

13. Prichard, H.M. The Distribution of PGE and the Role of Arsenic as a Collector of PGE in the Spotted Quoll Nickel Ore Deposit in the Forrestania Greenstone Belt, Western Australia / H.M. Prichard, P.C. Fisher, I. McDonald, R.D. Knight, D.R. Sharp, J.P. Williams // Economic Geology. — 2013. — V. 108 (8). — P. 1903–1921.

14. Song, X.-Y. Genetic relationships between base-metal sulfides and platinum-group minerals in the Yangliuping Ni–Cu–(PGE) sulfide deposit, Southwestern China. / X.-Y. Song, M.-F. Zhou, Z.-M. Cao // The Canadian Mineralogist. — 2004. — V. 42. — P. 469–483.

© Светлицкая Т.В., Фоминых П.А., 2018

Светлицкая Татьяна Владимировна // svt@igm.nsc.ru  
Фоминых Павел Андреевич // fominykhp@igm.nsc.ru

УДК 577.4 (553.5)

Гулынин А.В. (ФГБУ «ВИМС»), Петроченков Д.А. (МГРИ-РГГРУ)

### РАДИАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЮВЕЛИРНО-ПОДЕЛОЧНЫХ АММОНИТОВ

*Аммониты и сопровождающие их виды ювелирно-поделочного сырья (септарии, фоссицированные конкреции, спектропирит, сенгилит, окаменелое дерево, окаменелости морских рептилий) широко используются в ювелирных, интерьерных изделиях, в качестве облицовочного материала. Впервые проведена детальная оценка их радиационных характеристик. В аммонитах апатит-кальцитового состава ряда объектов значения изотопа  $^{226}\text{Ra}$  и  $A_{\text{эфф}}$  выше типичных показателей в 3–4 раза. Электронно-микроскопическими исследованиями в аммонитах установлены оксид урана, монацит, с которыми могут быть связаны повышенные содержания радионуклидов. Проведенными исследованиями не установлено превышение нормируемых радиационных показателей, что позволяет использовать рассмотренные материалы без ограничений. **Ключевые слова:** экологическая оценка, радиационные характеристики, аммониты, ювелирно-поделочные материалы.*

Gulyinin A.V. (VIMS), Petrochenkov D.A. (MGRI-RGGRU)  
RADIATION CHARACTERISTICS OF JEWELRY-ORNAMENTAL AMMONITE

*Ammonites and accompanying types of jewelry and ornamental raw materials (septaria, fossilized concretions, spectropyrith, sengilit, fossilized wood, fossils of marine reptiles) are widely used in jewelry, interior products, as a facing material. A detailed estimation of their radiation characteristics was carried out for the first time. In the ammonites of the apatite-calcite composition of a number of objects, the values of the isotope  $^{226}\text{Ra}$  and  $A_{\text{эфф}}$  are 3–4 times higher than typical indices. Electron microscopic studies in ammonites have established uranium oxide, monazite, with which high radionuclide contents can be associated. Carried out researches did not establish the excess of the standardized radiation indices, which makes it possible to use the considered materials without restrictions. **Keywords:** ecological assessment, radiation characteristics, ammonites, jewelry and ornamental materials.*

Ювелирные и интерьерные изделия постоянно находятся в соприкосновении с человеком, что обуславливает повышенные требования к их экологическим характеристикам, в том числе и радиационным. В этой связи можно привести пример чаройта — популярного ювелирно-поделочного камня с яркой фиолетовой и сиреневой окраской. Чаройтовые агрегаты всегда в различных количествах содержат сопутствующие минералы. Одним из аксессуарных минералов является эканит  $(\text{Ca}, \text{Na})_2\text{ThK}[(\text{Si}, \text{Al})_8\text{O}_{20}] \cdot n\text{H}_2\text{O}$ , содержащий торий, который создает повышенный радиоактивный фон [2]. В отдельных образцах такой фон может превышать допустимые нормы, что требует постоянного дозиметрического контроля и отбраковки материала. Аммониты являются новым ювелирно-поделочным материалом, и радиационная оценка их не проводилась [4].

Аммониты в настоящее время широко используются в ювелирных, интерьерных изделиях, аммонитосодержащая порода — в качестве облицовочного материала. Ряд объектов с аммонитами сопровождаются и другими видами ювелирно-поделочного сырья: септарии, фоссицированные конкреции, спектропирит, сенгилит, окаменелое дерево, окаменелости морских рептилий [1, 3].

Аммониты ювелирно-поделочного качества поступают на мировой, включая и российский рынки из Марокко [5, 6], Мадагаскара [7, 8], Канады [9]. В Марокко и Мадагаскаре аммониты занимают заметное место в объеме экспорта. Значительными ресурсами аммонитов, в том числе с высокими декоративными и технологическими характеристиками, обладает и Россия. В РФ аммониты добывают в Ульяновской области из верхнеюрских и нижнемеловых отложений, в Рязанской области в карьере ОАО «Михайловцемент» и вблизи д. Никитинская, а также в Самарской, Саратовской, Нижегородской, Ярославской, Костромской областях, в Республиках Адыгея и Дагестан. Септарии и изделия из них поступают из Марокко, Мадагаскара, Ульяновской области, Республик Адыгея и Дагестан. Остальные виды ювелирно-поделочного сырья (фоссицированные конкреции, спектропирит, сенгилит, окаменелое дерево, окаменелости морских рептилий) добываются совместно с аммонитами только в Ульяновской области.

В статье впервые приводятся результаты детального изучения радиационных характеристик аммонитов и сопровождающего их ювелирно-поделочного сырья из основных зарубежных и российских объектов.

#### Результаты исследований

В настоящее время установлены требования к содержанию природных радионуклидов в материалах и изделиях, ограничивающие их использование в жилых и общественных зданиях. Согласно п. 4.5.1. Санитарные правила и нормативы «Гигиенические требования по ограничению облучения населения за счет природных источников излучения» СанПиН 2.6.1.2800-10, эффективная удельная активность радионуклидов ( $A_{\text{эфф}}$ ) в изделиях художественных промыслов и предметах ин-

**Таблица 1**  
**Результаты испытаний радиационных характеристик аммонитов**

Местонахождение (область, страна, название)	Удельная активность радионуклидов, Бк/кг, ± Δ абсолютная погрешность					A <sub>эфф</sub> +Δ
	<sup>226</sup> Ra	<sup>228</sup> Ra	<sup>224</sup> Ra	<sup>232</sup> Th	<sup>40</sup> K	
<b>Ульяновская:</b> окрестности г. Ульяновск, отложения:	10,5±3,5	10±6	н/о*	10±6	≤15	12
готеривские-						
аптские-	22±5	≤10	≤10	≤10	≤50	45
Марьевка-	380±49	≤10	≤10	≤10	49±9	447
<b>Самарская:</b> Кашпир	320±40	≤10	≤10	≤10	80±20	382
<b>Рязанская:</b>						
Михайловское-	5±3	4±3	н/о*	4±3	≤40	≤20
Никитское-	44±5	10±3	5±1	10±3	35±10	69
<b>Саратовская</b>	13±4	<4	<3	<4	30±6	25
<b>Нижегородская</b>	57±8	<5	6±2	<5	77±11	79
<b>Ярославская</b>	94±7	11±4	8±2	11±4	146±15	136
<b>Костромская</b>	97±9	7±2	<5	7±2	106±16	129
<b>Республика Адыгея</b>	10±3	<6	<4	<6	42±8	25
<b>Республика Дагестан</b>	33±6	≤10	8±2	≤10	224±32	75
<b>Канада</b>	11±3	9±4	≤6	9±4	82±18	41
<b>Марокко:</b>						
верхнедевонские-	72±7	11±2	<3	11±2	45±7	99
среднеюрские-	163±20	≤20	≤20	≤20	≤50	214
<b>Мадагаскар:</b>						
Модировала-	16±3	14±3	13±2	14±3	80±15	45
Ататао-	55±15	≤10	≤10	≤10	180±40	103
Талиара-	31±7	28±7	28±5	28±7	≤50	88
Морондава-	31±6	104±16	98±14	104±16	80±15	194

\*н/о – характеристика не определялась

**Таблица 2**  
**Результаты испытаний радиационных характеристик ювелирно-поделочного сырья, сопровождающего аммониты**

Вид сырья, местонахождение (область, страна)	Удельная активность радионуклидов, Бк/кг, ± Δ абсолютная погрешность					A <sub>эфф</sub> +Δ
	<sup>226</sup> Ra	<sup>228</sup> Ra	<sup>224</sup> Ra	<sup>232</sup> Th	<sup>40</sup> K	
<b>Септари:</b>						
Ульяновская-	33±5	6±2	3±1	6±2	110±13	60
Республика Адыгея-	19±6	19±6	15±5	19±6	115±25	70
Республика Дагестан-	12±3	≤10	6±2	≤10	162±25	45
Марокко-	85±12	15±5	10±3	15±5	154±24	139
Мадагаскар-	19±5	≤10	≤10	≤10	≤50	42
<b>Фоссилизированные конкреции</b>	22±5	≤10	≤10	≤10	≤50	45
<b>Спектропирит</b>	29±6	≤10	10±3	≤10	190±30	68
<b>Сенгилит</b>	15±4	13±4	≤10	13±4	70±15	49
<b>Окаменелое дерево</b>	≤10	≤10	≤10	≤10	≤50	28
<b>Окаменелости морских рептилий</b>	55±8	≤10	≤10	≤10	≤30	79

терьера из керамики, керамогранита, природного и искусственного камня, глины, фаянса и фарфора не должна превышать 740 Бк/кг. В случае использования аммонитсодержащей породы и септарий для наружной и внутренней облицовки зданий (керамическая и керамогранитная плитка, облицовочные изделия из природного и искусственного камня и т. п.), норматив тот же — 740 Бк/кг (п.4.2.4. СанПиН 2.6.1.2800-10). Отметим, что для строительных материалов этот норматив существенно ниже и составляет — 370 Бк/кг (п. 5.3.4).

Испытания радиационных характеристик аммонитов и сопровождающего ювелирно-поделочного сырья выполнялись в Лаборатории изотопных методов анализа ФГБУ «ВИМС». Анализ радионуклидного состава и расчет значений эффективной удельной активности в образцах проводились по аттестованной методике, внесенной в Реестр Росстандарта\* с использованием высокочувствительного полупроводникового гамма-спектрометра «Ortec-65195-P/DSpecPlus».

Активность изотопов <sup>226,228,224</sup>Ra в счетном образце определялась по основным аналитическим гамма-линиям их дочерних продуктов распада (ДПР): <sup>226</sup>Ra — <sup>214</sup>Pb (E<sub>γ</sub> = 295,21 кэВ, 351,92 кэВ) и <sup>214</sup>Bi (E<sub>γ</sub> = 609,3 кэВ), <sup>228</sup>Ra — <sup>228</sup>Ac (E<sub>γ</sub> = 338,3 кэВ; 911,2 кэВ), <sup>224</sup>Ra — <sup>212</sup>Pb (E<sub>γ</sub> = 238,6 кэВ) и <sup>208</sup>Tl (E<sub>γ</sub> = 583,1 кэВ). Значение удельной активности <sup>232</sup>Th рассчитано по удельной активности <sup>228</sup>Ra, исходя из допущения радиоактивного равновесия с членами ряда <sup>232</sup>Th. Результаты исследований радиационных характеристик (пробы с максимальными значениями) приведены в таблицах 1, 2.

Проведенными исследованиями не установлено превышения нормируемого показателя удельной эффективной активности, что удовлетворяет требованиям п. 4.2.4, п. 4.5.1. СанПиН 2.6.1.2800-10 (A<sub>эфф</sub><740 Бк/кг) и допускает использование исследованных аммонитов и сопровождающего ювелирно-поделочного сырья в бытовых условиях без ограничения по радиационному фактору. Однако в

\* «Методика измерений удельной активности естественных и техногенных радионуклидов <sup>226</sup>Ra, <sup>228</sup>Ra, <sup>224</sup>Ra, <sup>40</sup>K, <sup>137</sup>Cs, <sup>134</sup>Cs, <sup>60</sup>Co, <sup>241</sup>Am, <sup>152</sup>Eu в твердых сыпучих пробах гамма-спектрометрическим методом с использованием полупроводниковых детекторов». Номер в федеральном реестре Росстандарта № ФР.1.40.2013.15401, свидетельство № 40181.3Г192/01.00294-2010 от 22.04.2013 г.



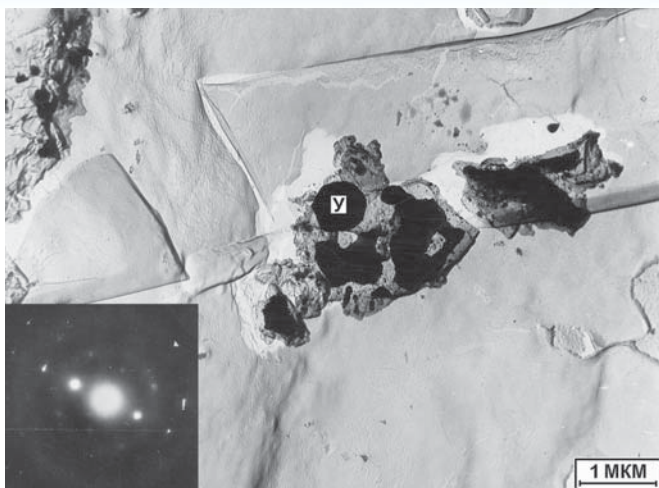


Рис. 1. Разрушенная поверхность кальцита с частицей оксида урана (У) и его микродифракционная картина. ПЭМ

ряде исследованных проб отмечены повышенные значения удельной эффективной активности радионуклидов.

В большинстве случаев повышенные значения установленного норматива по содержанию природных радионуклидов обусловлены изотопом  $^{226}\text{Ra}$  и его ДПР. В аммонитах объектов Кашпир и Марьевка значения нормируемого показателя выше типичных показателей для аммонитов в 3–4 раза: 382 и 447 Бк/кг соответственно (табл. 1) и превышают допустимые для строительных материалов.

Проведенное в лабораториях ФГБУ «ВИМС» и ИГЕМ РАН количественное определение элементов-примесей в пробах аммонитов показали, что содержание U и Th ниже чувствительности методов, и только в аммонитах из объекта Марьевка фиксируются значимые U — 16 и Th — 57 мг/кг. Интересно отметить, что в окрестностях д. Марьевка в ходе бурения были обнаружены радоново-радиевые воды.

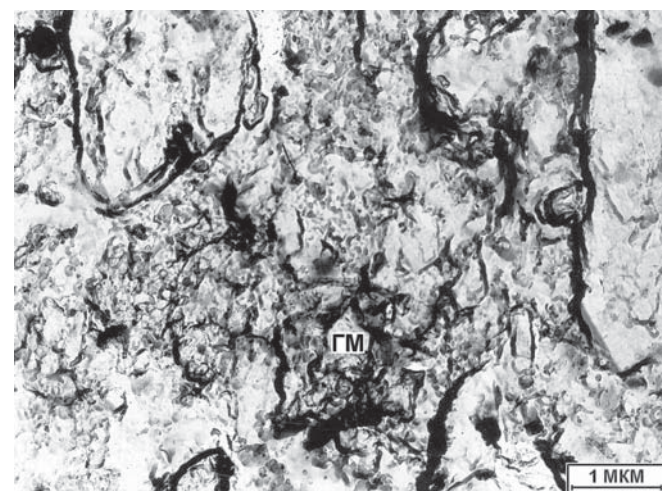
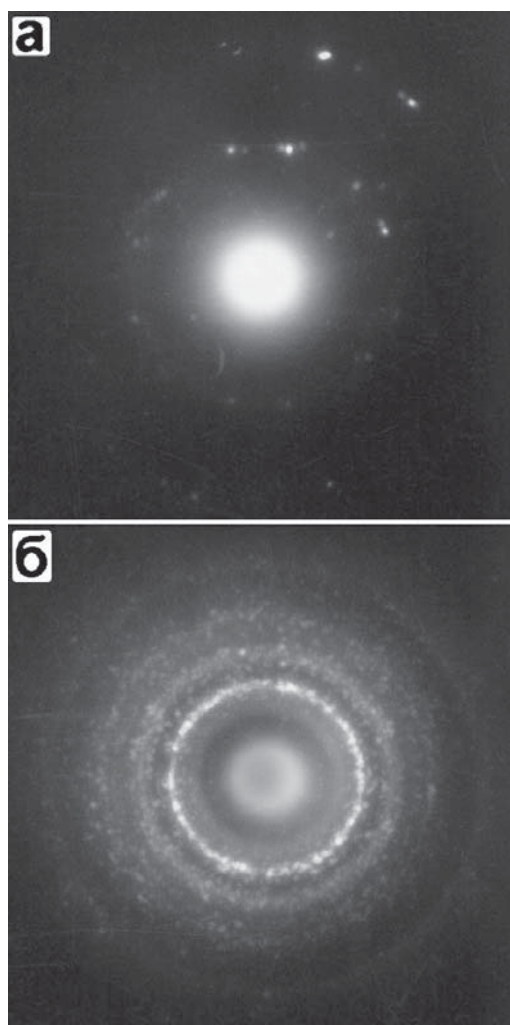


Рис. 2. Измененный участок матрицы кальцита с выделением графита (Г) и монацита (М). Микродифракционная картина графита (а) и монацита (б). ПЭМ

Аммониты объектов Кашпир и Марьевка связаны с отложениями волжского яруса верхней юры и расположены преимущественно в фосфоритовых конкрециях. Аммониты имеют преимущественно апатит-кальцитовый состав. В сумме эти минералы составляют до 98 масс. % с преобладанием апатита. Из элементов-примесей в аммонитах фиксируются содержания, масс. %: Sr — до 0,237, Ba — до 0,011 и Pb — до 0,023. Отметим, что для верхнеюрских отложений характерно присутствие битуминозных сланцев и фосфоритовых конкреций, которые могут концентрировать радиоактивные элементы.

По данным электронно-микроскопических исследований, проведенных на просвечивающем электронном микроскопе (ПЭМ) В.Т. Дубинчуком в ФГБУ «ВИМС», в аммонитах установлены оксид урана ( $\text{UO}_2$ ) и монацит ( $\text{Ce,La,Y,Yh}[\text{PO}_4]$ ), содержащие радиоактивные элементы.

Оксид урана выделен на колломорфной поверхности продуктов разрушения матрицы кальцита в виде округлых частиц размером около 1 мкм (рис. 1). Вещество дает картину, отвечающую кубическому гране-



центрированному кристаллу с пространственной группой  $Fm\bar{3}m$  и параметром элементарной ячейки  $3,12 \text{ \AA}$ . В такой группе и с такими параметрами элементарной ячейки кристаллизуется целый ряд оксидов. Учитывая форму выделения, они отнесены к оксиду урана. Микродисперсные выделения монацита встречены на сильно измененных участках матрицы кальцита (рис. 2). Монацит ассоциируется здесь с графитом.

### Выводы

Приведенными исследованиями в аммонитах и сопровождающим ювелирно-поделочным сырьем не установлено превышения нормируемых радиационных показателей, что позволяет использовать их без ограничения. В ряде проб фосфоритизированных аммонитов отмечены повышенные значения радиационных характеристик, обусловленные изотопами радия и их дочерними продуктами распада. Электронно-микроскопическими исследованиями в аммонитах установлены оксид урана, монацит, акцессорный циркон, с которыми могут быть связаны повышенные содержания радионуклидов.

Специфика контроля за показателями радиационной безопасности аммонитов и сопровождающего ювелирно-поделочного сырья заключается в большом разнообразии и широком диапазоне содержания в них природных радионуклидов. Это обуславливает необходимость контроля их соответствия требованиям санитарных правил при их использовании.

Авторы выражают благодарность за проведенные исследования сотруднику ФГБУ «ВИМС» д.г.-м.н. В.Т. Дубинчуку.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Буканов, В.В. Цветные камни. Геммологический словарь / В.В. Буканов. — СПб, 2008. — 416 с.
2. Киевленко, Е.Я. Декоративные коллекционные минералы / Е.Я. Киевленко, В.И. Чупров, Е.Е. Драмшева. — М.: Недра, 1987. — 223 с.
3. Петроченков, Д.А. Камнесамоцветное сырье Ульяновской области / Д.А. Петроченков // Горный информационно-аналитический бюллетень (МГГУ). — 2006. — № 5. — С. 319–323.
4. Петроченков, Д.А. Экологические аспекты использования аммонитов в ювелирных и интерьерных изделиях / Д.А. Петроченков // Вестник РУДН. Серия Экология и безопасность жизнедеятельности. — 2011. — № 4. — С. 56–64.
5. Bockwinkel, J. Late Givetian ammonoids from Hassi Nebech (Tafilalt Basin, Anti-Atlas, southern Morocco) / J. Bockwinkel, R.T. Becker, V. Ebbighausen // Fossil Record. — 2013. — V. 16(1). — P. 5–65.
6. Bourillot, R. Early-Middle Jurassic Lytoceratid ammonites with constrictions from Morocco: palaeobiogeographical and evolutionary implications / R. Bourillot, P. Neige, A. Pierre, C. Durllet // Paleontology. — 2008. — V. 51. — Part 3. — P. 597–609.
7. Grulke, W. Heteromorph: The Rarest Fossil Ammonites: Nature at its Most Bizarre. / W. Grulke, 2014 — 224 p.
8. Kennedy, W.J. Lower and Middle Cenomanian ammonites from Morondava Basin, Madagascar / W.J. Kennedy, I. Walaszczyk, A.S. Gate, K. Dembicz, T. Praszkiar // Asta Geologica Polonica. — 2013. — V. 63(4). — P. 625–655.
9. Mychaluk, K. Update on ammolite production from Southern Alberta, Canada / K. Mychaluk // Gems & Gemology. — 2009. — V.45. — № 3. — P. 192–196.

© Гулынин А.В., Петроченков Д.А., 2018

Гулынин Александр Викторович // lab@u238.ru  
Петроченков Дмитрий Александрович // p-d-a@mail.ru

Заварзина Г.А., Шапабаева Д.С., Космынин В.А.,  
Захарова О.А. (ООО «Газпромнефть НТЦ»)

### МОДЕЛИРОВАНИЕ УГЛЕВОДОРОДНЫХ СИСТЕМ КАК ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ ПЕРСПЕКТИВ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ И ГЕОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ НА ПРИМЕРЕ АРКТИЧЕСКИХ ШЕЛЬФОВЫХ ПРОЕКТОВ

*Проведение поисковых и разведочных буровых работ на шельфе арктических морей связано со значительными техническими и материальными затратами. В этой связи принципиально важной становится задача оптимизации расходов на проведение ГРП путем концентрации усилий в направлении изучения наиболее значимых перспективных объектов. С целью ранжирования выявленных нефтегазоперспективных зон, оценки ресурсов и геологических рисков в ООО «Газпромнефть НТЦ» выполняется численное моделирование углеводородных систем. В статье на примере шельфовых проектов приведены примеры решения разноуровневых геологических задач с применением инструмента моделирования в зависимости от степени изученности участков, объема и качества входных данных. **Ключевые слова:** шельф, Баренцево море, Печорское море, Восточно-Сибирское море, моделирование углеводородных систем, нефтегазоносность, ловушка УВ.*

Zavarzina G.A., Shapabaeva D.S., Kosmyinin V.A., Zaharova O.A. (Gazpromneft STC)

### PETROLEUM SYSTEMS MODELING AS A TOOL FOR COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF HYDROCARBON POTENTIAL AND GEOLOGICAL RISKS, AS EXEMPLIFIED BY THE ARCTIC OFFSHORE PROJECTS

*Prospecting and exploratory offshore drilling in the Arctic Ocean entails heavy investment and considerable procurement costs. Of critical importance in this regard is a problem of reducing exploration costs by focusing efforts on studying the most viable prospects. In order to rank promising oil and gas zones, assess resources and geological risks, LLC Gazpromneft STC uses numerical modeling of petroleum systems. In this article, we look at offshore projects to show how modeling helps solve multi-level geological problems depending on the knowledge gained about certain areas as well as the amount and quality of input data. **Keywords:** shelf, Barents Sea, Pechora Sea, East Siberian Sea, petroleum system modeling, oil and gas, hydrocarbon trap.*

Моделирование углеводородных (УВ) систем является частью бассейнового анализа и предусматривает комплексный анализ геологических, геофизических и геохимических данных. Оно выполняется на всех этапах геологоразведочных работ и включает в себя оценку зрелости нефтегазоматеринских толщ (НГМТ), их генерационного потенциала, условий формирования коллекторов, флюидоупоров и ловушек, прогнозирую-