

4. Цой П.В. Методы расчёта задач тепломассопереноса. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 416 с.
5. Шорин С.Н. Теплопередача. – М.: Госстройиздат, 1952. – 490 с.
6. Метод определения защитной способности изолирующих костюмов / Карпекин В.В., Диденко Н.С., Зрелый Н.Д., Костюкова В.И. // Горноспасательное дело: Сб. науч. трудов / НИИГД. – Донецк, 1991. – С. 10-14.

© Онасенко А.А. 2004

УДК 504:553.499 (477.6)

КОРЧЕМАГИН В.А., ПАНОВ Ю.Б. ГУНЧЕНКО В.В. ШКВАР А.С.

## ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ РТУТЬЮ СРЕДЫ НА НИКИТОВСКОМ РУДНОМ ПОЛЕ И В ДОНБАССЕ

*В данной статье приведены новые сведения о содержании ртути в углях Донбасса на основании результатов исследований в 2004, проведенных специалистами кафедры "ПИ и ЭГ" совместно с американскими учеными. Полученные выводы указывают на то, что угли вокруг Никитовского рудного поля содержат рассеянные ореолы ртути и, следовательно, их нельзя использовать в промышленных и бытовых целях. В работе представлена 1 таблица и 2 рисунка.*

Донбасс является одним из крупнейших горнорудных районов Европы и всего мира, где за более 200 лет промышленной разработки добыто свыше 8 млрд. т каменных углей и антрацитов. Основа существования региона – его минерально-сырьевые ресурсы. Однако всё возрастающее техногенное воздействие на природную среду обитания, связанное с разработкой углей и других полезных ископаемых, развитием металлургической, коксохимической, строительной и иных видов промышленности, работой ТЭЦ, сжигающих каменный уголь, и других производств создало в Донбассе весьма напряжённую экологическую обстановку. Она негативно сказывается не только на природных ландшафтах, водной и воздушной среде, но и здоровье людей, а также продолжительности жизни. Донецкий бассейн является зоной экологического бедствия. В ряде населенных пунктов население явно токсичировано. В Горловке, где расположен Никитовский ртутный комбинат, отмечена повышенная возбужденность и неаргументированная агрессивность людей. По имеющимся данным в этом районе количество ртути в почвах достигает 15-20 мг/кг, что негативно влияет на здоровье жителей [1].

В данной статье излагаются экологические последствия долговременной добычи ртути на Никитовском рудном поле. На основании полученных результатов опробования угольных пластов, золы растений и почв сделаны соответствующие выводы о загрязнении окружающей среды.

Никитовское рудное поле расположено в центральной части Донецкого бассейна на территории Горловского и Дзержинского районов Донецкой области. Оно вытянуто в северо-западном направлении на расстояние около 20 км вдоль присводового участка Горловской антиклинали, являющейся наиболее разведанной частью Главной антиклинали Донбасса. Породы на крыльях антиклинали падают к северу под углом 55-60°, к югу-65-70°.

Рассматриваемая площадь сложена угленосной толщей среднего (свиты  $C_2^2$ ,  $C_3^2$ ,  $C_4^2$ ,  $C_5^2$ ,  $C_6^2$ ,  $C_7^2$ ) и верхнего ( $C_3^1$  и  $C_3^2$ ) карбона общей мощностью около 5 км. Представлена она чередованием песчаных и глинистых сланцев, песчаников, углей и известняков. Пласты углей достигают рабочей мощности, вместе с известняками они имеют подчиненное значение, но являются надежными маркирующими горизонтами. Наиболее подробно описаны свиты  $C_2^2$  и  $C_3^2$ , включающие основные рудоносные горизонты песчаников – Чегарникских 1-х ( $G_3^1 Sg_2$ ), Софиевских ( $h_1 Sh_3$ ) и Чернобугорских ( $h_{10} SI_1$ ).

Складчатая структура нарушена разломами. Наиболее четко выражены продольные (северо-западные), кососекущие и поперечные нарушения. Никитовское рудное поле ограничено от крыльев Горловской антиклинали, разрабатываемых угольными шахтами, продольными восточнопадающими разрывами: Секущим и Софиевским Новым.

Наиболее дислоцированными являются присводовые участки Горловской антиклинали. Здесь отчетливо выделяются серия наложенных складчатых структур второго порядка (“куполов”). Наиболее важное значение в рудораспределении имеет центральная группа весьма подобных друг другу локальных складок. С запада на восток прослеживаются “купола”: Черный бугор, Черная курганка, Катунка, Софиевский и Новый (рис. 1). Эти структуры располагаются на равных расстояниях друг от друга (1,4 км), шарниры их повернуты относительно оси антиклинали против часовой стрелки на углы от 30 до 60°. К востоку и западу от центральной части рудного поля размещены по две более крупных наложенных структуры, соответственно Дылеевская и Дзержинская, Чегарникская и Кировская.

На Никитовском рудном поле выделяются следующие структурно-морфологические типы рудных тел: пластообразные залежи; пластовые рудные тела; поперечные, продольные и диагональные “жилы”, а также седловидные залежи (рис 2). Пластообразные залежи располагаются на северном крыле антиклинали вдоль пересечения разрыва “Секущая” с рудоносными горизонтами песчаников. Пластовые рудные тела размещены на северном, но отмечаются и на южном крыле антиклинали. Диагональные “жилы” распространены на участках северного крыла складки и контролируются сколовыми трещинами субмеридионального простирания, наклоненными к западу под углом 40-60°. Продольные и поперечные “жилы” приурочены к соответствующим трещинам отрыва, развитым на присводовых участках антиклинали. Седловидные рудные залежи размещены в шарнирных частях складок второго порядка [2].

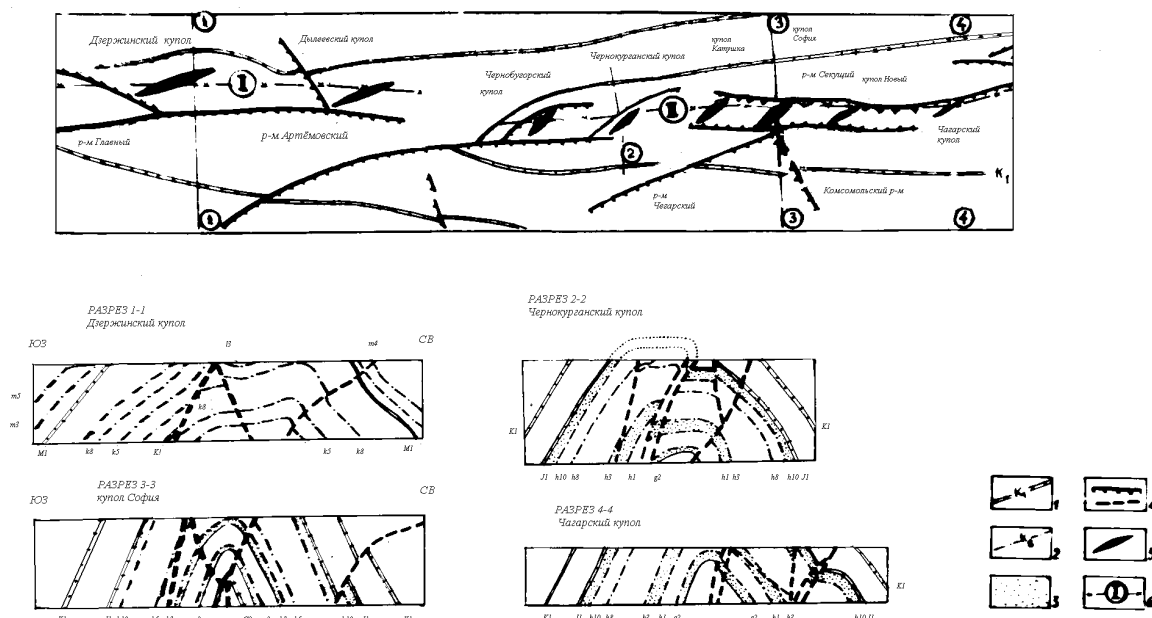
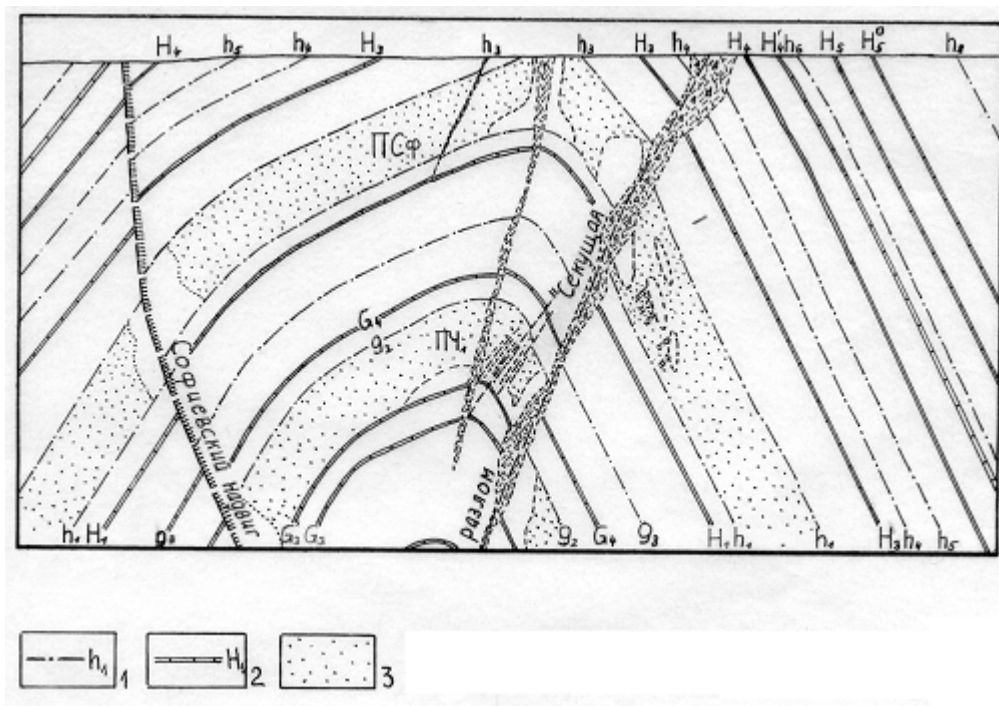


Рис. 1. Тектоническая схема Никитовского рудного поля.

- 1-пласт известняков;
- 2-пласт углей;
- 3-пласт песчаников;
- 4-разрывные нарушения;
- 5-куполообразные складки второго порядка;
- 6-линии разрывов.

На размещение промышленных месторождений ртути решающее влияние оказывали крупные разломы типа Осевого, Секущего, Железнянского и др. По лабиринту ветвящихся трещин растворы устремлялись из глубоких горизонтов вверх. В сводовые части куполов, где возник большой объем трещин, должно было подойти максимальное количество растворов. Здесь на своем пути они встречали препятствия в виде углисто-глинистого материала продольных трещин и покрывающих глинистых сланцев. В таких участках происходила концентрация растворов и последующая кристаллизация содержащихся в них веществ.



**Рис. 2.** Виды рудных тел.

- 1-пласты углей;
- 2-пласты известняков;
- 3-пласты песчаников.

В состав Никитовского рудного поля входят несколько месторождений, приуроченных к куполообразным складкам второго порядка, которые разрабатывались карьерным способом [2,3]. Центральная часть рудного поля вскрыта двумя шахтными стволами до глубины 600 метров. В состав комбината входил также металлургический завод, расположенный в северо-западной части рудного поля. В 90-х годах добыча ртути была прекращена, но осталась довольно экологически нарушенная территория. Всего на Никитовском рудном поле было добыто более 30000 т ртути. Ртуть – элемент первого класса опасности, входящий в группу наиболее активных загрязнителей почв и других компонентов окружающей среды. Она имеет высокие миграционные свойства. В периоды тектонической активизации ртуть поступала из мантии по глубинным разломам и образовывала не только ртутные месторождения, но и рассеивалась в породах угленосной толщи. Неслучайно в углях Донбасса содержание ртути достигает 0,5г/т и более [4]. Таким образом, Никитовские месторождения-гидротермальное, рудообразующие металлы имеют ювенильную природу [1]. Ртутное оруденение альпийского возраста.

Экологическое загрязнение среды на рудном поле явилось следствием трех главных причин. Во-первых, оно обусловлено работой завода. В почве окружающей территории, отстойнике и в золе растений обнаружены повышенные концентрации ртути, которые превышают фоновые в 10-15 раз. Сильно загрязнена местность к западу и северо-западу от рудного поля, что объясняется преобладанием восточных и юго-восточных ветров. Во-вторых, источником загрязнения является обогащенный ртутью уголь, который перерабатывается на коксохимических заводах. Особенно много вреда причинил завод, расположенный на территории полукупола Новый (ныне закрытый) и один из самых крупных в Европе и мире завод в Авдеевке (ныне действующий). В настоящее время Авдеевский коксохимический завод не применяет угли, добываемые в Никитовке. Третий источник - угли, используемые на теплоэлектростанциях для сжигания в печах. Славянская и Углегорская электростанции длительное время применяли уголь, добытый на территории Горловского района. Через дымовые трубы ртуть поступала в атмосферу, а затем оседала на почву вокруг электростанций. При сильных дождях и таянии снега ртуть вместе с частицами почвы смывалась в водоемы и реки, что вызвало повышение содержания ртути и в воде.

С целью установления геохимического фона в Донбассе отобрано несколько тысяч проб

углей и горных пород. Было показано, что в углях, располагающихся вокруг рудных полей, местный геохимический фон изменяется от 0,06 до 0,07 г/т. Местный фон ртути в почвах на Никитовском месторождении 1,7 г/т, что во много раз превышает ее кларк. Такой уровень определяется интенсивным выветриванием пород и накоплением киновари в почве. По мере удаления от Никитовского рудного поля местный фон ртути в углях уменьшается.

Изучение ртутоносности углей проводилось на значительной территории Донбасса. При опробовании на ртуть углей карбона особое внимание уделялось свитам  $C^2_2$ ,  $C^3_2$ ,  $C^5_2$  и  $C^6_2$ , относящимся к вмещающим толщам ртутных проявлений. Высокие концентрации ртути отмечены в свитах  $C^2_2$ ,  $C^3_2$  и  $C^5_2$ , которые вмещают большую часть известных месторождений ртути. Именно этим объясняется наиболее высокие содержания ртути в отдельных пластах Горловской антиклинали.

В отдельных пластах угля ( $h_5$ ,  $h_6$ ,  $h_{10}$ ) ртуть образует ореолы с содержанием, в сотни раз превышающими фон в Донбассе. Из 11 опробованных участков пачек угля пласта  $h_5$  и пород подошвы и кровли в шести наблюдается более высокое содержание ртути в углях, а в некоторых разрезах это превышение составляет 5-6 раз. Выявленная закономерность концентрации ртути в угольных пластах подтверждается повышенными содержаниями мышьяка, сурьмы, бария, молибдена и других элементов, втекающихся на ртутных месторождениях в качестве ассоциирующих элементов-минералообразователей или в виде примесей в минералах.

Вокруг Никитовского рудного поля на расстоянии 3-4 км в угольных пластах свит  $C^3_2$ - $C^7_2$  на глубинах 300-800 м содержание ртути остается довольно высоким. На локальных участках пластов оно достигает  $n \cdot 10^{-4}$  -  $n \cdot 10^{-3}$  %, площадь ореола с высоким ее содержанием составляла 20 км<sup>2</sup>. Высокое содержание ртути в пластах углей сохраняется на значительном удалении от ртутных месторождений, тяготея к апикальной части восточного замыкания Горловской антиклинали [5].

Опробывание угольных пластов Донбасса проводилось с целью оценки степени обогащения металлами углей и потенциального воздействия их утилизации на окружающую среду. Эти исследования проводились Дворниковым в 80-х годах, а также специалистами кафедры "ПИ и ЭГ" ДонНТУ в сотрудничестве с американскими учеными в 2004. Результаты проведенной работы представлены в таблице 1, из которой видно, что некоторые пробы угля существенно обогащены токсичными металлами относительно действующих стандартов для углей. Угли из Никитовки не могут использоваться для бытовых и иных целей. Большую опасность для окружающей среды представляют обширные шахтные отвалы и бывший ртутный завод в Никитовке, а также многочисленные угольные терриконы Донбасского региона [4]. Значительное содержание паров ртути было выявлено в г. Горловки, особенно вблизи Никитовского ртутного комбината: от 155-300 до 1427-1680 мкг/л, что является причиной ртутной интоксикации жителей этого района, их повышенной заболеваемостью и детской смертности. Пары ртути сорбируются белковыми молекулами и трансформируются в токсичную метилртуть. Она поражает все органы человека, нарушает иммунную систему и способна накапливаться в плоде беременных женщин [1].

По имеющимся данным ртуть в углях и породах карбона Донбасса встречается в виде сульфидной, самородной калийхлоридной и металлорганической форм. Наличие аномальных концентраций ртути в почвах порождает ее аномалии в поверхностных и подземных водах, а также атмосфере. Изучение подземных вод верхних водоносных горизонтов Донбасса дает основание говорить, что в них сформировалось множество гидрогеохимических аномалий, в которых содержание химических элементов и соединений значительно превышает их предельно допустимые концентрации.

Ртуть образует наиболее крупные техногенные аномалии в подземных водах в районе Никитовского ртутного комбината: до 0,01 мг/л, что в 20-30 раз превышает ПДК. Весьма высокие значения (15-20 ПДК) выявлены также в районе г. Енакиево вблизи коксохимического и металлургического заводов. Гидрохимические аномалии ртути обнаружены также вблизи горящих породных отвалов угольных шахт и металлургических заводов городов Донецк, Макеевка и других до 3-10 ПДК. Гидрогеохимические аномалии ртути в регионе связаны с высокой ее концентрацией в почвах и породах горящих терриконов.

Экологические проблемы в Донбассе накапливались продолжительное время, начиная с 1795 года, когда началась промышленная разработка углей региона и создание различных предприятий горнометаллургического, коксохимического, энергетического, строительного и других комплексов. Негативные изменения окружающей природной среды Донецкой области приобретают необратимый характер, что негативно влияет на здоровье и продолжительность жизни населения. В Донбассе все больше детей рождается с церебральным параличом. Развитию этого несчастья способствуют тяжелые металлы, такие как ртуть и свинец. Отвалы и отстойники Никитовского комбината, содержащие ртуть, свинец и другие токсичные металлы, десятки лет насыщают значительные площади, мигрируют с дождями

и подземными водами на огромные расстояния. Ртуть – нейротропный яд, т.е. поражает преимущественно нервную систему. И женщина, организм которой насыщен этими металлами, в итоге рождает ребенка с церебральным параличом.

Поэтому необходим постоянный мониторинг присутствия ртути в объектах окружающей среды, а также проведение ряда мер по устранению ртутной опасности.

**Табл. 1.** Содержание токсичных металлов в углях Донбасса (элементы-примеси в г/т; в скобках приведены средние значения для углей США).

Проба	Угольный пласт	шахта	Se {2,8}	Pb {1,2}	Hg {0,17}	As {24}	Co {6,1}	Ni {14}	Pb {11}
D-1	h <sub>10</sub> верх	Глубокая <sup>1</sup>	2,1	1,18	1,4	8,51	1,31	7,13	<b>1,09</b>
D-2	h <sub>10</sub> середина	Глубокая <sup>1</sup>	1,4	0,10	0,31	3,68	4,43	8,68	<b>2,29</b>
D-3	h <sub>10</sub> низ	Глубокая <sup>1</sup>	1,5	0,22	0,35	5,42	5,56	14,1	<b>3,31</b>
D-4	h <sub>6</sub> верх	Глубокая <sup>1</sup>	1,8	3,13	1,5	144	1,90	4,73	<b>2,03</b>
D-5	h <sub>6</sub> низ	Глубокая <sup>1</sup>	0,80	0,72	3,5	22,4	8,94	23,7	<b>10,5</b>
D-6	h <sub>4</sub>	Глубокая <sup>1</sup>	0,42	0,09	0,06	1,51	3,76	18,6	<b>4,82</b>
D-7	h <sub>6</sub>	Глубокая <sup>1</sup>	0,84	4,76	2,3	130	5,59	19,8	<b>4,43</b>
D-9	h <sub>8</sub>	Глубокая <sup>1</sup>	<1	0,12	0,07	1,64	4,51	14,7	<b>7,96</b>
O-1	m <sub>3</sub>	Октябрьская <sup>1</sup>	4,7	1,83	0,27	25,4	1,27	4,27	<b>3,34</b>
A-1	k <sub>5</sub>	Артема <sup>2</sup>	1,2	0,29	0,06	15,4	1,94	6,36	<b>1,75</b>
A-2	k <sub>6</sub>	Артема <sup>2</sup>	0,34	0,52	0,05	2,69	4,52	12,9	<b>10,1</b>
N-1	h <sub>10</sub>	Черная курганка <sup>3</sup>	1,5	5,42	25,5	264	4,46	7,39	<b>2,46</b>
N-4A	h <sub>6</sub>	Черная курганка <sup>3</sup>	<1	12,9	22,9	268	12,2	19,4	<b>12,7</b>
N-4B	h <sub>6</sub>	Черная курганка <sup>3</sup>	2,2	6,06	15,6	144	5,48	9,29	<b>4,75</b>
N-5	g <sub>2</sub>	Чегаринки <sup>3</sup>	<1	1,85	12,8	126	2,20	2,77	<b>4,14</b>
G-1	h <sub>8</sub>	Горького <sup>1</sup>	<1	0,04	0,24	1,99	6,59	16,2	<b>4,59</b>
G-2	h <sub>7</sub>	Горького <sup>1</sup>	1,3	0,04	0,06	1,35	5,78	14,3	<b>7,74</b>
G-3	h <sub>8</sub>	Горького <sup>1</sup>	<1	0,02	0,04	0,15	3,39	7,45	<b>2,14</b>
DZ-1	k <sub>3</sub>	Дзержинского <sup>4</sup>	0,56	1,09	0,11	18,4	19,6	58,1	<b>30,6</b>
DZ-2	k <sub>8</sub>	Дзержинского <sup>4</sup>	3,1	5,41	2	208	3,65	9,22	<b>4,76</b>
DZ-3	l <sub>7</sub>	Дзержинского <sup>4</sup>	3,9	5,96	1	51	11,9	28,9	<b>11,9</b>
DZ-4	m <sub>3</sub>	Дзержинского <sup>4</sup>	0,50	0,04	0,02	1,87	1,79	7,08	<b>0,81</b>
VB-1	m <sub>1</sub>	Бажанова <sup>1</sup>	3	0,91	0,21	4,37	8,54	29,3	<b>11,9</b>
VB-2	m <sub>3</sub>	Бажанова <sup>1</sup>	2,6	0,03	0,05	2,85	0,66	2,71	<b>0,81</b>
L-1	k <sub>5</sub>	Лепина <sup>4</sup>	10,3	1,36	0,3	121	1,85	5,1	<b>5,16</b>
YD-1	c <sub>11</sub>	Южнодонбасская <sup>5</sup>	1,6	0,07	0,17	3,23	6,03	13,9	<b>2,90</b>
AT-1	l <sub>2</sub>	Гаевого <sup>4</sup>	2,7	1,04	0,58	26,3	1,58	3,89	<b>0,47</b>
D-1	m <sub>2</sub>	Белицкая <sup>6</sup>	6,6	1,27	0,11	13,4	2,85	8,01	<b>6,41</b>

<sup>1-6</sup> Углепромышленные районы Донбасса: <sup>1</sup>Донецко-Макеевский; <sup>2</sup>Луганский; <sup>3</sup>Никитовский; <sup>4</sup>Центральный; <sup>5</sup>Западный; <sup>6</sup>Красноармейский.

#### Библиографический список

1. **Панов Б. С.** Эколого-геохимические особенности Украины и Донецкого бассейна / Доклады Международной школы “Современные методы эколого-геохимической оценки состояния и изменений окружающей среды”. 2003. С. 203-214.
2. **Victor A. Korchemagin** Tektonik und geologische Entwicklung des Lagerstättenbezirkes von Nikitovka // Freiburger Forschungshefte, С 329, 1977, s. 69-82.
3. **Никольский И. Л.** Геология ртутных месторождений Центрального района Донецкого бассейна. Сталино: Донец. кн. Изд-во, 1959. 76 с.
4. **Панов Б. С., Корчемагин В. А., Панов Ю. Б., Колкер А., Ланда Е. Р., Конко К. М.** Экологическое значение селена, таллия и других микроэлементов в углях Донбасса // Доповіді Національної академії наук України. 2004. №6. С. 193-195.
5. **Дворников А. Г.** Ртутоносность углей Донецкого бассейна. М.: Недр, 1987. 180 с.

© Корчемагин В.А., Панов Ю.Б., Гунченко В.В., Шквар А.С. 2004