

Полученные закономерности позволят учитывать особенности текстурного рисунка джеспилита в процессе его художественной обработки.

В результате исследований установлено следующее. В зависимости от масштабов наблюдения текстурный рисунок джеспилитов выглядит так: в блоках – плейчато-полосчатый, в образцах – всех типов, от плейчато-полосчатого до пейзажного, в шлифах – параллельно-полосчатый.

В зависимости от направления реза джеспилита по отношению к полосчатости можно получить несколько текстурных рисунков, причем каждая разновидность джеспилита позволяет получить определенный набор.

В зависимости от ориентировки формы по отношению к полосчатости, а также от количества центральных осей можно получить различное количество объемных текстурных рисунков джеспилита: для шара – один, для куба и цилиндра – три, для четырехугольной призмы – пять.

УДК 622.232.72.001.57:658.386

Канд. техн. наук В.Г. Шевченко  
(ИГТМ НАН Украины)

### **МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПСИХОФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ГОРНОРАБОЧИХ НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ СИСТЕМЫ «МАШИНИСТ – ВЫЕМОЧНЫЙ КОМБАЙН НОВОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УРОВНЯ»**

Розроблено алгоритм моделювання системи «машиніст - виймочний комбайн нового технічного рівня», який враховує вплив психофізичних параметрів людини, інтегрального рівня її інформованості, якісних характеристик і кількості інформації, що надходить до неї, на продуктивність виймочного комбайна. Установлено закономірності зміни продуктивності виймочного комбайна від психофізичних параметрів машиніста, ресурсу часу на реалізацію рішення, достовірності, повноти інформації та її кількості.

### **MODELING OF INFLUENCING OF PSYCHOPHYSICAL PARAMETERS OF THE COLLIERIES ON PRODUCTIVITY OF A SYSTEM «OPERATOR - CUTTER-LOADER OF A NEW TECHNOLOGICAL LEVEL»**

The algorithm of simulation of a system «operator - cutter-loader of a new technological level», taking into account influencing of psychophysical parameters of the operator, his awareness integral level, qualitative characteristics and quantity of the information on cutter-loader productivity is designed. Are established of regularity of change of cutter-loader productivity from psychophysical parameters of the operator, temporary resource of implementation of the solution, validity, completeness of the information and its quantity.

Необходимость совершенствования научно-прикладных методов исследования процессов функционирования сложной технологической системы «человек – техника - технология» в условиях высоконагруженных лав обуславливает актуальность задачи моделирования влияния психофизических параметров горнорабочих на производительность системы «машинист – выемочный комбайн нового технического уровня (НТУ)» и установления закономерностей измене-

ния показателей эффективности работы такой системы от индивидуальных особенностей горнорабочих.

Содержательная постановка задачи состоит в следующем. Задан вектор исходных параметров (технических, технологических, горно-геологических и пр.) технологического процесса выемки угля высоконагруженной лавой  $X$ ; вектор параметров, характеризующих индивидуальные (психофизические) особенности горнорабочих  $L$ , осуществляющих управление комплексом добычной техники. Известны закономерности изменения показателей эффективности процесса от параметров множества  $X: Y = f(X)$ . Требуется: разработать алгоритм моделирования функционирования системы «машинист – выемочный комбайн НТУ» в условиях высоконагруженных лав, дать интегральную оценку влияния индивидуальных особенностей горнорабочих на производительность выемочного комбайна и установить закономерности изменения показателей эффективности системы «машинист – выемочный комбайн НТУ» от психофизических параметров машиниста  $Y = f(X, L)$ .

Процесс управления комбайном можно представить как совокупность элементарных актов реакции горнорабочего (машиниста) на различного рода раздражения (зрительные, звуковые, тактильные и пр.). Совокупность элементарных актов реакции человека на раздражители сопровождается непрерывным процессом приема, переработки информации и принятия горнорабочим решения, определяемого текущей ситуацией в забое. Таким образом, горнорабочий (машинист) является лицом, принимающим решение по управлению комбайном.

Информация поступает к машинисту в виде сигналов: звуковых, световых и пр. Количество информации, которое может воспринять человек, имеет определенные ограничения, зависящие от его опыта, индивидуальных особенностей, темперамента, эмоционального состояния, типа нервной деятельности, мотивации действий и множества других факторов [1]. Объем поступающей и перерабатываемой информации в первую очередь зависит от количества и сложности управляемых человеком объектов, темпов процесса выемки угля. Производительность процесса добычи в значительной степени зависит от возможностей человека по использованию полученной им информации и определяется объемом его памяти, темпом приема информации, скоростью ее запоминания и извлечения из памяти, длительностью хранения и т.д.

Информация в свою очередь характеризуется не только объемом (количеством), но и качеством. От качества информации во многом зависит обоснованность и оптимальность принятия решения горнорабочим в той или иной складывающейся в процессе выемки угля ситуации. Качество информации принято характеризовать определенностью, точностью, полнотой, четкостью, своевременностью, достоверностью, непротиворечивостью [2]. От данных свойств зависит уровень информированности горнорабочего о текущей ситуации в забое. Для оценки уровня информированности рабочего используют интегральный показатель информированности, который в свою очередь определяется частными показателями информированности, к основным из которых относятся [2]:

- показатель полноты информированности - характеризует соответствие количества получаемой информации необходимому для принятия решения;

- показатель своевременности информированности – определяет, насколько ресурс времени машиниста на формирование и принятие решения соответствует ресурсу времени от момента получения информации до момента реализации решения;

- показатель достоверности информированности - характеризует соответствие полученной машинистом информации истинному состоянию складывающейся ситуации.

Показатель полноты информированности определяется по формуле:

$$I_{\Pi} = \frac{\Pi - \Pi^{-}}{\Pi^{+} + \Pi^{-}}, \quad (1)$$

где  $\Pi^{+}$ ,  $\Pi^{-}$  - максимально целесообразный и минимально допустимый объем информации, необходимый для принятия решения;  $\Pi$  - текущий объем информации, полученный машинистом.

Показатель своевременности информированности определяется по формуле:

$$I_{T} = 1 - \frac{R_{fk} + R_{rk}}{2}, \quad (2)$$

где  $R_{fk}$  - временной ресурс формирования решения равный

$$R_{fk} = \frac{T_{fk} - T^{-}}{T^{+} - T^{-}}, \quad (3)$$

$R_{rk}$  - временной ресурс реализации решения, равный

$$R_{rk} = \frac{T^{+} - T_{rk}}{T^{+} - T^{-}}, \quad (4)$$

где  $T_{fk}$  - длительность периода от момента начала формирования решения  $t_{fn}$  (момента получения информации  $t_0$ , при  $t_{fn} = t_0$ ) до момента его окончания  $t_{fk}$ ;

$T_{rk}$  - длительность периода от момента начала формирования решения до момента его реализации;  $T^{-}$ ,  $T^{+}$  - соответственно минимально и максимально возможная длительность периода формирования решения.

Показатель уровня достоверности информированности определяется по формуле:

$$I_{D} = \frac{D - D^{-}}{D^{+} - D^{-}}, \quad (5)$$

где  $D^+$ ,  $D^-$  - соответственно максимальный и минимальный, практически целесообразный уровень достоверности информированности;  $D$  - текущая величина достоверности информированности машиниста.

Качественные показатели информированности  $I_{\Pi}$ ,  $I_T$  и  $I_D$  изменяются в пределах  $[0,1]$  и определяются путем нормирования текущих значений  $\Pi$ ,  $T_{jk}$ ,  $T_{rk}$  и  $D$  относительно заданных (допустимых) интервалов  $\Pi^+$ ,  $\Pi^-$ ,  $T^+$ ,  $T^-$ ,  $D^+$ ,  $D^-$  их изменения, количественные значения которых целесообразно определять на основании метода экспертных оценок [2,3].

Показатели уровня полноты, своевременности и достоверности в совокупности характеризуют качество информированности машиниста о текущей ситуации в процессе выемки угля. Общий уровень информированности машиниста можно оценивать интегральным показателем информированности  $I$ , являющимся мультипликативной функцией частных показателей [2]:

$$I = f(I_{\Pi})f(I_T)f(I_D). \quad (6)$$

Общий уровень информированности является нелинейной функцией каждого из частных показателей  $I_i$ , и описывается выражением:

$$I = f(I_i) = \ln(1 + I_i). \quad (7)$$

Процесс выемки угля высоконагруженными лавами представляет собой совокупность состояний системы «машинист - выемочный комбайн НТУ», каждое из которых характеризуется определенным набором показателей: параметров внешних воздействий  $Y$ , внутренних параметров системы «машинист – выемочный комбайн НТУ»  $X$ , управляющими параметрами  $U$ , параметрами воздействия факторов риска  $R$ . Если все показатели в процессе выемки угля находятся в априори заданных интервалах:  $Y \in Y^{\pm} \cap X \in X^{\pm} \cap U \in U^{\pm} \cap R \in R^{\pm}$ , то такой режим является штатным. Если хоть один из показателей не принадлежит априори заданному интервалу  $Y \notin Y^{\pm} \cup X \notin X^{\pm} \cup U \notin U^{\pm} \cup R \notin R^{\pm}$ , то процесс переходит в нештатный (критический, чрезвычайный, аварийный, катастрофический) режим функционирования. Основными параметрами, характеризующими процесс перехода (переходной процесс) из штатного режима в нештатный являются параметры множества  $R$  - факторы риска.

Факторы риска характеризуются степенью риска  $\eta$  - вероятностью перехода процесса функционирования системы из штатного режима в нештатный и уровнем риска  $W$  – величиной ущерба нежелательного воздействия параметров множества  $R$ . В свою очередь  $\eta$  - вероятность перехода процесса из штатного в нештатный режим под воздействием факторов множества  $R$  зависит от изменения уровня информированности машиниста, определяемого интегральным показателем информированности  $I$ . Таким образом, степень риска является функцией информированности машиниста  $\eta = f(I)$ . Очевидно, что с увеличе-

нием уровня информированности вероятность перехода процесса в нештатный режим снижается.

Зависимость  $\eta = f(I)$  является нелинейной, что обуславливается неравномерностью увеличения степени риска с увеличением темпов каждого из частных показателей информированности. Так, если информация обладает определенной полнотой, своевременностью и достоверностью, то даже небольшое ее количество существенно для процесса принятия решения. В процессе поступления и накопления информации ее ценность постепенно снижается. Таким образом, темпы (скорость) увеличения ценности информации сначала возрастают, а в процессе ее накопления постепенно стабилизируются. Процессы подобного рода наилучшим образом описываются логарифмической функцией. Учитывая вышеизложенное, зависимость вероятности перехода процесса выемки угля из штатного в нештатный режим от уровня информированности машиниста описывается функцией вида:

$$\eta = 1 - \ln(I), \quad (8)$$

или, с учетом (6),:

$$\eta = 1 - \ln(1 + I_{\Pi} I_{T} I_{D}). \quad (9)$$

На практике удобно пользоваться известной из теории надежности величиной противоположной  $\eta$  - вероятностью безотказной работы, равной:

$$P = 1 - \eta = \ln(1 + I_{\Pi} I_{T} I_{D}). \quad (10)$$

Величина  $P$  характеризует надежность функционирования системы «машинист – выемочный комбайн НТУ» в зависимости от уровня информированности машиниста, определяемого частными показателями информированности  $I_{\Pi}$ ,  $I_{T}$ ,  $I_{D}$ . В свою очередь показатель своевременности информированности зависит от временных периодов принятия и реализации решения.

Параметр  $T_{jk}$  – длительность периода от момента получения информации до момента окончания формирования решения (времени принятия решения) во многом определяется индивидуальными особенностями горнорабочего. К такому необходимо отнести опыт, квалификацию, навыки, темперамент, эмоциональное состояние и пр. Данные психофизические параметры определяют время принятия решения горнорабочим.

В работе [1] приводится зависимость времени латентного периода реакции человека (времени от момента появления сигнала до начала движения, времени принятия и переработки информации) от его психофизических особенностей, основанная на разработанной авторами работы теории переработки информации памятью человека. Согласно данной модели время реакции человека на раздражитель можно определить по формуле:

$$t_* = T \ln \left( 1 + \frac{\varphi}{RT} \right), \quad (11)$$

где  $R$  - темп поступления информации в память (приема информации памятью), ед/с;  $\varphi$  - некоторое конечное количество информации, хранящееся в памяти по истечении достаточно большого промежутка времени, ед;  $T$  - постоянная времени переработки информации памятью, с.

Так, авторами отмечено, что увеличение количества  $I$  предъявляемой и усвоенной информации эквивалентно увеличению параметра  $\varphi$ . Влияние опыта либо квалификации (навыка) человека определяется темпом воспринимаемой памятью информации  $R$ , т.к. при большем опыте предъявляемая информация усваивается с большим темпом. Имеет место зависимость увеличения времени принятия человеком решения с увеличением количества предъявляемой информации и уменьшения времени принятия решения с повышением его опыта и уровня квалификации. Постоянную времени  $T$  следует рассматривать, как влияние эмоционального состояния, темперамента личности, индивидуальных психофизиологических особенностей машиниста на процесс приема-переработки информации и принятия решения.

Учитывая вышеизложенное, длительность  $T_{fk}$  периода от момента начала формирования решения (момента получения информации) до момента его окончания эквивалентно времени латентного периода реакции ( $T_{fk} \equiv t_*$ ) и определяется выражением (11).

С учетом (11) формула для определения ресурса времени на формирование решения приобретает следующий вид:

$$R_{fk} = \frac{T \ln \left( 1 + \frac{I}{RT} \right) - T^-}{T^+ - T^-}. \quad (12)$$

Таким образом, вероятность безотказной работы системы «машинист – выемочный комбайн НТУ» с учетом психофизических параметров, качественных и количественных характеристик информированности горнорабочих задается выражениями (1) – (12).

Применительно к звену горнорабочих вероятность безотказной работы системы «звено ГРОЗ – очистной комплекс», в предположении независимости отказа системы от действий каждого из рабочих, равна произведению вероятностей их безотказной работы:

$$P = \prod_{i=1}^n P_i = \prod_{i=1}^n \ln \left( 1 + I_{mi} I_{ti} I_{di} \right), \quad (13)$$

где  $n$  - число горнорабочих комплексной бригады, осуществляющей добычу угля.

При одинаковой вероятности безотказной работы каждого из рабочих комплексной бригады, в предположении, что данные события образуют полную группу, формула (13) принимает вид:

$$P = \ln(1 + I_{\Pi} I_T I_{Д})^n. \quad (14)$$

Рассматривая (14) как интегральный показатель надежности (работоспособности) функционирования системы «звено ГРОЗ – очистной комплекс» в течение добычной смены, производительность выемочного комбайна (уровень добычи высоконагруженного забоя) будет определяться выражением:

$$q = mb\gamma v_n P = mb\gamma v_n \ln(1 + I_{\Pi} I_T I_{Д})^n, \quad (15)$$

где  $m$  - вынимаемая мощность пласта, м;  $b$  - ширина захвата выемочного комбайна, м;  $v_n$  - скорость подачи выемочного комбайна, м/мин;  $\gamma$  - объемная плотность угля, т/м<sup>3</sup>.

С помощью разработанного алгоритма моделирования проведены исследования влияния психофизических параметров машиниста на производительность выемочного комбайна. Исходные данные моделирования приведены в табл. 1.

Основные закономерности изменения производительности выемочного комбайна НТУ представлены на рис. 1. Анализ зависимостей свидетельствует о следующем: производительность системы «машинист – выемочный комбайн НТУ» уменьшается в логарифмической зависимости с увеличением количества передаваемой машинисту информации, увеличивается в логарифмической зависимости от параметра, характеризующего навыки, опыт, квалификацию машиниста и линейно возрастает с увеличением ресурса времени реализации решения и показателя уровня достоверности информированности.

Таблица 1 – Исходные данные моделирования

Параметр, обозначение	Ед. изм.	Значение (диапазон)
1. Вынимаемая мощность пласта, $m$	м	1
2. Ширина захвата выемочного комбайна, $b$	м	0,63
3. Средняя скорость подачи выемочного комбайна, $v_n$	м/мин	5
4. Объемная плотность угля, $\gamma$	т/м <sup>3</sup>	1,5
5. Длительность периода от момента начала формирования решения до момента его реализации, $T_{rk}$	с	4-17
6. Минимально возможная длительность периода формирования решения, $T^-$	с	1
7. Максимально возможная длительность периода формирования решения, $T^+$	с	20
8. Темп поступления информации в память (приема информации памятью), $R$	ед/с	2-15
9. Конечное количество информации, хранящееся в памяти по истечению достаточно большого промежутка времени, $\varphi$	ед	10-75
10. Постоянная времени переработки информации памятью, $T$	с	2
11. Показатель уровня полноты информированности, $I_{\Pi}$	-	0,1-0,9
12. Показатель уровня достоверности информированности, $I_{Д}$	-	0,1-0,9

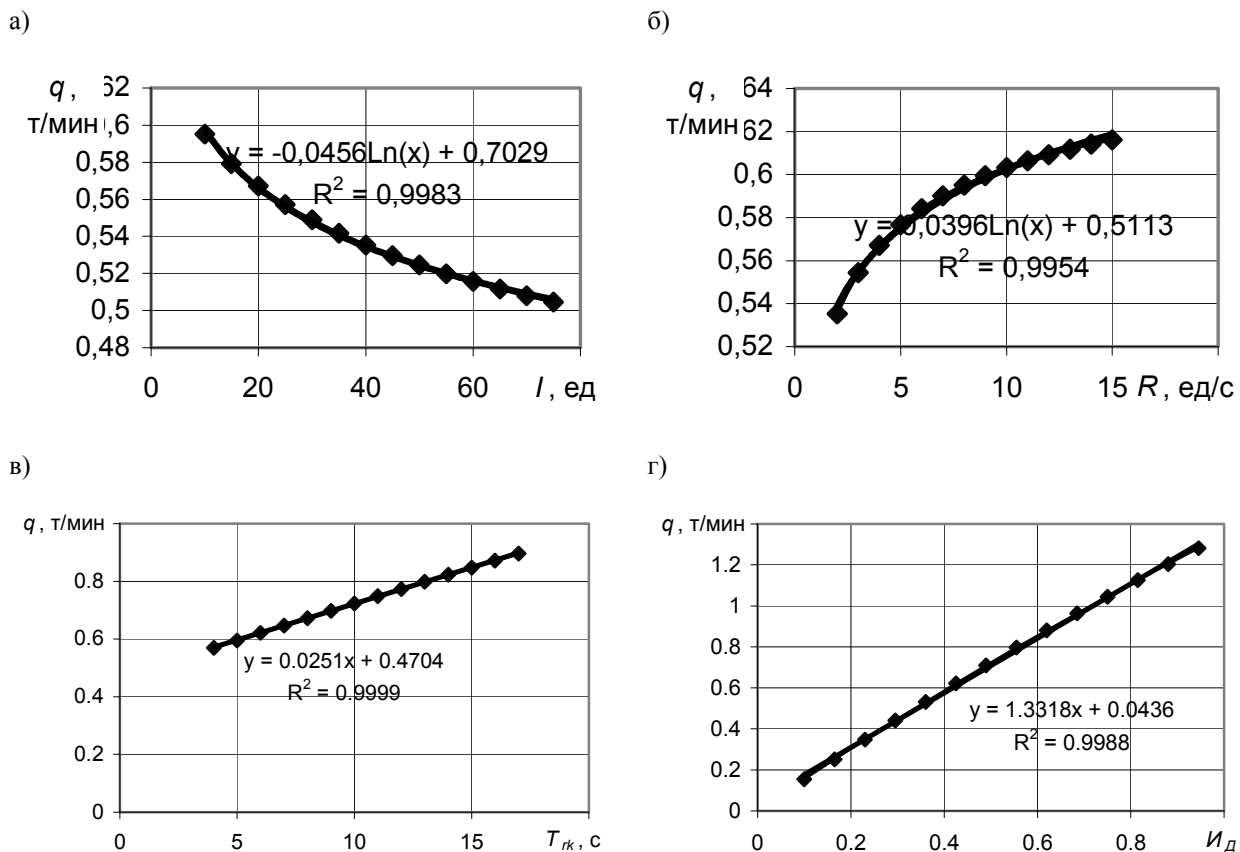


Рис. 1 – Зависимости производительности выемочного комбайна от количества передаваемой машинисту информации (а); параметра, характеризующего навыки, опыт, квалификацию машиниста (б); временного ресурса реализации решения (уровня развития системы обеспечения безопасности процесса выемки) (в); показателя уровня достоверности информированности (г)

Следует отметить, что производительность наиболее существенно возрастает с увеличением параметров  $T_{рк}$  и  $И_д$ . Логарифмический характер зависимостей свидетельствует о том, что существуют пределы повышения производительности, обусловленные психофизическими параметрами горнорабочих. Следовательно, какой бы ни была высокой квалификацией машиниста, производительность процесса не будет повышаться бесконечно, что обусловлено имеющими место ограничениями, накладываемыми параметрами  $T_{рк}$ ,  $И_д$ ,  $И_п$ . При увеличении параметра  $T_{рк}$  возможно существенное линейное повышение производительности. Параметр  $T_{рк}$  характеризует уровень совершенства системы безопасности процесса выемки угля и автоматизации процесса управления комбайном. Так, более совершенная система безопасности обеспечивает человеку больший резерв времени на реализацию решения, что также эквивалентно повышению уровня автоматизации процесса управления комбайном - передачи части функций машиниста «автопилоту» выемочного комбайна. Другим важным путем повышения производительности и безопасности процесса выемки угля является управление качественными характеристиками информации. Данное обстоятельство особенно характерно для высоконагруженных лав, в кото-



рых темпы процессов выемки существенно выше, чем в обычных забоях. Таким образом, для условий высоконагруженных забоев более высокие темпы процесса выемки угля сокращают резерв времени на реализацию и принятие решения горнорабочим, а использование элементов автопилотирования позволит человеку затрачивать большее время на формирование и принятие наиболее оптимального решения.

Учитывая вышеизложенное, повышение производительности системы «машинист – выемочный комбайн НТУ» в условиях высоконагруженных лав должно обеспечиваться комплексом мероприятий по оценке влияния психофизических особенностей горнорабочих на эффективность процессов добычи; при этом приоритетным является совершенствование системы управления безопасностью с включением элементов автопилотирования выемочным комбайном, полнота и достоверность информированности о мероприятиях по повышению квалификации горнорабочих, управляющих очистным комплексом. Принимая во внимание обратную пропорциональность производительности комбайна количеству информации и прямую ее качеству, на практике необходимо руководствоваться принципом необходимости и достаточности информации, поступающей к горнорабочим, для принятия и реализации наиболее оптимального решения в конкретной складывающейся в процессе выемки ситуации.

Выводы.

- необходимость совершенствования научно-прикладных методов исследования процессов функционирования сложной технологической системы «человек – техника - технология» в условиях высоконагруженных лав обуславливает актуальность задачи моделирования влияния психофизических параметров горнорабочих на производительность системы «машинист – выемочный комбайн НТУ» и установления закономерностей изменения показателей эффективности работы такой системы от индивидуальных особенностей горнорабочих;

- разработан новый алгоритм моделирования системы «машинист - выемочный комбайн НТУ» в условиях высоконагруженных лав, учитывающий влияние психофизических параметров человека, интегрального уровня его информированности, качественных характеристик и количества поступающей к нему информации на производительность выемочного комбайна НТУ;

- установлены закономерности изменения производительности выемочного комбайна от психофизических параметров машиниста, качественных характеристик информации и ее количества. Показано, что производительность системы «машинист – выемочный комбайн НТУ» уменьшается в логарифмической зависимости с увеличением количества передаваемой машинисту информации, увеличивается в логарифмической зависимости от параметра, характеризующего навык, опыт, квалификацию машиниста и линейно возрастает с увеличением ресурса времени реализации решения (уровня развития системы обеспечения безопасности процесса выемки) и показателя уровня достоверности информированности;

- повышение производительности системы «машинист – выемочный комбайн НТУ» в условиях высоконагруженных лав должно обеспечиваться комплексом мероприятий по оценке влияния психофизических особенностей гор-

норабочих на эффективность процессов добычи, при этом приоритетным является совершенствование системы управления безопасностью с включением элементов автопилотирования выемочным комбайном и повышения уровня полноты и достоверности информированности над мероприятиями по повышению квалификации горнорабочих, управляющих очистным комплексом. На практике необходимо руководствоваться принципом необходимости и достаточности информации, поступающей к горнорабочим, для принятия и реализации наиболее оптимального решения в конкретной складывающейся в процессе выемки ситуации.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Приснякова Л.М. Нестационарная психология. - Киев: Днипро, 2002. – 255 с.
2. Згуровский М.З., Панкратова Н.Д. Системный анализ: проблемы, методология, приложения. – Киев: Наукова думка, 2005. - 744 с.
3. Бешелев С.Д., Гурвич Ф.Г. Математико-статистические методы экспертных оценок. - М: Статистика, 1980. - 263 с.

УДК 551.735:58.081.33:561(477.61/62)

Инж. М.Г. Панкова (ДО УкрГГРИ)

### **РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ РАСТЕНИЙ-УГЛЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ КАРБОНА ДОНБАССА ПО ПАЛИНОЛОГИЧЕСКИМ ДАННЫМ**

Наведено дані щодо рослин-вуглеутворювачів Донбасу, які були встановлені на основі виявлених генетичних зв'язків з палинологічними комплексами.

### **PLANTS STUDY RESULTS, FROM WHICH THE COALS WERE GENERATED DONBASS ON PALYNOLOGIE DATA**

In article cite data of plants, which partook of education of Donbass coal, which studied on exposure base of their genetic ties with palynologie complexes.

Проведенные исследования [1-3] показали, что при изучении растений-углеобразователей карбона, и в особенности раннекаменноугольного возраста, необходимо проведение палинологических исследований, так как зачастую имеет место отсутствие в этих пластах фитеральных остатков, по которым можно судить о составе и структуре растительных сообществ-углеобразователей. Для этого были обобщены литературные данные о встречающихся в углях нижнего и среднего карбона дисперсных микроспорах, которые обнаружены в органах спороношения в разное время. Такие материалы, содержатся в сводных работах Р. Потонье, опубликованных в различных палеонтологических и геологических изданиях [4, 5]. Это дало возможность выявить генетические связи микроспор, утановленных по искусственной (формальной) классификации с растениями, принадлежность которых определена с помощью естественно-морфологической классификации (табл. 1).

В результате установлено, что основными углеобразующими растениями карбона Донецкого бассейна были древовидные и травянистые плауны, древовидные, лианоподонные, вьющиеся, лазающие формы членистостебельных, древовидные папоротники и, по-видимому, кордаиты, которые, судя по степени