УДК 512.542

О характеризации формаций Фишера

С.Н. Воробьев, А.Л. Атрашкевич

Учреждение образования «Витебский государственный университет имени П.М. Машерова»

В работе рассматриваются только конечные группы, если не оговорено противное. Классом Фишера называют класс Фиттинга $\mathfrak{F}$ конечных групп G, удовлетворяющих условию: если $G \in \mathfrak{F}$ и H – подгруппа группы G, содержащая нормальную подгруппу N группы G такую, что H/N является p-группой (*p – некоторое простое число*), *то $H \in \mathfrak{F}$.*

Пусть $\mathfrak{X}$ – нильпотентная формация Фиттинга. Классом Фиттинга F *назовем $\mathfrak{X}$-класс Фишера, если из условия $G \in \mathfrak{F}$, $K \leq H \leq G$ и $H/K \in \mathfrak{X}$, всегда следует, что $H \in \mathfrak{F}$. При этом формация Фиттинга $\mathfrak{X}$ нильпотентна, если $\mathfrak{X}$ состоит из нильпотентных групп. В случае, если $\mathfrak{X} = \mathfrak{N}$ – классу всех нильпотентных групп, то $\mathfrak{X}$-класс Фишера является классом Фишера.*

Основной результат настоящей работы – следующая

***Теорема.** Пусть $\mathbb{P}$ – множество всех простых чисел, $\emptyset \neq \omega \subseteq \mathbb{P}$, $\mathfrak{F}$ – ω-*локальная формация. *Тогда справедливы следующие утверждения:*

1) если f – ω-локальный спутник $\mathfrak{F}$ такой, что $f(a)$ является $\mathfrak{X}$-классом Фишера для всех $a \in \omega \cup \{\omega'\}$, то $\mathfrak{F}$ – $\mathfrak{X}$-класс Фишера;

2) $\mathfrak{F}$ является $\mathfrak{X}$-классом Фишера тогда и только тогда, когда все значения ее канонического ω-локального спутника – $\mathfrak{X}$-классы Фишера.

***Ключевые слова:** класс Фиттинга, класс Фишера, $\mathfrak{X}$-класс Фишера, нильпотентная формация, ω-локальный спутник.*

On Characterization of Fischer Formations

S.N. Vorobyev, A.L. Atrashkevich

Educational Establishment «Vitebsk State P.M. Masherov University»

In this paper all groups are finite if the opposite isn't stated. A Fischer class is a Fitting class of finite G groups which satisfy the condition if a group $G \in \mathfrak{F}$, and H is a subgroup of G, N is a normal subgroup of group G and H/N is a p-group (p is a some prime number), then $H \in \mathfrak{F}$.

Let X– *be a nilpotent Fitting formation. A Fitting class* F *is named a Fischer $\mathfrak{X}$-class if from the condition of $G \in \mathfrak{F}$, $K \trianglelefteq G$, $K \leq H \leq G$ and $H/K \in$ X, always follows, that $H \in$ F. A Fitting formation* X *is nilpotent if* X *consists of nilpotent groups. If case $\mathfrak{X} = \mathfrak{N}$ – class of all nilpotent groups, then a Fischer* X*-class is a Fischer class.*

The basic findings are the following.

***Theorem.** Let* P *– be all primes, $\emptyset \neq \omega \subseteq$ P, and $\mathfrak{F}$ is a ω-local formation. Then the following statements are true:*

1) if f *is the ω-local satellite of $\mathfrak{F}$ such that* f(a) *is a Fischer $\mathfrak{X}$-class for all $a \in \omega \cup \{\omega'\}$, then $\mathfrak{F}$ is a Fischer $\mathfrak{X}$-class;*

2) $\mathfrak{F}$ is Fischer $\mathfrak{X}$-class if and only if all values of its canonical satellite ω-local are Fischer $\mathfrak{X}$-classes.

***Key words:** Fitting class, Fischer class, Fischer $\mathfrak{X}$-class, nilpotent formation, ω-local satellite.*

В работе рассматриваются только конечные группы. В терминологии и обозначениях мы следуем [1; 2]. В исследованиях структуры классов и канонических подгрупп конечных групп во многих случаях определяющую роль играют формации Фиттинга – классы групп, которые одновременно являются формациями и классами Фиттинга (см., например, [1, теорема 3.1] и [2, XI.1]). Напомним, что *формацией* называют класс групп $\mathfrak{F}$, если $\mathfrak{F}$ замкнут относительно гомоморфных образов и подпрямых произведений, а *классом Фиттинга* – класс групп $\mathfrak{F}$, замкнутый относительно нормальных подгрупп и произведений нормальных $\mathfrak{F}$-подгрупп. Напомним, что *классом Фишера* называют класс Фиттинга $\mathfrak{F}$ конечных групп G, удовлетворяющих условию: если $G \in \mathfrak{F}$ и H – подгруппа группы G, содержащая нормальную подгруппу N группы G такую, что H/N является p-группой (p – некоторое простое число), то $H \in \mathfrak{F}$. Уже в 60-е годы прошлого столетия Фишер [3], а позднее Хартли [4] и Хоукс [5], исследуя задачу дуализации теории формаций теории классов Фиттинга, использовали для этих целей классы разрешимых групп G, замкнутые относительно подгрупп вида PN, где P и N – силовская p-подгруппа и нормальная подгруппа G соответственно. В последующем такие классы групп стали называть классами Фишера [4].

В настоящей работе мы находим характеризацию частично локальных формаций, которые являются $\mathfrak{X}$-классами Фишера для случая, когда $\mathfrak{X}$ – нильпотентная формация. В частности, мы обобщаем основной результат работы [6] о том, что ω-локальная формация – класс Фишера тогда и только тогда, когда все значения ее канонического ω-локального спутника – классы Фишера.

Напомним, что пусть $\mathfrak{X}$ – нильпотентная формация. Тогда класс Фиттинга $\mathfrak{F}$ называется $\mathfrak{X}$-*классом Фишера*, если из условия $G \in \mathfrak{F}, K \trianglelefteq G, K \subseteq H \subseteq G$ и $H/K \in \mathfrak{X}$, всегда следует, что $H \in \mathfrak{F}$.

Мы используем концепцию частичной локализации формаций, предложенную в [7], которая состоит в следующем. Пусть ω – некоторое непустое множество простых чисел и ω' – дополнение множества ω во множестве всех простых чисел $\mathbb{P}$. Тогда функцию вида $f\colon \omega \cup \{\omega'\} \to \{$*формации групп*$\}$ называют *ω-локальным спутником* [7]. При этом $Supp(f) = \{a \in \omega \cup \{\omega'\}: f(a) \neq \emptyset\}$ – это носитель ω-локального спутника.

Для произвольного ω-локального спутника f через $LF_\omega(f)$ обозначают класс групп $(G\colon G/O_\omega(G) \in f(\omega')$ и $G/F_p(G) \in f(p)$ для всех $p \in \omega \cap \pi(G))$, где $O_\omega(G)$ и $F_p(G)$ – ω-радикал группы G и p-нильпотентный радикал группы G соответственно.

Формацию $\mathfrak{F}$ называют ω-локальной [7], если $\mathfrak{F} = LF_\omega(f)$ для некоторого ω-локального спутника f. Заметим, что если $\omega = \mathbb{P}$, то ω-локальную формацию называют *локальной*, а ее ω-локальный спутник f – локальным.

В работе доказано, что каждая ω-локальная формация $\mathfrak{F}$ определяется ω-локальным спутником F таким, что $F(\omega') = \mathfrak{F}$ и $F(p) = \mathfrak{N}_p\mathfrak{F}(F_p) \subseteq \mathfrak{F}$ для каждого $p \in \omega$. Такой ω-локальный спутник F называется *каноническим.*

1. Предварительные сведения. Если $\mathfrak{F}$ – непустая формация, то через $G^{\mathfrak{F}}$ обозначают наименьшую нормальную подгруппу группы G, факторгруппа по которой принадлежит $\mathfrak{F}$, и $G^{\mathfrak{F}}$ называют $\mathfrak{F}$-*корадикалом* G. Пусть $\mathfrak{F}$ и $\mathfrak{H}$ – формации. Тогда их произведение называется *классом групп* $\mathfrak{H} = (G\colon G^{\mathfrak{F}} \in \mathfrak{F})$. Известно, что произведение двух любых формаций снова является формацией и операция умножения формаций ассоциативна (см. например, [2, IV, теорема 1.8]).

Ввиду [7] и [8, теорема 2] ω-локальная формация также определяется формулой

$$LF_\omega(f) = (\textstyle\bigcap_{p\in\pi_2} \mathfrak{E}_{p'}) \cap (\bigcap_{p\in\pi_1} \mathfrak{E}_{p'}\mathfrak{N}_p f(p)) \cap \mathfrak{E}_\omega f(\omega').$$

При этом $\pi_1 = Supp(f) \cap \omega$ и $\pi_2 = \omega \setminus \pi_1$.

Если $\mathfrak{X}$ – некоторое множество групп, то символом $form\, \mathfrak{X}$ обозначают наименьшую формацию, содержащую $\mathfrak{X}$.

Пусть $\mathfrak{X}$ – произвольная совокупность групп и p – простое число. Тогда формация

$$\mathfrak{X}(F_p) = \begin{cases} form\,(G/F_p(G)\colon G \in \mathfrak{X}), & \text{если } p \in \sigma(\mathfrak{X}), \\ \emptyset, & \text{если } p \notin \sigma(\mathfrak{X}), \end{cases}$$

где $\sigma(\mathfrak{X})$ – множество всех простых делителей всех групп из $\mathfrak{X}$.

Пусть $\mathfrak{F}$ и $\mathfrak{H}$ – классы Фиттинга. Тогда класс $\mathfrak{F}\mathfrak{H} = (G\colon G/G_{\mathfrak{F}} \in \mathfrak{H})$ называют произведением $\mathfrak{F}$ и $\mathfrak{H}$. Известно, что произведение двух любых классов Фиттинга снова является классом Фиттинга и операция умножения классов Фиттинга ассоциативна [2].

Для доказательства теоремы мы будем использовать следующий результат, полученный в [9, теорема 3.1], который приведем в качестве леммы.

Лемма 1.1. *Пусть $\mathfrak{X}$ – нильпотентная формация. Если $\mathfrak{F}$ и $\mathfrak{H}$ являются $\mathfrak{X}$-классами Фишера, то их произведение $\mathfrak{F}\mathfrak{H}$ – $\mathfrak{X}$-классом Фишера.*

2. $\mathfrak{X}$-классы Фишера и формации

Определение 2.1. *Класс групп $\mathfrak{F}$ назовем формацией Фишера, если он является одновременно формацией и классом Фишера.*

Определение 2.2. *Формацию Фишера назовем ω-локальной (в частности локальной), если $\mathfrak{F}$ является ω-локальной (соответственно локальной) формацией.*

Заметим, что семейство ω-локальных формаций Фишера обширно. Действительно, каждый разрешимый наследственный класс Фиттинга $\mathfrak{F}$ по теореме Брайса, Косси [10] является локальной формацией. Кроме того, очевидно, что в этом случае $\mathfrak{F}$ – класс Фишера и, значит, $\mathfrak{F}$ – формация Фишера. Однако не всякая наследственная локальная формация представляет формацию Фишера. Такой формацией является, например, формация всех сверхразрешимых групп, что показано в [11] (см. пример 1, с. 159–160).

Предварительно приведем в качестве леммы свойства $\mathfrak{X}$-классов Фишера, которые в дальнейшем мы будем использовать.

Лемма 2.3. *Пусть $\mathfrak{X}$ – нильпотентная формация. Тогда справедливо следующее утверждение: если $\{\mathfrak{F}_i \mid i \in I\}$ – множество $\mathfrak{X}$-классов Фишера, то их пересечение $\mathfrak{F} = \bigcap_{i\in I} \mathfrak{F}_i$ является классом Фишера.*

Доказательство утверждения следует непосредственно по определению класса Фишера.

Основной результат работы – следующая

Теорема 2.4. *Пусть* $\emptyset \neq \omega \subseteq \mathbb{P}$, $\mathfrak{F}$ *– ω-локальная формация и* $\mathfrak{X}$ – нильпотентная формация. *Тогда справедливы следующие утверждения:*

1) если f *– ω-локальный спутник* $\mathfrak{F}$ *такой, что* $f(a)$ *является* $\mathfrak{X}$*-классом Фишера для всех* $a \in \omega \cup \{\omega'\}$, *то* $\mathfrak{F}$ *–* $\mathfrak{X}$*-класс Фишера;*

2) является $\mathfrak{X}$*-классом Фишера тогда и только тогда, когда все значения ее канонического ω-локального спутника являются* $\mathfrak{X}$*-классами Фишера.*

Д о к а з а т е л ь с т в о. Докажем утверждение 1). Пусть все значения ω-локального спутника f формации $\mathfrak{F}$ являются $\mathfrak{X}$-классами Фишера. Покажем, что $\mathfrak{F}$ в этом случае также $\mathfrak{X}$-класс Фишера. Так как формация $\mathfrak{F}$ ω-локальна, то по теореме 2 из [8], используя формулу ω-локальной формации [7], получаем, что

$$\mathfrak{F} = (\textstyle\bigcap_{p\in\pi_2} \mathfrak{E}_{p'}) \cap (\bigcap_{p\in\pi_1} \mathfrak{E}_{p'}\mathfrak{N}_p f(p)) \cap \mathfrak{E}_\omega f(\omega'),$$

где $\pi_1 = Supp(f) \cap \omega$, $\pi_2 = \omega \setminus \pi_1$.

Заметим, что фиттингова формация $\mathfrak{E}_p$ является наследственной и поэтому $\mathfrak{E}_{p'}$ – $\mathfrak{X}$-класс Фишера. Следовательно, по лемме 2.3 $\bigcap_{p\in\pi_2} \mathfrak{E}_{p'}$ – $\mathfrak{X}$-класс Фишера. Пусть $p \in \pi_1$.

Рассмотрим теперь произведение классов $\mathfrak{E}_{p'}\mathfrak{N}_p f(p)$. Так как каждый из множителей $\mathfrak{E}_{p'}$, $\mathfrak{N}_p$ и $f(p)$ – $\mathfrak{X}$-класс Фишера, то по лемме 1.1 следует, что произведение $\mathfrak{E}_{p'}\mathfrak{N}_p f(p)$ является $\mathfrak{X}$-классом Фишера. Аналогично заключаем, что произведение $\mathfrak{E}_\omega f(\omega')$ – $\mathfrak{X}$-класс Фишера. Теперь из того, что по лемме 2.3 пересечение любого множества $\mathfrak{X}$-классов Фишера снова является $\mathfrak{X}$-классом Фишера, заключаем, что $\mathfrak{F}$ является $\mathfrak{X}$-классом Фишера. Утверждение 1) доказано.

Докажем утверждение 2). Если все значения канонического ω-локального спутника F формации $\mathfrak{F}$ являются $\mathfrak{X}$-классами Фишера, то $\mathfrak{F}$ – $\mathfrak{X}$-класс Фишера по утверждению 1).

Покажем справедливость обратного утверждения. Пусть $\mathfrak{F}$ – ω-локальная формация Фишера с каноническим ω-локальным спутником F, т.е. $\mathfrak{F} = LF_\omega(F)$. По лемме 1.1 $F(\omega') = \mathfrak{F}$ и $F(p) = \mathfrak{N}_p\mathfrak{F}(F_p)$ для всех $p \in \omega$. Покажем, что все значения ω-локального спутника F являются $\mathfrak{X}$-классами Фишера.

Если $\omega = \mathbb{P}$, то $\mathfrak{F}$ – локальная формация и утверждение верно согласно [2, IX, теорема 3.6 (b)]. Пусть $\omega \subset \mathbb{P}$. Проверим, что в этом случае $F(a)$ является $\mathfrak{X}$-классом Фишера для всех $a \in \omega \cup \{\omega'\}$. Если $a = \omega'$, то $F(\omega') = \mathfrak{F}$ и $F(\omega')$ является $\mathfrak{X}$-классом Фишера по условию. Поэтому остается показать, что $F(p) = \mathfrak{N}_p\mathfrak{F}(F_p)$ – $\mathfrak{X}$-класс Фишера для всех $p \in \omega$. Если $p \in \omega \setminus \sigma(\mathfrak{F})$, то $F(p) = \emptyset$ и утверждение очевидно. Пусть $p \in \omega \cap \sigma(\mathfrak{F})$. В этом случае $\mathfrak{F}(F_p) \neq \emptyset$ и поэтому $F(p) \neq \emptyset$.

Пусть $G \in F(p)$ и $K \trianglelefteq G$, $K \leq H \leq G$. Предположим, что $H/K \in \mathfrak{X}$. Докажем, что $H \in F(p)$. Рассмотрим регулярное сплетение $W = Z_p wr G$. Тогда $W = [Z_p^*]G$, где Z_p^*– базисная группа W. Отсюда следует, что $W/Z_p^* \cong G$. Но $G \in F(p)$. Следовательно, $W \in \mathfrak{N}_p F(p)$. Так как F – канонический ω-локальный спутник $\mathfrak{F}$, то $\mathfrak{N}_p F(p) = F(p) \subseteq \mathfrak{F}$. Таким образом, $W \in \mathfrak{F}$. Ввиду того, что $K \trianglelefteq G$ и $Z_p^* \trianglelefteq W$, следует, что $Z_p^* K \trianglelefteq W$. Действительно, пусть $x = zg \in W$, где $z \in Z_p^*$ и $g \in G$. Тогда $x^{-1}Z_p^*Kx = g^{-1}z^{-1}Z_p^*Kzg$.

Отсюда следует, что $g^{-1}Z_p^*Kzg = g^{-1}KZ_p^*g$ и поэтому $x^{-1}Z_p^*Kx = g^{-1}KgZ_p^* = KZ_p^*$.

Так как $Z_p^*K \leq Z_p^*H$, то $Z_p^*K \trianglelefteq HZ_p^*$. Тогда, используя изоморфизмы

$(HZ_p^*)/(KZ_p^*) = (HKZ_p^*)/(KZ_p^*) \cong H/(H \cap KZ_p^*)$ и $(H/K)/(H \cap KZ_p^*/K) \cong H/(H \cap KZ_p^*)$, заключаем, что $H/(H \cap KZ_p^*) \in \mathfrak{X}$. Итак, $W \in \mathfrak{F}$, $KZ_p^* \triangleleft W$, $KZ_p^* \leq HZ_p^* \leq W$ и $(HZ_p^*)/(KZ_p^*) \in \mathfrak{X}$.

Поскольку по условию $\mathfrak{F}$ является $\mathfrak{X}$-классом Фишера, то $HZ_p^* \in \mathfrak{F}$. Теперь ввиду того, что формация $\mathfrak{F}$ ω-локальна и ее ω-локальный спутник F канонический, получаем, что $\mathfrak{F} \subseteq \mathfrak{E}_{p'}F(p)$.

Следовательно, $HZ_p^* \in \mathfrak{E}_{p'}F(p)$. Но по [2, A, лемма 18.8(a)] $Z_p^*H \cong Z_p^{|G:H|} wr H = W_1$.

Значит, $W_1 = [Z_p^{**}]H$, где Z_p^{**}– базисная группа W_1. Пусть $O_{p'}(W_1)$ – наибольшая нормальная p'-подгруппа группы W_1. Так как базисная группа Z_p^{**} группы W_1 является p-группой, то $O_{p'}(W_1) \cap Z_p^{**} = 1$.

Следовательно, по [2, лемма A, 18.8(b)] (см. также [12, I, раздел 5.4] $O_{p'}(W_1) = 1$ и поэтому $O_{p'}(HZ_p^*) = 1$. Но тогда из $HZ_p^* \in \mathfrak{E}_{p'}F(p)$ следует, что $HZ_p^* = HZ_p^*/O_{p'}(HZ_p^*) \in F(p)$.

Итак, $HZ_p^* \in F(p)$. Следовательно, $HZ_p^*/Z_p^* \cong H/H \cap Z_p^* = H \in F(p)$ и поэтому $F(p)$ $\mathfrak{X}$-класс Фишера. Теорема доказана.

В случае, когда $\omega = \mathbb{P}$, получаем

Следствие 2.5. *Пусть* $\mathfrak{X}$ *– нильпотентная формация. Локальная формация является* $\mathfrak{X}$*-классом Фишера тогда и только тогда, когда все значения ее канонического локального спутника –* $\mathfrak{X}$*-классы Фишера.*

Если $\mathfrak{X} = \mathfrak{N}$, то получаем

Следствие 2.6 [6, теорема 1]. *ω-Локальная формация является классом Фишера тогда и только тогда, когда все значения ее канонического локального спутника – классы Фишера.*

Формацию называют разрешимой, если она состоит из разрешимых групп.

Следствие 2.7 [2, теорема IX. 1.6 (b)]. *Разрешимая локальная формация является классом Фишера тогда и только тогда, когда все ее значения канонического локального спутника формации класса Фишера.*

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Шеметков, Л.А. Формации конечных групп / Л.А. Шеметков. – М.: Наука, 1978. – 272 с.
2. Doerk, K. Finite soluble groups / K. Doerk, T. Hawkes. – Berlin–New York: Walter de Gruyter, 1992. – 891 p.
3. Fischer, B. Klassen konjugierter Untergruppen in endlichen auflosbaren Gruppen / B. Fischer. – Habilitationschrift. Universitat Frankfurt (M), 1966.
4. Hartley, B. On Fischer's dualization of formation theory / B. Hartley // Proc. London Math. Soc. – 1969. – Vol. 3, № 2. – P. 193–207.
5. Hawkes, T.O. A Fitting Class Construction / T.O. Hawkes // Proc. Math. Cambridge Philos. – 1976. – Soc. 80. – P. 437–446.
6. Воробьев, С.Н. О формациях Фишера конечных групп / С.Н. Воробьев // Весці НАН Беларусі. Сер. фіз.-матэм. навук. – 2011. – № 2. – С. 43–49.
7. Скиба, А.Н. Кратко-локальные формации и классы Фиттинга конечных групп / А.Н. Скиба, Л.А. Шеметков // Матем. труды. – 1999. – Т. 2, № 2. – С. 114–147.
8. Ведерников, В.А. ω-Веерные формации и классы Фиттинга конечных групп / В.А. Ведерников, М.М. Сорокина // Матем. заметки. – 2002. – Т. 71, вып. 1. – С. 43–60.
9. Атрашкевич, А.Л. О произведении $\mathfrak{X}$-классов Фишера / А.Л. Атрашкевич, Н.Т. Воробьев // Весн. Віцебск. дзярж. ун-та. – 2016. – № 3. – С. 5–9.
10. Bryce, R.A. Metanilpotent Fitting Classes / R.A. Bryce, J. Cossey // Math. Z. – 1972. – Bd. 127, № 3. – S. 217–223.
11. Монахов, В.С. Введение в теорию конечных групп и их классов / В.С. Монахов. – Минск: Вышэйшая школа, 2006. – 207 с.

R E F E R E N C E S

1. Shemetkov L.A. *Formatsii konechnikh grupp* [Finite Group Formations], M., Nauka, 1978, 272 p.
2. Doerk, K. Finite soluble groups / K. Doerk, T. Hawkes. – Berlin–New York: Walter de Gruyter, 1992. – 891 p.
3. Fischer, B. Klassen konjugierter Untergruppen in endlichen auflosbaren Gruppen / B. Fischer. – Habilitationschrift. Universitat Frankfurt (M), 1966.
4. Hartley, B. On Fischerʾs dualization of formation theory / B. Hartley // Proc. London Math. Soc. – 1969. – Vol. 3, № 2. – P. 193–207.
5. Hawkes T.O. // Proc. Math. Cambridge Philos, 1976. Soc. 80. P. 437–446.
6. Vorobyev S.N. *Vestsi NAN Belarusi Ser. fiz.-matem. navuk* [Newsletter of NASc of Belarus. Physical and Mathematical Sciences], 2011, 2, pp. 43–49.
7. Skiba A.N., Shemetkov L.A. *Matem. Trudi* [Mathematical Works], 1999, 2, pp. 114–147.
8. Vedrnikov V.A., Sorokina M.M. *Matem. zametki* [Mathematical Notes], 2002, 71(1), pp. 43–60.
9. Atrashkevich A.L., Vorobyev N.T. *Vestnik UO «VGU im. P.M. Masherova»* [Newsletter of Vitebsk State P.M. Masherov University], 2016, 3, pp. 5–9.
10. Bryce R.A., Cossey J. // Math. Z. 1972. Bd. 127, N 3. – S. 217–223.
11. Monakhov V.S. *Vvedeniye v teoriyu konechnikh grupp i ikh klassov* [Introduction into the Theory of Finite Groups and their Classes], Mn., Vysheishaya shkola, 2006, 207 p.

Поступила в редакцию 08.06.2017
Адрес для корреспонденции: e-mail: alesy19942016@gmail.com – Атрашкевич А.Л.