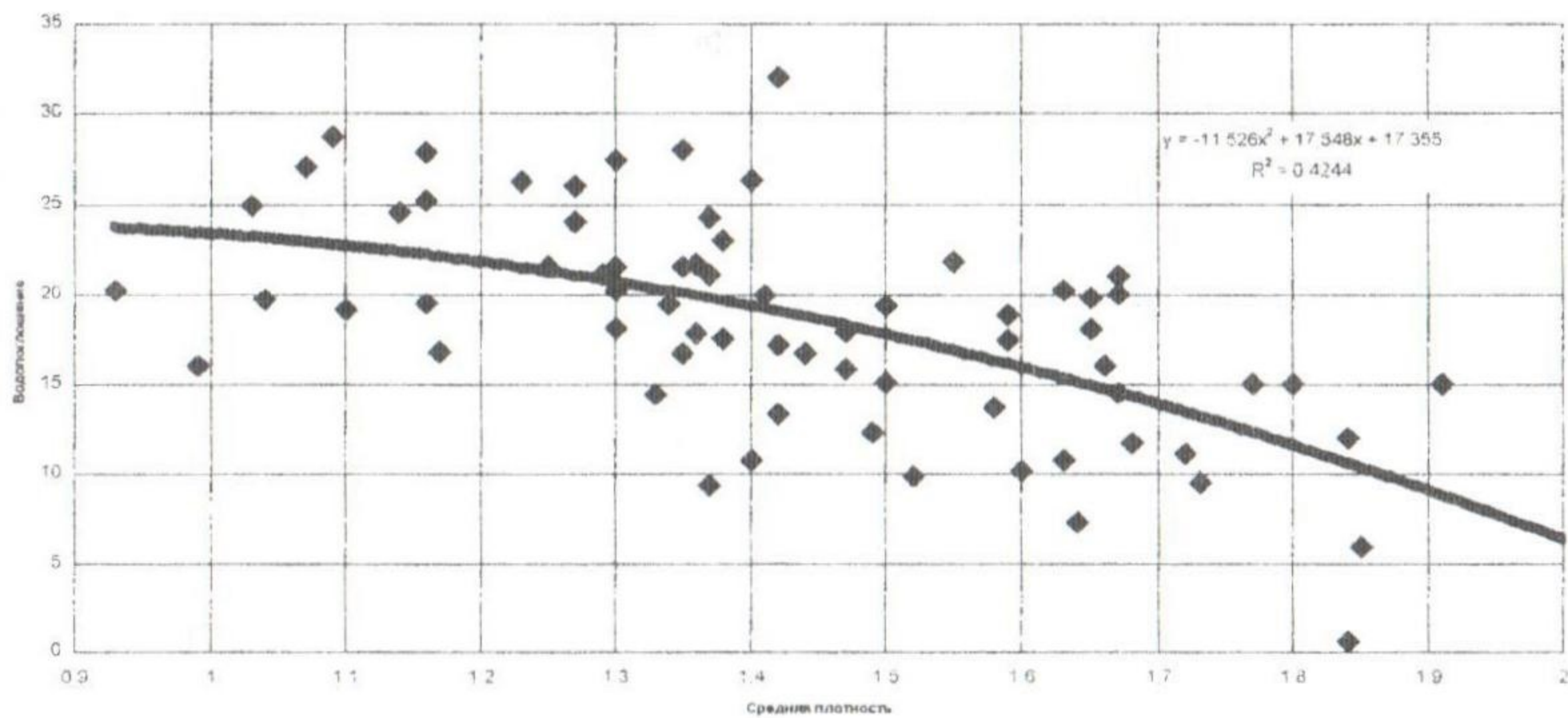


Рис.3. Зависимость между средней плотностью и водопоглощением камня-ракушечника.

Неоднозначная зависимость также наблюдается между коэффициентом размягчения и величиной средней плотности камня-ракушечника, как перпендикулярно, так и параллельно слоям.

Размягчение горной породы характеризуется коэффициентом снижения ее прочности при насыщении водой и обусловлено гидролизными реакциями в камне, которые приводят к расщеплению микрокапилляров под воздействием воды. Кроме этого, вода вызывает адсорбционное понижение прочности материала.

Наши исследования показали, что значения K_p при одинаковой величине средней плотности камня-ракушечника могут различаться в

среднем: перпендикулярно слоям - на 50%, параллельно слоям - на 40% (рис.4 и 5, соответственно). Коэффициент корреляции между ρ_m и $K_{p(\perp)}$ составил 0,0005, между ρ_m и $K_{p(\parallel)}$ - 0,02.

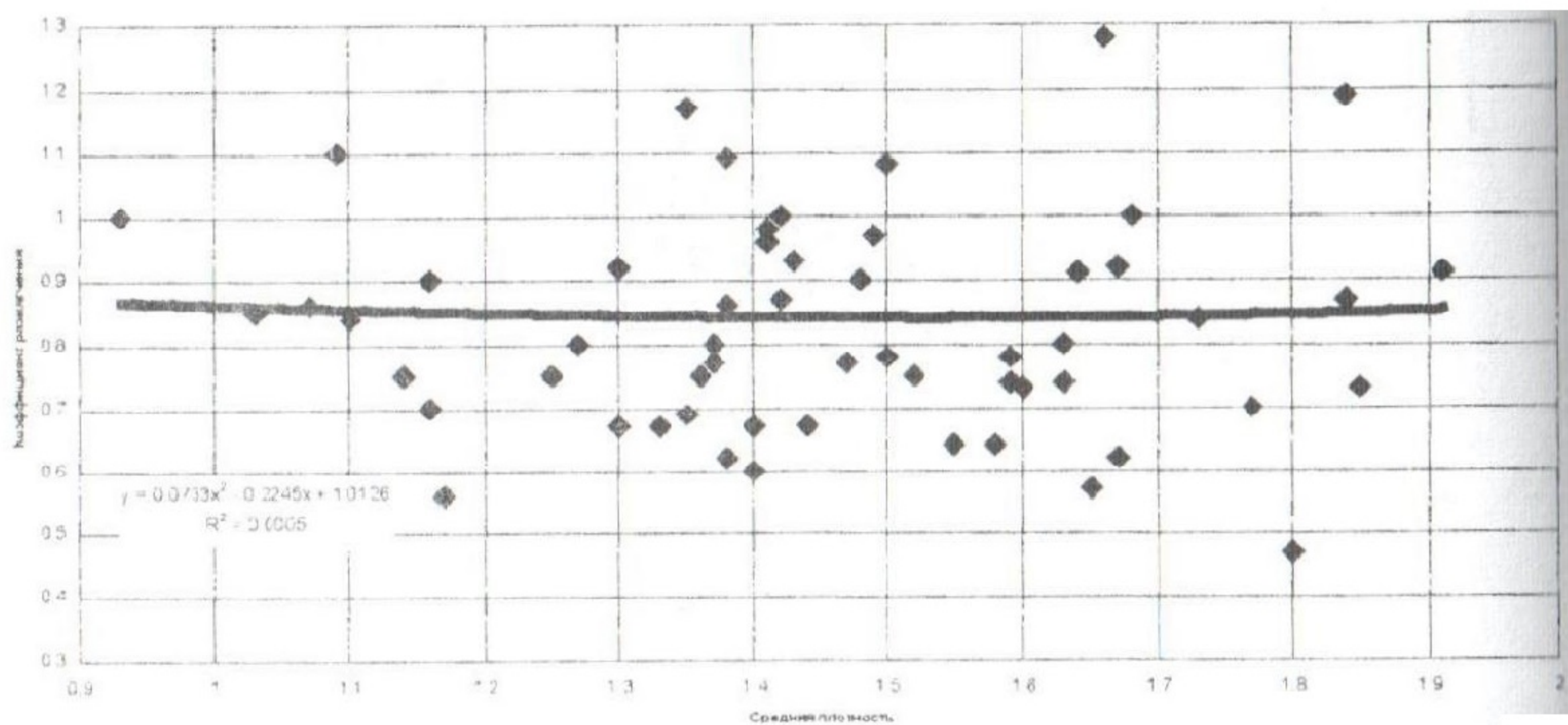


Рис.4. Зависимость между средней плотностью и коэффициентом размягчения камня-ракушечника перпендикулярно слоям.

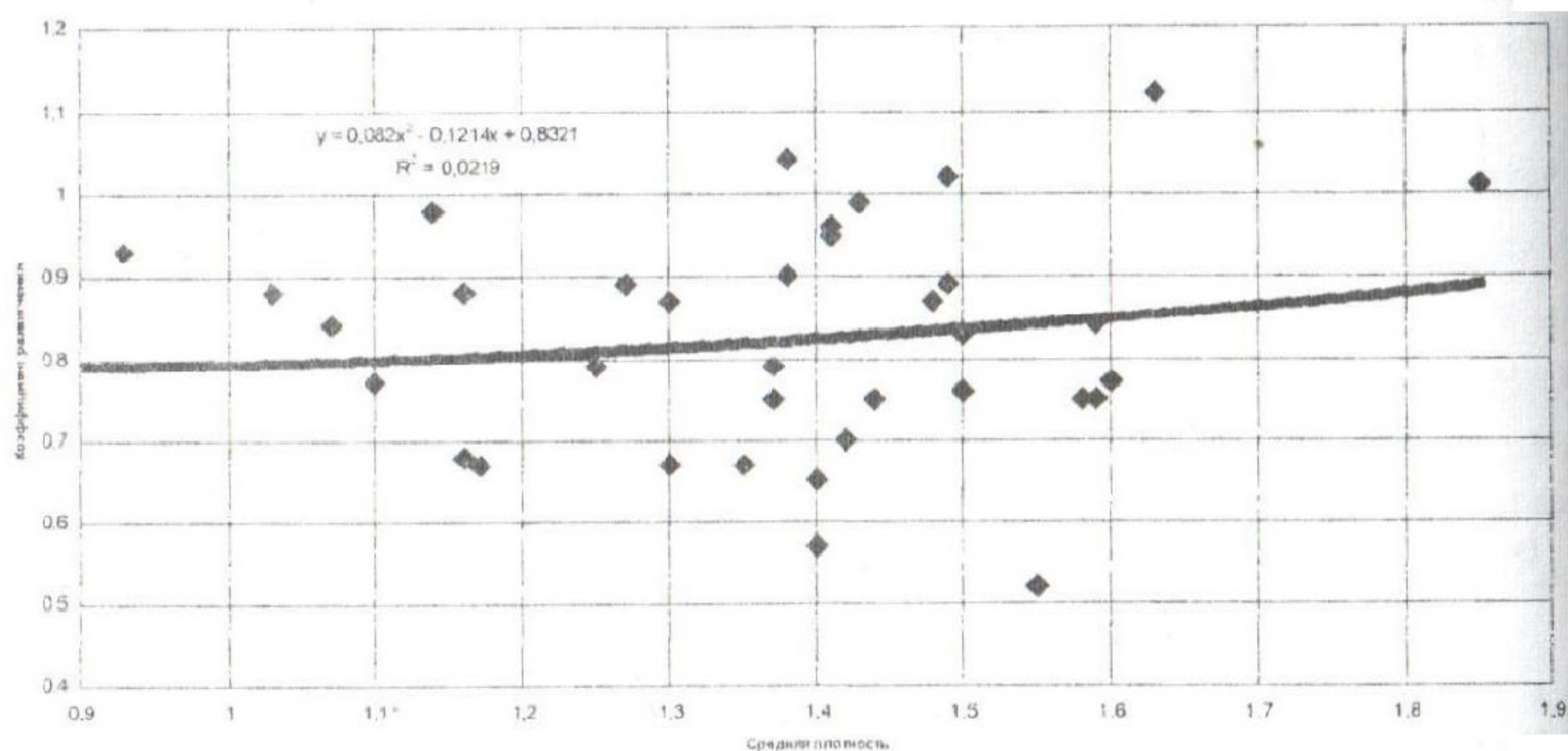


Рис.5. Зависимость между средней плотностью и коэффициентом размягчения камня-ракушечника параллельно слоям.

Таким образом, плотность ракушечных известняков не является той структурной характеристикой, по которой можно с достаточной уверенностью косвенно судить об их физико-технических свойствах. Плотность известняков-ракушечников зависит от плотности составляющих их зерен (ракушек) и плотности цементирующего вещества, а также количества пор и трещин. Широкий диапазон

значений одних и тех же показателей качества камня-ракушечника при одинаковой величине его средней плотности объясняется различным характером распределения составных элементов в объеме материала. Расположение структурных составляющих камня друг относительно друга определяет условия их взаимодействия, качественные характеристики и ориентацию трещин, строение порового пространства, что, в свою очередь, отражается на устойчивости связей материала, его целостности и надежности.

Выводы.

Проведенные исследования позволяют заключить, что камень-ракушечник относится к материалам, которым не свойственна однозначная зависимость между их средней плотностью и физико-техническими характеристиками вследствие неоднородности структуры. Изменение локальных условий организации структуры ракушечных известняков отражается на расположении структурных составляющих камня-ракушечника в различных микрообъемах материала, определяя вместе с деформациями, полученными при добыче горной породы и обработке камня, его потенциальные возможности. Неоднородное строение ракушечных известняков даже одного месторождения исключает возможность прогнозирования стойкости и долговечности строительных изделий и конструкций из камня-ракушечника по отдельным структурным характеристикам. Это обуславливает необходимость тщательного подбора области применения ракушечных известняков для максимального соответствия их свойств, определяемых индивидуальными параметрами структуры, требуемым условиям эксплуатации.

Литература.

1. Консервація і реставрація пам'яток архітектури / І. Дорофієнко, О. Кравченко, О. Литвин и др. - Київ-Львів: Вид-во Отців Василіян «Місіонер», 1996. - 586с.
2. ДСТУ Б В.2.7-37-95. Будівельні матеріали. Плити та вироби із природного каменю. Технічні умови.
3. ДСТУ Б В.2.7-15-95. Будівельні матеріали. Матеріали стінові кам'яні. Номенклатура показників якості.
4. Композиционные строительные материалы и конструкции пониженной материалоемкости / В.И. Соломатов, В.Н. Выровой, В.С. Дорофеев, А.В. Сиренко. - Киев: Будівельник, 1991. - 144с.

4. Забезпечення таких умов експлуатації, при яких би виключалися циклічні втрати вологи бетоном і його зволоження на фоні підвищених температур.

Керування цими принципами дозволить отримувати високоякісні, довговічні і надійні бетони незалежно від присутності в них луго-реакційних заповнювачів.

Таким чином, в результаті виконаних досліджень доведено ефективність введення до композицій на лужних в'язучих системах луго-реакційними заповнювачами активного глинозему у вигляді метакаоліну, що дозволяє ефективно керувати структуроутворенням у контактній зоні "цементний камінь – луго-реакційний заповнювач", знижуючи деформації розширення до безпечного рівня або цілком усуваючи і, таким чином, суттєво підвищувати надійність і довговічність бетонних і залізобетонних конструкцій.

1. ACI Committee 201, Guide to durable concrete. Amer. Ciner. Inst. Report of ACI Committee 201, 212-77, Detroit, 1982, 37 pp.

2. Глуховский В.Д. Грuntосиликаты. – Киев: Госстройиздат УССР, 1959. – 127 с.

3. Глуховский В.Д., Кривенко П.В и др. Шлакощелочные бетоны на мелкозернистых заполнителях. – Киев: Высшая школа, 1981. – 224 с.

4. Кривенко П.В. Специальные шлакощелочные цементы. – Киев: Строитель, 1992. – 192 с.

5. Кривенко П.В., Пушкарева Е.К. Долговечность шлакощелочного бетона. – Киев: Строитель, 1993. – 224 с.

6. Штарк Й., Вихт Б. Долговечность бетона. – Киев: Оранта, 2004. – 295 с.

7. Glasser F.P. The Role of Alkalis in controlling phase development in calcium aluminosilicate binders. Proc The First Conference "Alkaline Cements and Concrete", Kiev, 11-14 okt. 1994, V.1< pp 484-492.