

Рис. 9 – Зависимость жесткости основных упругих элементов вибропневмотранспортной машины (с12) и упругих элементов эксцентрикового привода (с01) от величины амплитуды пускового усилия в упругом эксцентриковом приводе  $P_{уп}$  ( $\omega = 0$ ) при различных значениях эксцентриситета.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Блехман И.И., Джанелидзе Г.Ю. Вибрационное перемещение. – М.: Наука, 1964. – 412 с.
2. Волошин А.И., Пономарев Б.В. Механика пневмотранспортирования сыпучих материалов. – Киев.: Наук. думка, 2001. – 519 с.
3. Волошин А.И., Пономарев Б.В. Алгоритмы и программы для расчета вибропневмотранспортных систем. – Киев: Наук. Думка, 2002. – 134 с.
4. Пановко Я.Г. Основы прикладной теории упругих колебаний. – М.: Машиностроение, 1967. – 316 с.
5. Потураев В.Н., Франчук В.П., Червоненко А.Г. Вибрационные транспортирующие машины. – М.: Машиностроение, 1964. – 272 с.

УДК 622.411.33:533.17

Н.В. Жикаляк

### НОВЫЙ ПОКАЗАТЕЛЬ ГАЗОНОСНОСТИ ПЕСЧАНИКОВ

Запропоновано новий показник, який відображає газоемкісні властивості пісковиків. Подано результати дослідження парних кореляційних зв'язків нового показника з існуючими.

### NEW PARAMETER PRESENCE OF GAS SANDSTONES

The new parameter displaying presence of gas properties sandstones is offered. The results of researches of pair correlation connections of a new parameter with existing are submitted.

В новое тысячелетие Украина вошла с острым дефицитом энергоносителей, вызванным ограниченностью их запасов и недостаточностью объемов добычи по сравнению с потреблением. Для внутренних нужд нам нужно около 80 млрд. м<sup>3</sup> газа в год, а добыча природного газа составляет всего около 18 млрд. м<sup>3</sup> [1].

Вместе с тем в угленосных толщах Донбасса сосредоточено примерно 25 трлн. м<sup>3</sup> метана, не уступающего по своим свойствам природному газу. В последние годы ученые и производственники все чаще называют Донбасс не угольным, а углегазовым месторождением, указывая таким образом на потенциальный источник энергии, практически не используемый до сих пор.

Однако метан является не только потенциальным энергоносителем, но и источником социальных, экологических и экономических негативных факторов. Выбросы газа, угля и пород в выработках действующих шахт приводят к гибели горняков. Выделяющийся из шахт метан загрязняет окружающую среду. Указанные факторы приводят к значительным финансовым затратам. Учитывая изложенное, разработка новых показателей газоемкостных свойств песчаников угленосных толщ, является задачей актуальной как с научной, так и с практической точки зрения.

Идея данной работы возникла при анализе публикаций, касающихся газоносности угленосных отложений, сделанных ранее. Общеизвестно [2], что с 60-х по 90-е годы прошлого столетия многие академические, научно-исследовательские и производственные организации активно изучали проблему выбросоопасности пород и угля, разработав при этом большое количество новых методов, методик и показателей, для прогноза и предотвращения газодинамических явлений на угольных шахтах, где газоносность вместе с напряженным состоянием горных пород были основными негативными факторами.

Вместе с этим, необходимо согласится с автором [3], указывающим на отсутствие в печати работ, посвященных количественной стороне влияния постседиментационных преобразований терригенных пород на изменение их коллекторских свойств; на отсутствие работ по онтогении коллекторов, отражающих условия существования, изменения и ликвидации поровых коллекторов в терригенных породах на протяжении их геологической истории.

Основным показателем коллекторских свойств пород, по общему признанию, является пористость во всех ее проявлениях (общая, открытая, эффективная). Однако, по мнению [4], у обломочных пород пористость зависит от степени сортировки частиц, слагающих породу, их формы и взаимного расположения. Данный автор приводит в качестве примера результат исследований Феофиловой А.П. (1949), согласно которому, среди различных песчаников кольчугинской свиты Кузбасса наиболее пористыми оказались плохо сортированные русловые отложения.

По мнению авторов работы [5], на коллекторские свойства существенно влияют некоторые литологические факторы, особенно степень цементации песчаных пород, а также окатанность и сортировка кластического материала. Зернистость на них влияет меньше (на больших глубинах).

Один из ведущих западных литологов [6] указывает, что на первоначальную пористость породы влияют неравномерный гранулометрический состав, форма зерен, способ отложений и упаковка осадков, а также уплотнение в процессе осадконакопления и после него.

Несколько иных взглядов придерживаются авторы работы [7], по данным которых разнозернистые разновидности песчаников образуют коллекторы с

низкой эффективной емкостью. Песчаный материал, характеризующийся более высокой степенью сортировки и окатанности, в котором преобладают мелкие и среднезернистые фракции – обуславливает более высокую емкость коллекторов и большую их продуктивность. По мнению данных авторов, для эффективных поисков и разведки газовых скоплений нужно привлекать данные литологических исследований керна скважин: определение минералогического состава пород, направлений и типов слоистости, сортированности и окатанности зерен, гранулометрические анализы, изучение цементов коллекторов, процессов диагенетических и катагенетических изменений пород.

О влиянии степени сортированности кластических пород на их коллекторские свойства писали многие авторы, занимающиеся литологией, эпигенезом и вторичными преобразованиями осадочных горных пород. Несмотря на это, какие-либо количественные показатели степени сортированности на данный момент автору настоящей статьи не известны.

Вместе с этим, для определения степени выбросоопасности гранулометрия песчаников учитывалась [8], а расчет выполнялся по методике, разработанной Б.П. Батуриным [9]. Петрографами таких организаций как ГРГП «Донецкгеология», ГРГП «Востокгеология», ПО Укруглегеология, ИГТМ НАН Украины и другими, было выполнено большое количество (десятки тысяч проб) гранулометрических определений. Идея метода Б.П. Батурина сводилась к группированию абсолютных размеров обломочных зерен песчаников с интервалом в 0,05 мм. Таким образом, обломочные зерна определялись в какую-либо группу, а затем, на основе средних значений этих групп рассчитывался средний размер зерен конкретного слоя песчаника.

В данной публикации предлагается использовать метод группирования не для определения средних размеров зерен, а для определения количества групп. Идея данного предложения заключается в том, что количество групп будет характеризовать степень сортированности конкретного песчаника. Чем больше групп представлено в пробе, тем хуже сортировка данной породы, с вытекающими отсюда свойствами. Поскольку в литературе отсутствуют данные, по поводу влияния сортировки породообразующих зерен песчаников на их коллекторские и физико-механические свойства, было решено выполнить ряд анализов, характеризующих степень парной связи сортированности, с другими показателями.

Количественный показатель сортированности предлагается обозначить коэффициентом сортировки ( $K_c$ ), который является величиной безразмерной (количество групп) и изменяет свои значения от 1 до 30-40 и более. В качестве полигона для исследований был выбран участок разведки Горловский-Глубокий, расположенный в Центральном геолого-промышленном районе Донбасса. Пробы песчаника были отобраны из московского яруса среднего карбона, с глубин 1400-1900 м. Угольные пласты изучаемого стратиграфического интервала отнесены к маркам «Ж» и «К». Открытая пористость изученных проб изменяется в незначительных пределах - от 0,5 до 4,5 %.

Предлагаемый показатель было решено сопоставить со следующими показателями: средний диаметр обломочных зерен ( $d$ , мм); содержание карбонатов

(Карб, %); пористость открытая (Пор, %); содержание слюдисто-глинистых минералов (Сл-Гл, %); кварц обломочный (Q, %); показатель уплотнения – коэффициент «метаморфичности», предложенный О.А. Черниковым (С, %); предел прочности породы на сжатие ( $\sigma_{сж}$ , кг/см<sup>2</sup>); предел прочности породы на растяжение ( $\sigma_{раст}$ , кг/см<sup>2</sup>).

Таким образом, был выполнен расчет корреляционной связи восьми различных показателей, характеризующих газоемкостные, газопроницаемые, структурные и физико-механические свойства осадочных пород вообще и песчаников в частности, с предлагаемым коэффициентом сортировки (Kс). Обработка выполнялась на персональном компьютере типа Pentium 4 с использованием стандартной программы Excel 2000.

Первым было рассчитано значение корреляционной связи предлагаемого показателя с показателем «средний диаметр обломочных зерен». Выборка составила 79 проб, а значение коэффициента корреляции оказалось равным 0,81 при высокой надежности:  $\mu = 20,7$ . Судя по графику (рис. 1), характер связи линейный, а разброс данных относительно небольшой – коэффициент вариации около 30 %. Таким образом, для исследованных песчаников Центрального района характерна достаточно тесная корреляционная связь между новым показателем (коэффициентом сортировки) и показателем «средний диаметр обломочных зерен». Это означает, что высокие значения размеров обломочных зерен присущи отложениям с плохой сортировкой и наоборот, высокие значения коэффициента сортировки присущи, в основном, крупнозернистым разностям обломочных пород.

Самые низкие значения коэффициента сортировки в данном случае составляют  $K_c = 4$ , они характерны для мелкозернистых песчаников. Высокие значения  $K_c$  составляют 13, 14, 15 – они характерны для среднезернистых песчаников.

Следующей была рассчитана корреляционная связь предлагаемого показателя с показателем «содержание карбонатов». Выборка осталась прежней, а значение коэффициента корреляции оказалось отрицательным и равным – 0,32 при невысокой надежности:  $\mu = 3,2$ . Судя по графику (рис. 2), характер связи степенной, сама связь для данной выборки слабая, а разброс данных высокий – коэффициент вариации более 60 %.

Полученный результат указывает на наличие карбоната как в хорошо, так и в плохо сортированных песчаниках. Для данной выборки существенного результата не получено, это является негативным фактором при дальнейшем использовании исследуемой связи.

Далее была рассчитана корреляционная связь коэффициента сортировки с показателем «открытая пористость». Выборка составила 80 проб, а значение коэффициента корреляции получилось 0,39, при относительно невысокой надежности:  $\mu = 4,1$ . Судя по графику (рис. 3), характер связи линейный, однако отмечен высокий разброс данных, коэффициент вариации около 50 %. Несколько значений существенно влияют на общую картину распределения, но они не были исключены из выборки. Задача данных исследований заключалась

в определении возможных связей, их вида, степени, а не в стремлении получить более высокие значения корреляционных связей. Значения открытой пористости варьируют в пределах от 0,3 до 4,5 %, при среднем значении – 1,9 %.

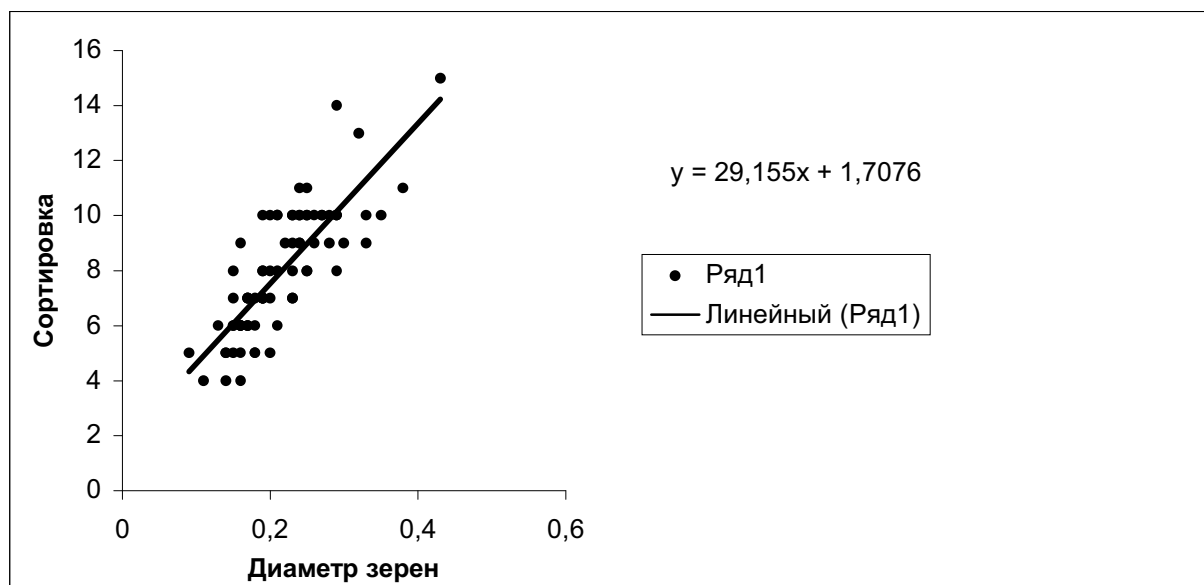


Рис. 1 – График парной линейной связи показателя коэффициент сортировки ( $K_c$ ), со средним диаметром обломочных зерен.

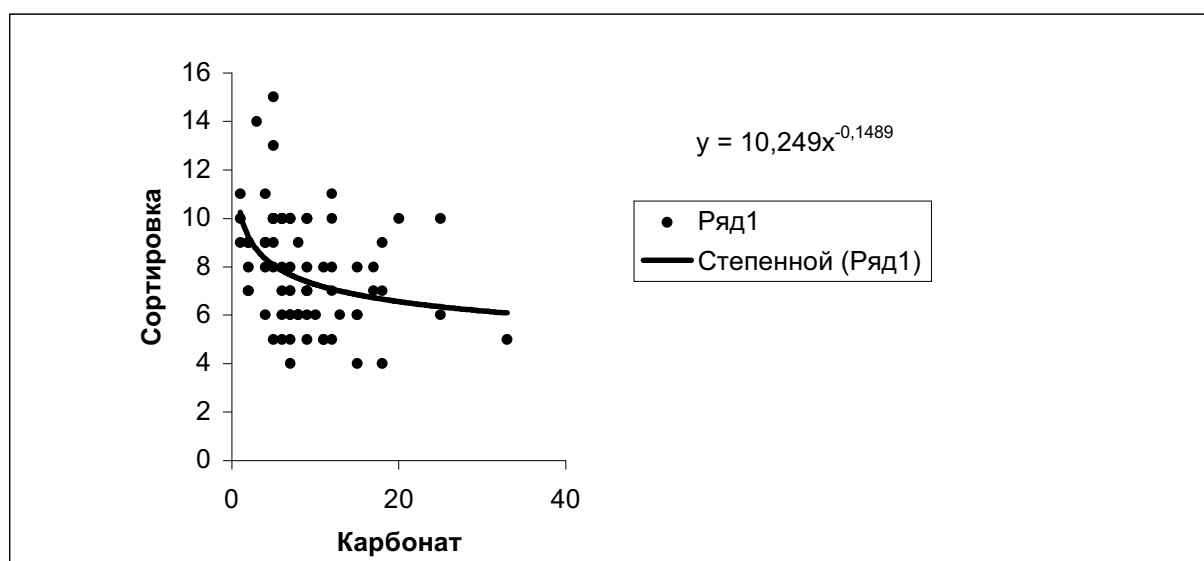


Рис. 2 – График парной степенной связи показателя коэффициент сортировки ( $K_c$ ), с процентным содержанием карбонатов в исследованных пробах.

Поскольку в данной работе исследуется участок из Центрального района, в дальнейшем необходимо рассмотреть подобные зависимости в других районах, для сравнения лучше в прибортовых. В данном же случае можно говорить о тенденции к уменьшению пористости при улучшении сортировки.

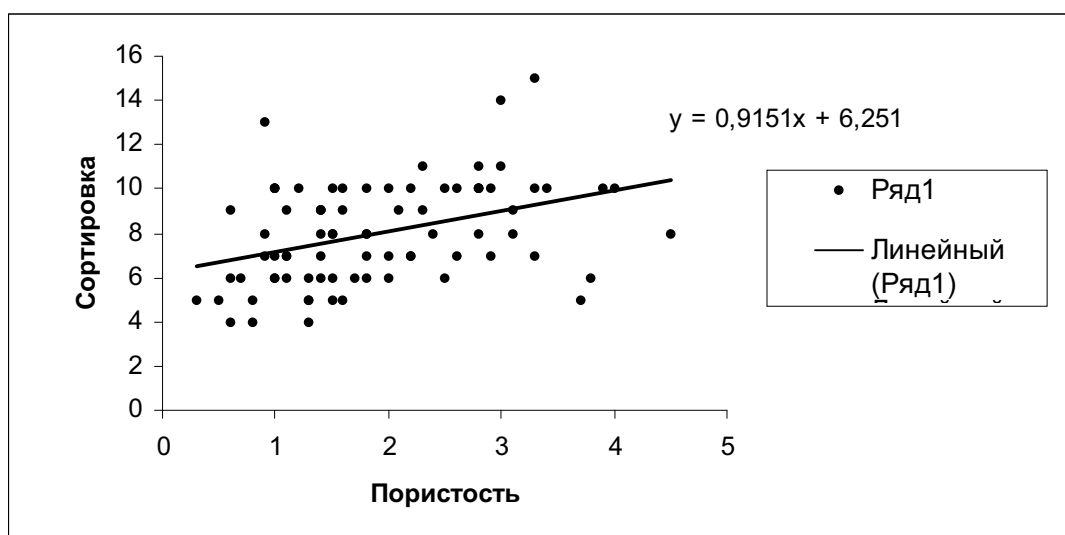


Рис. 3 – График парной линейной связи показателя коэффициент сортировки (Кс), с открытой пористостью в исследованных пробах.

Следующей была рассчитана корреляционная связь Кс с показателем «слю-дисто-глинистые». Выборка также составила 80 проб, а значение коэффициента корреляции получилось отрицательным – 0,47 при надежности:  $\mu = 5,3$ . Судя по графику (рис. 4), характер связи степенной, причем он подобен графику для карбонатов, с той разницей, что в последнем случае связь более тесная и определяется с большей надежностью. В целом, для сопоставления, необходимо рассмотреть подобную связь в других геолого-промышленных районах, возможно характер или степень связи изменится.

Значения содержания глинисто-слюдистых находится в пределах от 6 до 39 %, при среднем значении – 17 %. Разброс данных достаточно высокий, значение коэффициента вариации составляет около 40 %.

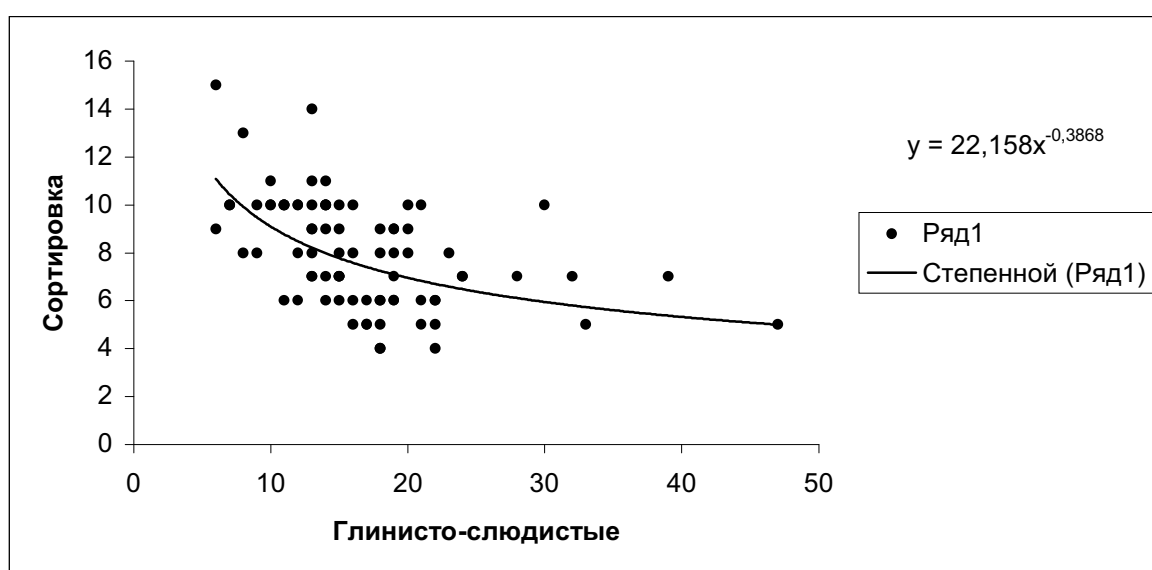


Рис. 4 – График парной степенной связи показателя коэффициент сортировки (Кс), с содержанием глинисто-слюдистых минералов в исследованных пробах.

После этого была рассчитана корреляционная связь так называемого коэффициента «метаморфичности» с коэффициентом сортировки. Выборка составила 79 проб, значение коэффициента корреляции 0,65, при сравнительно высокой надежности:  $\mu = 10,1$ . Анализ графика (рис. 5) свидетельствует о том, что характер связи линейный, разброс данных значительный, коэффициент вариации около 50 %. Основной вывод: чем хуже сортировка, тем больше контактов между обломочными зернами и выше степень уплотнения. Тогда, чем лучше сортировка, тем меньше контактов и хуже степень уплотнения.

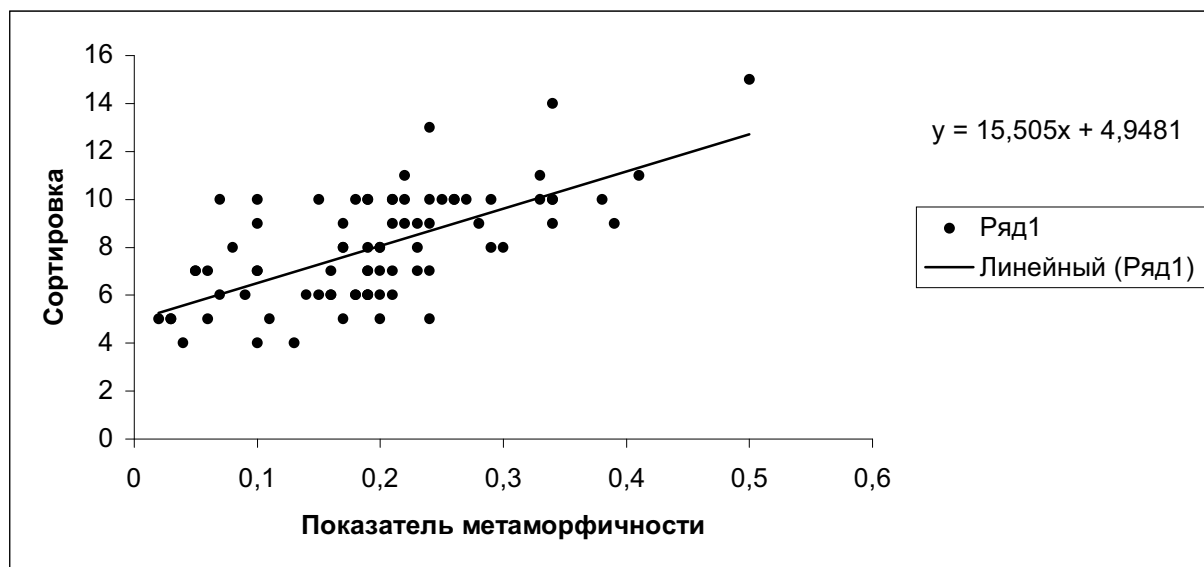


Рис. 5 – График парной линейной связи показателя коэффициент сортировки ( $K_c$ ), с показателем степени уплотнения пород (показателем метаморфичности).

Следующей была рассчитана корреляционная связь коэффициента сортировки ( $K_c$ ) с показателем «кварц обломочный». Выборка составила 80 проб, а значение коэффициента корреляции равно 0,57, при надежности связи:  $\mu = 7,6$ . Анализ графика (рис. 6) свидетельствует о том, что характер связи линейный, разброс данных относительно небольшой, коэффициент вариации около 30 %. Основной вывод заключается в том, что ухудшение сортировки связано с увеличением количества кварцевых зерен. Это вполне логично, исходя из генезиса русловых, дельтовых и морских потоков, с которыми связана низкая степень сортировки обломочных частиц.

Связи коэффициента сортировки с показателями «предел прочности на сжатие» и «предел прочности на растяжение» оказались диаметрально противоположными. Так, значение парной корреляции  $K_c$  с показателем  $\sigma_{сж}$ , при выборке 40 проб, оказалось всего 0,06, при такой же низкой надежности:  $\mu = 0,36$ . Характер связи из анализа графика (рис. 7) линейный, несмотря на отсутствие полной однозначности. Разброс данных значительный, несмотря на то, что коэффициент вариации около 30 %.

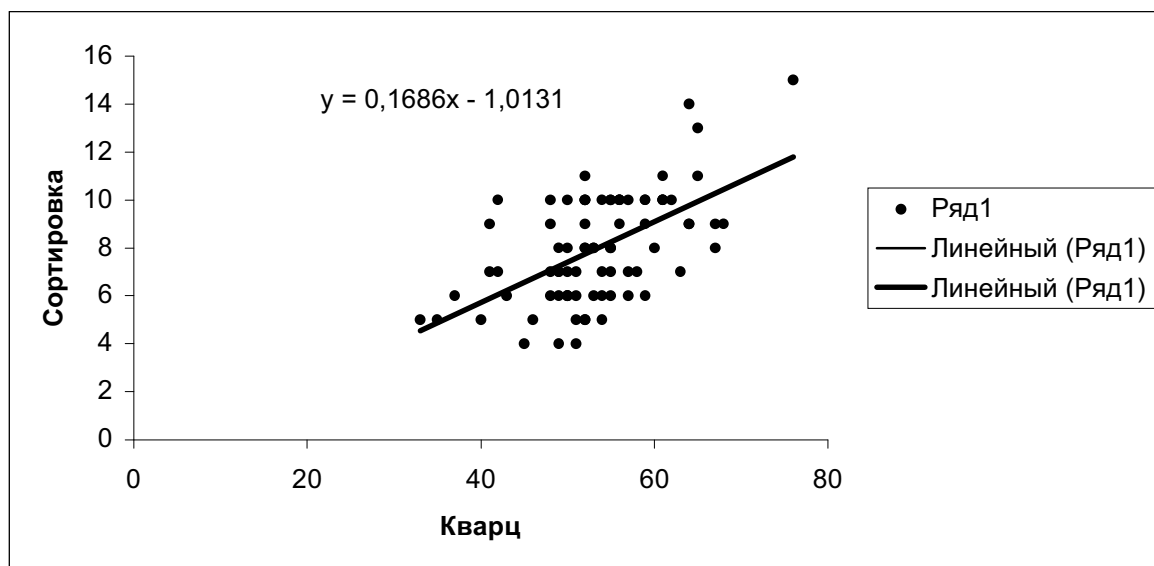


Рис. 6 – График парной линейной связи показателя коэффициент сортировки (Кс), с процентным содержанием кварца обломочного.

Значение парной корреляции Кс с показателем  $\sigma$  раст, при выборке 40 проб, составило 0,04, при низкой надежности:  $\mu = 0,24$ . Характер связи из анализа графика (рис. 8) линейный, возможно связь была бы более высокой при исключении трех верхних точек. Основной вывод из этих двух анализов тот, что связь нового показателя сортировки с показателем растяжения, как и с показателем сжатия практически отсутствует.

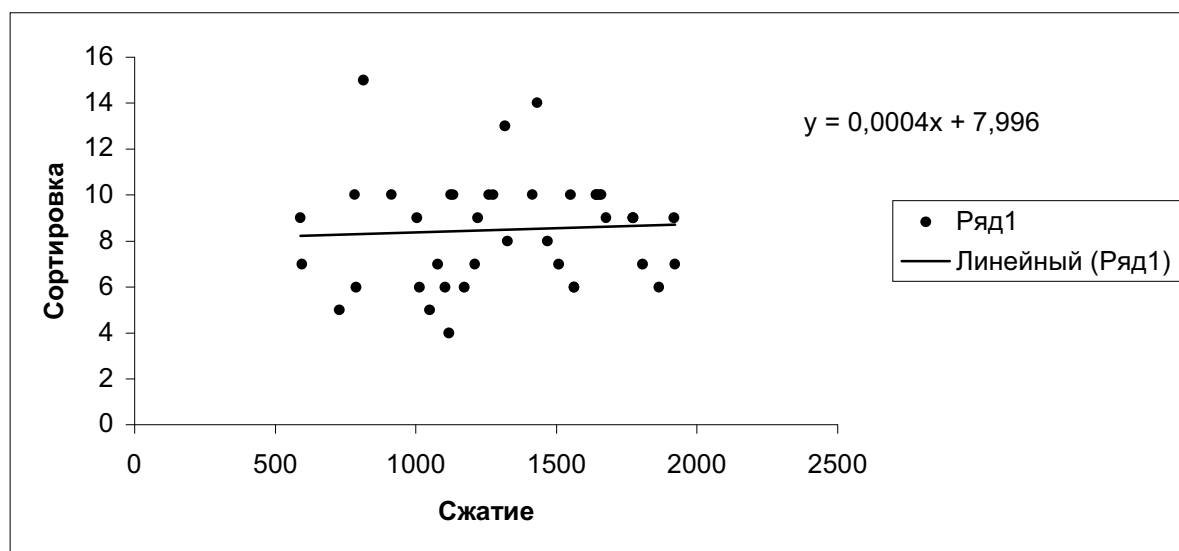


Рис. 7 – График парной линейной связи показателя коэффициент сортировки (Кс), с показателем предел прочности на сжатие.

Таким образом, сортировка обломочных породообразующих зерен песчаника фактически не влияет на растяжение и сжатие, имеет высокую корреляционную связь со средним диаметром обломочных зерен, с количеством обломочно-



го кварца, с коэффициентом «метаморфичности». В то же время новый показатель имеет невысокую корреляционную связь с открытой пористостью, а с содержанием карбонатов и глинисто-сланцевых минералов связь носит отрицательный характер и имеет достаточно низкое значение.

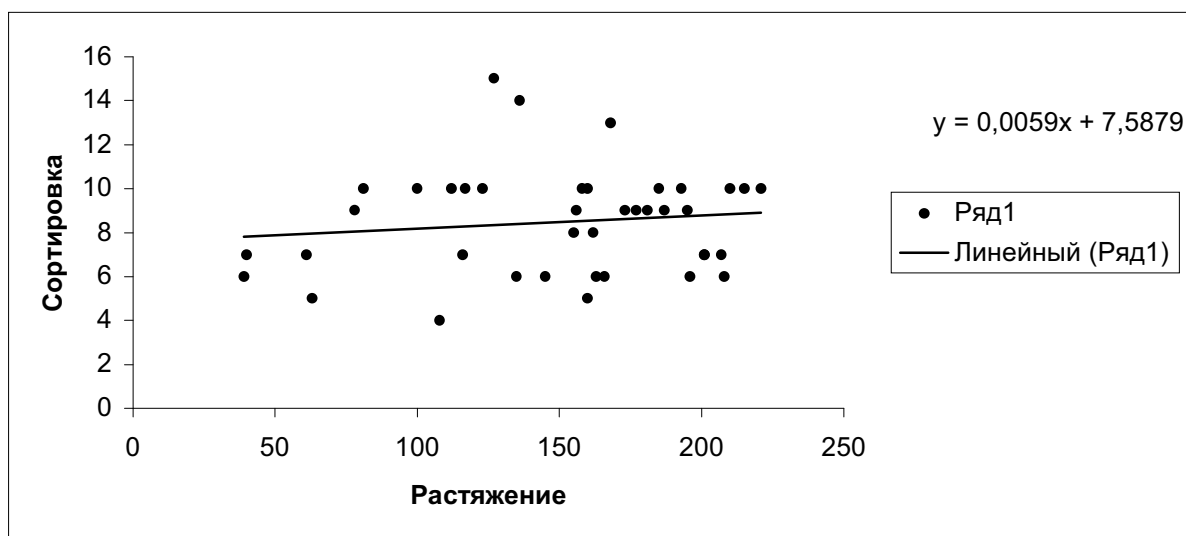


Рис. 8 – График парной линейной связи показателя коэффициент сортировки (Kс), с показателем предел прочности на растяжение.

В дальнейшем необходимо исследовать наличие корреляционной связи нового показателя с другими показателями в других геолого-промышленных районах, для определения характера распределений в тектонических условиях отличающихся от таковых в Центральном районе.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Булат А.Ф. Вступительное слово директора Института геотехнической механики, чл.-корр. НАН Украины, докт. Техн. Наук А.Ф. Булата / Геотехническая механика, 2000. - Вып. 17. - С. 3-5.
2. Забигаило В.Е., Николин В.И. Влияние катагенеза горных пород и метаморфизма углей на их выбросоопасность / Киев: Наук. Думка, 1990. - 168 с.
3. Савкевич С.С. Трещинные коллекторы нефти и газа и методы их изучения / М: ВНИГРИ, 1965. - т. 242. - С. 74-94.
4. Рухин Л.Б. Основы литологии / Л: Недра, 1969. - 703 с.
5. Гавриш В.К., Горбенко В.С., Индутный В.Ф. Прогноз палеозойских коллекторов и покрышек Днепровско-Донецкой впадины на основании анализа ее пульсирующего развития / Геологический журнал, 1984. - т. 44. - №1. - С. 35-41.
6. Петтиджон Ф.Дж. Осадочные породы / М: Недра, 1981. - 751 с.
7. Плошко В.В., Мрозек Л.Г., Синянская Л.В. Особенности литологических ловушек нижнего карбона на бортах внутренних прогибов / Геологический журнал, 1983. - т.44. - №1. - С. 42-50.
8. Забигаило В.Е., Лукинов В.В., Широков А.З. Выбросоопасность горных пород / Киев: Наук. Думка, 1983. - 288 с.
9. Батурин В.П. Новый метод изучения песчано-алевритовых осадков / ДАН СССР, 1942. - т.37. - №2. - С. 231-233.