

В. А. КАТТАЙ, В. А. КЛУБОВ, Э. А. КАЛА,
К. А. СУУРОЯ

О БИТУМОПРОЯВЛЕНИЯХ НА ОСТРОВЕ ХИЙУМАА

По числу проявлений битумов о. Хийумаа является наиболее богатым в Эстонии. Первые упоминания об обнаруженных здесь природных битумах датируются серединой XIX столетия. Еще в 1844 г. А. Озерский [1] указывал на находки гнезд и жилок твердых битумов в каменистых Пюхалепа и Палукуюла (рис. 1). В ряде работ [2—4] приводятся данные о проявлениях битумов на северном побережье ост-

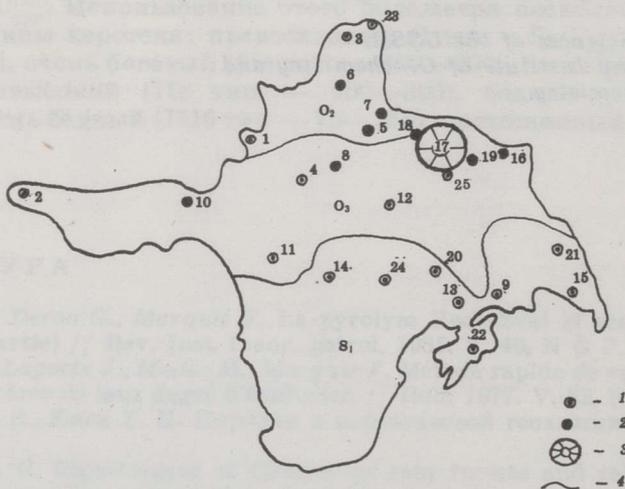


Рис. 1

Схема расположения мест битумопроявлений. Условные обозначения: 1 — битумопроявления, 2 — опробованные скважины, 3 — Кярдлаская структура, 4 — границы стратиграфических подразделений. Перечень пунктов (в скобках указаны горизонты, в которых вскрыты битумы): 1 — скв. Кыргессааре (O_{2on} , O_{2id} , O_{2kk}); 2 — скв. Калана № 393 (O_{2id} , O_{2kk}); 3 — скв. Тахкуна № 396 (O_{2kk}); 4 — скв. Курисо № 399 (O_{2id} , O_{2kk}); 5 — скв. № 351, колодец (O_{2rk}); 6 — скв. Каусте № 351ф (O_{2kl} — O_{2kk} , O_{2ls}); 7 — скв. Таресте № 352ф (O_{2rk} , O_{2kl} — O_{2id}); 8 — скв. Кидасте № 353ф (O_{2kl} , O_{2id}); 9 — скв. Ыунаку № 354ф (O_{3prg}); 10 — скв. Луйдя № 357ф (O_{2id} , O_{2kk} , O_{2ls} , O_{1kn}); 11 — скв. Лейгри № 358ф (O_{3prg} , O_{2jh} — O_{2kk}); 12 — скв. Мяэвли № 359ф (O_{2-3nb} , O_{2kl}); 13 — скв. Ниидикюла № 365 (O_{3prg}); 14 — скв. Пихла № 361ф (O_{2id}); 15 — скв. Соонлепа № 366ф (O_{3pr} , O_{3prg}); 16 — скв. Хийесааре К-15 (O_{2kk} , O_{2rk}); 17 — группа из 51 скважины на структуре Кярдла (O_{3prg} — O_{2jh} , PR); 18 — скв. Кярдла № 377ф (O_{2rk} — O_{2jh}); 19 — скв. Паладе № 370 (O_{3prg} — O_{2on}); 20 — скв. Ваэмла; 21 — обн. Пюхалепа (S_{1jr}); 22 — обн. Кассари (S_{1jr}); 23 — обн. на северном глинте острова (O_{1kn}); 24 — обн. Путкасте (S_{1jr}); 25 — скв. Тубала № 380ф (O_{2-3nb})

рова, а также на п.-ове Кассари и в местечке Путкасте. В 1905 г. при бурении гидрогеологической скважины на мызе Ваэмла нефтеподобная жидкость была встречена в райккюласких известняках нижнего силура. В 1912—1924 гг. в этом районе неоднократно проводились поиски нефти, но результаты их неизвестны [5].

Л. Паасикиви и М. Закашанский [6] сообщают о локальных проявлениях жидких и вязких битумов в известняках кукрузеского, идавереского и оандуского горизонтов среднего ордовика в скважине Кыргессааре на северо-западе острова. Х. Пальме [7] находит капли жидкой нефти в мелких порах и примазки вязкого битума по трещинам в вормсиских известняках верхнего ордовика (карьер Палукюла). В 1968—1971 гг. при картировании о. Хийумаа Э. Кала обнаружены битумы в разрезе ряда буровых скважин в породах кристаллического фундамента и в карбонатных отложениях палеозоя.

В последние 15—20 лет в ходе геологосъемочных и геологоразведочных работ на месторождении гранитоидов Палукюла зафиксировано большое число новых проявлений битумов. К настоящему времени их известно свыше 70, причем большинство из них (51) расположены на гребне и склонах кольцевого вала Кярдлаской кратерообразной структуры (рис. 1). Характерно, что внутри этой структуры битумы в скважинах не установлены.

В строении осадочного чехла острова участвуют терригенные отложения нижнего кембрия и нижнего ордовика, карбонатные породы среднего и верхнего ордовика и нижнего силура. Вся толща общей мощностью 200—300 м, за исключением Кярдлаской структуры, моноклинально погружается в южном направлении под углом 10—15 минут. В северной части острова обнажаются породы верхнего ордовика, в южной — нижнего силура [8].

Наиболее древними образованиями, в которых установлены проявления битумов в виде примазок полужидкой нефти и асфальта по трещинам, а также в виде включений в кавернах (скважины 377, 379 и 415), являются породы кристаллического фундамента нижнего протерозоя на кольцеобразном вале Кярдлаской структуры. Это нагромождение раздробленных пород, залегающих на глубинах всего 16—50 м вместо 250 м при нормальном залегании. Природа структуры трактуется как взрывная, возраст идавереский (средний ордовик) [9].

В осадочном чехле в пределах указанной структуры битумы появляются в породах кейлаского горизонта (O_2). Наибольшее их количество связано с известняками раквереского (O_2) и набалаского (O_{2+3}) горизонтов. В разрезе пиргуского горизонта верхнего ордовика битумы уже практически нет (рис. 2).

В разрезе скважин, расположенных за пределами структуры, битумы встречаются уже начиная с кундаского горизонта нижнего ордовика, но наибольшее число находок приходится на кукрузеский и идавереский горизонты. Битумы отмечаются и в породах верхнего ордовика и нижнего силура. Наиболее значительные битумопроявления обнаружены сразу в нескольких горизонтах, в скважинах, пробуренных в северо-западной части острова (скважины 351ф, 352ф, 377ф и др.). На этом фоне весьма странным кажется полное отсутствие битумов в терригенной толще нижнего кембрия, обладающей хорошими гранулярными коллекторами. Нет битумов и в породах пакеортского, варангуского, латорпского и волховского горизонтов нижнего ордовика.

Таким образом, вырисовывается характерная картина: все битумопроявления, выявленные бурением в осадочном чехле острова, локализованы в сравнительно узком стратиграфическом интервале карбонатной фации, главным образом в породах среднего и верхнего ордовика (рис. 2).

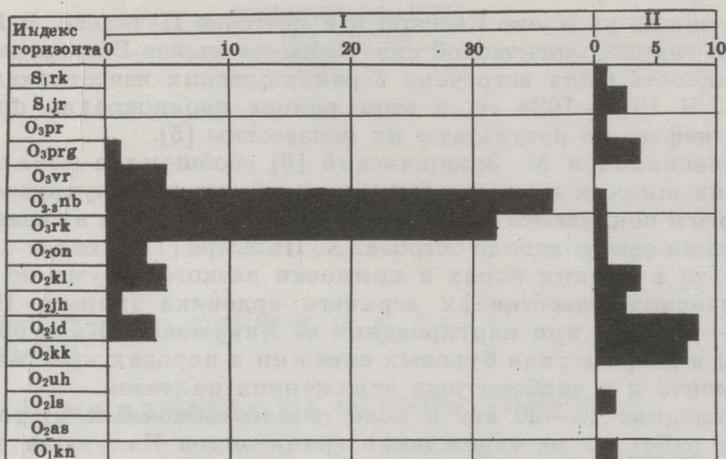


Рис. 2

Распределение битумопроявлений по стратиграфическим горизонтам: I — по Кярдлаской структуре; II — вне Кярдлаской структуры; 10—20—30 — количество битумопроявлений. Индексы горизонтов: S_{1rk} — райккюлаский; S_{1jr} — юуруский; O_{3pr} — поркуниский; O_{3prg} — пиргуский; O_{3vr} — вормсиский; O_{2-nb} — набалаский; O_{2rk} — раквереский; O_{2on} — оандуский; O_{2kl} — кейлаский; O_{2jh} — йыхвиский; O_{2id} — идавереский; O_{2kk} — кукрузеский; O_{2uh} — ухакусский; O_{2ls} — ласнамягиский; O_{2as} — азериский; O_{1kn} — кундаский

Визуально проявления битумов подразделяются по консистенции на жидкие нефтеподобные, густые вязкие и твердые. Первые встречаются сравнительно редко и наблюдаются в виде капель-выпотов в порах, кавернах, а также в виде желтоватых пятен пропитки в керне карбонатных пород. Упомянутый факт получения более значительных количеств нефти в районе Вяэмла остается не подтвержденным и требует проверки. Наиболее часто встречаются густые вязкие битумы. Они заполняют поры, каверны и внутренние полости скелетных остатков фауны, а также образуют примазки по трещинам, которые часто сопровождают прожилки кальцита и сульфидов. Местами сгущения такого рода проявлений наблюдаются вдоль нижних контактов известняков с прослоями мергелей (рис. 3). Твердые битумы типа асфальта редки. Они выполняют мелкие гнездовые вкрапления в различных полостях, тонкие корочки и присыпки по кальцитовым прожилкам, иногда тесно ассоциируются с вязкими разностями. В ряде скважин (351ф и 361ф) подсечен маломощный прослой среднезернистого песчаника кярдлаской свиты идавереского горизонта, сплошь пропитанный подобным битумом. Он заполняет межзерновое поровое пространство в песчанике, как бы являясь его цементом (рис. 3). И если бы не малая мощность, данный прослой вполне бы мог рассматриваться как реликт некогда существовавшей нефтяной залежи.

В ходе полевых работ 1988 г. из скважин, пробуренных с целью картирования кристаллического фундамента, с различных горизонтов нижнего, среднего и верхнего ордовика была отобрана коллекция образцов проявлений битумов (табл. 1). Во Всесоюзном нефтяном научно-исследовательском геологоразведочном институте (Ленинград) по всем пробам коллекции был выполнен комплекс химико-битуминологических исследований. Определяли выход битума, его элементный и групповой состав, углеводородный состав масел, была также осуществлена тонкоструктурная люминесцентная спектрометрия угле-

Таблица 1

Характеристика битумопроявлений на о. Хийумаа

Скважина, проба	Индекс горизонта и глубина отбора проб, м	Форма проявления битума	Вещающая порода	Содержание битума в породе, % (по массе)
Луйдья, 357ф-3	О ₁ кп 100,5	Гнезда вязкого битума	Известняк	0,26
" 357ф-2	О ₂ лс 98,3	Пятнистая пропитка битумом	"	0,79
" 357ф-1	О ₂ кк 95,1	Гнездо черного вязкого битума	"	0,46
Клдасте, 353ф-2	О ₂ ид 102,8	Пятнистая пропитка битумом	"	0,16
Таресте, 352ф-2	О ₂ ид 74,9	Каверны и поры с вязким битумом	"	0,47
Клаусте, 351ф-2	О ₂ ид 66,4	Сплошная пропитка битумом (твердый)	Песчаник	9,55—10,4
Кярдла, 377ф-3	О ₂ к1 76,4	Твердый битум по секущей трещине	Глинистый известняк	0,89
Клдасте, 353ф-1	О ₂ к1 75,2	Пятнистая пропитка дисперсной нефтью и мелкие гнезда вязкого битума	Комковатый глинистый известняк	0,45
Хийсааре, К-15-2	О ₂ к1 59,2	Вязкий битум по порам и трещинам	Глинистый известняк	0,69
Кярдла, 351-1	О ₂ гк 53,4	Вязкий битум в прожилках с кальцитом	Известняк	0,33—0,34
Паладе, 370-1	О ₃ гг 24,5	Вязкий битум по трещинам	Глинистый известняк	0,77

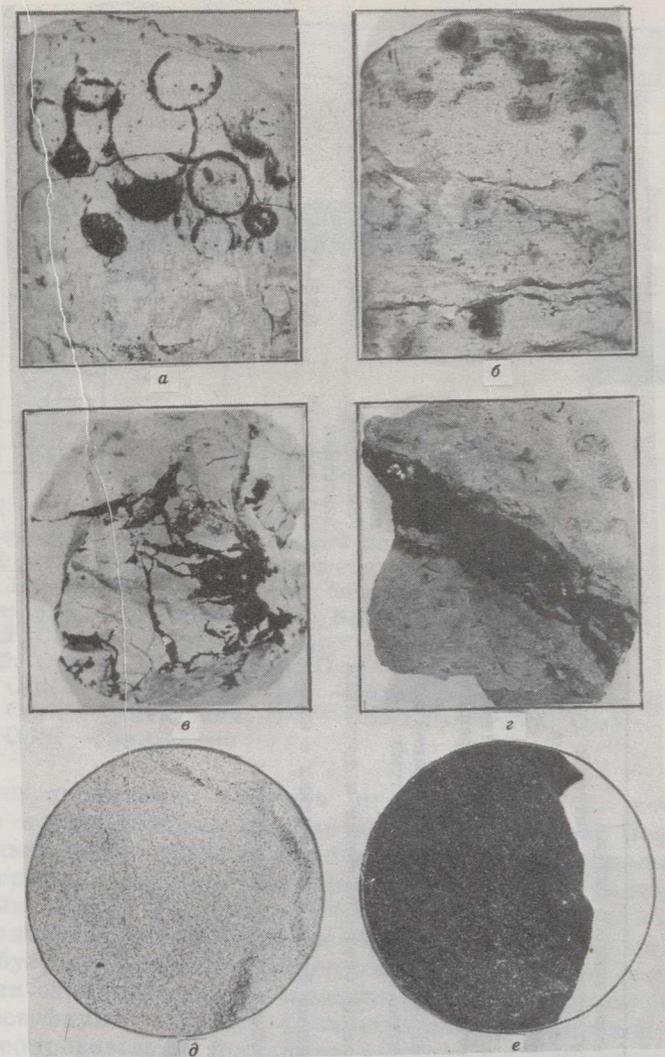


Рис. 3

Формы проявления природных битумов: *a* — вязкий битум (мальта) по остаткам водорослей *Cyclocrinites* в афанитовом известняке раквереского горизонта, уменьш. в 2 раза (скв. Кярдла № 377ф, гл. 48,5 м); *б* — пятна пропитки и мелкие поры, заполненные вязко-жидким битумом (мальта) в чистом известняке набалаского горизонта, уменьш. в 2 раза (скв. Тубала № 380ф, гл. 58,1 м); *в* — вязкий битум (мальта) в мелких прожилках с кальцитом в чистом известняке раквереского горизонта, уменьш. в 2 раза (скв. № 351, гл. 53,4 м); *г* — твердый битум (асфальт) по секущей трещине в глинистом известняке кейлаского горизонта, натур. вел. (скв. Кярдла № 377ф, гл. 76,4 м); *д* — светло-серый песчаник идаввереского горизонта (кярдлаская свита), уменьш. в 2 раза (скв. Таресте № 352ф, гл. 78,9 м); *е* — тот же песчаник идаввереского горизонта, пропитанный битумом (асфальт), уменьш. в 2 раза (скв. Каусте № 351ф, гл. 66,4 м)

водородной части (исполнители Т. Н. Абрамова, В. Л. Веселова, Е. В. Гарибьян, А. Г. Корсакова, Д. А. Шейнерман) (табл. 2).

Хотя все изученные пробы битумов распространены только в ордовикских отложениях, их состав характеризуется различной глубиной

Таблица 2

Состав битумов, %

Проба	Элементный состав				Групповой состав				Состав масел			Класс битуа и его качественная характеристика			
	С	Н	О	N	S	Мас-ла	Смолы	Ас-фаль-тены		Ароматические УВ					
								бен-золь-ные	спирто-бензоль-ные	Ас-фаль-тены	Мета-ново-нафтеновые УВ		новые УВ	И	II
357Ф-3	85,36	10,99	2,64	0,22	0,79	50,3	23,4	20,9	3,7	1,7	60,14	21,68	13,29	4,98	Мальта смолистая
351Ф-2	86,35	11,25	0,82	0,72	0,86	57,5	24,7	14,7	1,8	1,3	68,71	25,17	6,12	—	То же
357Ф-1	86,71	11,40	0,84	0,25	0,80	60,8	18,1	16,8	1,6	2,7	69,03	24,87	6,10	—	”
353Ф-2	86,0	10,53		2,76	0,81	56,7	19,4	22,1	0,8	1,0	91,48	6,82	1,70	—	Мальта смолисто-масляная
352Ф-2	85,4	10,1	2,86	0,43	1,21	47,3	22,0	20,9	7,2	2,6	47,30	25,00	22,29	5,41	Мальта смолистая
351Ф-2	81,65	9,13	4,34	0,52	4,36	40,3	22,6	19,6	10,6	6,9	59,17	24,17	12,50	4,16	Асфальт смолисто-асфальтеновый
377Ф-3	81,56	9,64	6,51	0,52	1,77	42,2	29,1	17,7	8,6	2,4	46,54	22,01	21,38	10,07	Асфальт асфальтено-смолистый
353Ф-1	85,60	10,62		3,23	0,55	69,2	16,0	11,1	1,7	2,0	88,53	6,42	5,05	—	Нефть смолисто-масляная
K-15-2	85,10	11,30		2,73	0,87	54,8	25,5	13,4	2,9	3,4	70,33	21,05	8,62	—	Мальта смолистая
351-1	87,46	11,36		0,43	0,75	55,0	18,6	19,3	4,8	2,3	73,51	19,46	7,01	—	То же
370-1	85,81	11,62		1,86	0,71	62,6	22,8	12,6	1,5	0,5	77,88	18,27	3,85	—	”

идиогипергенной измененности и, как следствие этого, широким вещественным спектром: от осмоленной нефти (обр. 353ф-1) до густых вязких мальт, граничащих с асфальтами. Некоторые битумы по большинству показателей, за исключением состава масел, типичные асфальты (образцы 351ф-2 и 377ф-3) (табл. 2). В большинстве проб битумы представлены мальтами. Степень измененности битумов четко проявляется не только в том, что в них больше серы (до 4,36 %) и кислорода (до 6,51 %) и меньше углерода (до 81,56 %) и водорода (до 9,13 %), но и в том, что в них меньше масел (до 40,3 %) и больше асфальтенов (до 10,6 %) и асфальтогенных кислот (до 6,9 %), а также заметно меньше метаново-нафтеновых углеводородов (до 47,3 %) и больше би- и трициклических ароматических соединений (до 31,46 %).

Существенно меньшая доля метаново-нафтеновых структур свидетельствует не только о чисто химическом окислении, но, скорее всего, о явной биодеградациии отдельных битумов [10, 11]. На фоне почти чисто метаново-нафтеновой нефти (обр. 353ф-1) и мальты (образцы 353ф-2 и 370-1) сильно биодеградированными, кроме проб асфальта, можно считать и мальты, содержащие до 60 % метаново-нафтеновых углеводородов [12]. Кроме всего прочего оказалось, что все исследованные битумы не содержат полициклических ароматических углеводородов, не говоря уже о том, что во многих образцах нет даже незамещенных трициклических ароматических соединений.

Во всех пробах в небольших количествах (иногда следы) обнаружены тетрафеновые углеводороды, вероятнее всего метил- и диметилтетрафены, а также азотсодержащие соединения — N-алкилакридон. Спектры этих соединений прослеживаются на фоне широкой полосы, характерной для соединений смолистого типа. Все это свидетельствует о том, что битумы данной коллекции не подвергались высокотемпературным воздействиям и по характеру спектров люминесценции являются вторичными (эпигенетическими) по отношению к вмещающим породам.

Судя по комплексу геохимических данных, углеводородные флюиды, давшие начало рассматриваемым битумам, поступали во вмещающие их ныне ордовикские породы-коллекторы в разное время и, вероятнее всего, с водами различной минерализации. Чаще всего это были воды, перенасыщенные карбонатами, которые, с одной стороны, участвовали в процессах метасоматоза, доломитизации и выщелачивания, а с другой — привносили материал для залечивания пор, каверн и трещин кальцитом, доломитом и битумами, причем битумы во всех случаях отлагались последними. В этом отношении показательны мальты исследованной коллекции, которые выполняют камеры и каверны в скелетных остатках фауны в доломитизированных известняках, а также образуют гнездовые включения в порых доломитизации и кавернах выщелачивания. В трещинах эти битумы более доступны агентам выветривания и поэтому более гипергенно изменены.

Кроме предположения о вторичности рассмотренных битумопроявлений по отношению к вмещающим породам-коллекторам, более определенных суждений об их природе высказать пока нельзя. Если допустить, что источником данных проявлений была нефть, мигрировавшая из погруженной западной части Балтийской синеклизы, то остается неясным, почему битумонасыщенность на о. Хийумаа связана только с ордовикскими отложениями. Известно, что вся Балтийская синеклиза, включая и акваториальную ее часть, потенциально нефтеносна. В разрезе образований ордовика выделяются таллинско-курузеский, раквере-набалаский и пиргу-поркуниский нефтеносные горизонты, однако промышленная нефтеносность синеклизы связана только с песчаниками дейменаской свиты среднего кембрия [13—15]. Вместе с тем в кембрийских породах о. Хийумаа, обладающих хоро-

шими коллекторскими свойствами, битумопроявлений не обнаружено. Характерно, что и на сравнительно недалеко расположенной территории южной Швеции большинство битумопроявлений связано с карбонатными породами ордовика, в частности, на о. Готланд добыча нефти ведется из ордовикских горизонтов [16].

Весьма заманчивым можно считать предположение о том, что источником подавляющего числа битумопроявлений на островах были сами ордовикские отложения, точнее породы, которые наиболее обогащены планктоногенным водородным органическим веществом (ОВ).

Это могут быть диктионемовые сланцы пакерортского горизонта нижнего ордовика. ОВ содержат и известняки поркунского и паграхуского горизонтов. Кукерситы куврувского горизонта замещены известняками и мергелями. Однако в материковой части Эстонии в подобных породах данного горизонта, где содержание органического углерода (С) достигает 2—6%, были зафиксированы выделения асфальтитов, которые один из авторов [17] (Б. Клубов считает автохтонными или параавтохтонными) образованными типично миграционными битумами.

Если признать, что Курдлаская кратерообразная структура имеет импактную природу [9], то нельзя исключить возможность того, что процесс битумогенеза в ордовикских отложениях о. Хийумаа был стимулирован энергией взрыва, также же, как это произошло в районе метеоритного кратера оз. Сильян в Швеции, где по его периферии обнаружено большое количество проявлений битумов. Ф. Влирбум с соавторами [18] пришел к заключению, что там источником битумов было ОВ ордовикских сланцев Третаспис, высокотемпературная взрывка которых произошла в результате метеоритного удара, приведшего к повышению температуры в осадочной толще до 2200°С. Опираясь на эту версию, можно предположить, что битумы о. Хийумаа являются хотя и мигрантами, но не дальними, а ближними — параавтохтонными, переместившимися на сравнительно небольшое расстояние внутри ордовикской толщи, иными словами, они близки первично-миграционным битумам [19].

Естественно, что пока обе высказанные идеи остаются на уровне предположений, вопрос об образовании битумов на о. Хийумаа будет открытым. Для его решения необходимо изучить стабильные изотопы углерода и терпеноидные биомаркеры не только битумов, но и битумоидов ОВ ордовикских отложений этого острова.

ЛИТЕРАТУРА

1. Озерский А. Д. Геогностический очерк Северо-Западной Эстляндии // Горный ж. 1891. Ч. 2. кн. 5. С. 157—208.
2. Behr F. Die Vorkommen von Erdöl, Erdgasen und Brandschiefern in den baltischen Ostseeprovinzen Estland, Livland und Kurland // Petroleum (Berlin—Wien). 1919. N 14. S. 1—6.
3. Scugin H. Zur petroleumfrage in den baltischen Landern. // Acta et Comment. Univ. 1924. Dorpatensis A. VI. S. 11.
4. Opik A. Über die Geologie von Dagö. Loodusuurijate Seltsi // Aruanded. 1930. Kd. 26. Lk. 193—195.
5. Einpaul, A. Naftaotsimised Hiiumaal XX sajandi esimesel veerandil // Eesti Loodus. 1961. Nr. 4. Lk. 235—236.
6. Паасикиви Л. В., Закашанский М. С. Перспективы нефтеносности Прибалтики: Обзор ВИЭМС. — М., 1965.
7. Palmre, H. Maaõli tunnustest Paluküla kivimurres Hiiumaal // Изв. АН ЭССР. Хим., Геол. 1967. Т. 16, № 4. С. 344—345.
8. Рõbtusoks, A. Eesti aluspõhja geoloogia. — Таллинн, 1983.
9. Кала Э., Пуура В., Сууроя К. Главные черты строения Курдлаского погребенного вратера // Изв. АН ЭССР. Геол. 1984. Т. 33, № 1. С. 1—7.

10. Мехтиева В. Л., Берман С. С., Соколова И. М., Петров А. А. Бактериальное окисление бензинов в экспериментальных условиях // Геохимия. 1985. № 7. С. 1045—1051.
11. Silverman S. R. Geochemistry and origin of natural heavy-oil deposits // Bitumen, Asphalts and Tar Sands. Amsterdam e. a., 1978. P. 17—25.
12. Успенский В. А., Радченко О. А., Глебовская Е. А. и др. Основы генетической классификации битумов. — Л., 1964.
13. Сакалаускас К. А. Основные нефтеносные и нефтематеринские горизонты юго-западной части Прибалтики и прогноз их нефтеносности // Нефтепоисковые критерии Прибалтики и методы их изучения. Вильнюс, 1970. С. 29—35.
14. Григялис А. А., Лапинская П. П. и др. Геологическое строение и нефтеносность Прибалтики. — М., 1970.
15. Богнева Т. А., Муромцева В. А., Сакалаускас К. А. Некоторые аспекты формирования залежей нефти в южной Прибалтике // Проблемы нефтеносности нижнего палеозоя Балтийского бассейна. Вильнюс, 1976. С. 88—94.
16. Кадунене Е. Ф., Муромцева В. А., Сакалаускас К. А. Органическое вещество и нефтеносность Балтийской синеклизы // Органическое вещество современных и ископаемых осадков. М., 1985. С. 113—119.
17. Клубов Б. А., Уров К. Э. Вещественный состав и твердые битумы кукерского горизонта Прибалтийского сланцевого бассейна в свете новых данных // Горючие сланцы. 1988. Т. 5, № 1. С. 34—45.
18. Vlierboom F. M., Collini B., Zumberge J. E. The occurrence of petroleum in sedimentary rocks of the meteor impact crater at Lake Siljan, Sweden // Org. Geochem. 1986. V. 10. P. 153—161.
19. Клубов Б. А. Первично-миграционные битумы и главнейшие литологические причины их образования // Геол. и геофиз. 1988. № 5. С. 26—32.

Представил А. В. Раукас

Поступила в редакцию

1.06.89

Институт геологии
Академии наук Эстонии
г. Таллинн

Всесоюзный нефтяной научно-исследовательский
геологоразведочный институт (ВНИГРИ)
г. Ленинград

V. A. KATTAI, B. A. KLUBOV, E. A. KALA, K. A. SUUROJA

BITUMEN OUTCROPS ON HIIMUMAA ISLAND

The paper gives a survey of the occurrence of natural bitumens on Hiiumaa Island, their richest distribution area in Estonia. Bitumens are most frequently found on the Kärđla crater-like structure in the limestones of Rakvere and Nabal regional stages. It is only here in Estonia that natural bitumens have been found in the rocks of the crystalline basement. Beyond the Kärđla structure, they are stratigraphically present in the limestones of Lower Ordovician Kunda up to Lower Silurian Raikküla horizons.

Of Hiiumaa natural bitumens, the following types have been distinguished and chemically characterized: liquid petroleum-like substances, viscid malthas and solid asphalts. The formation of bitumens is still the point at issue and requires further study.

Estonian Academy of Sciences,
Institute of Geology
Tallinn

All-Union Research Institute
of Oil Prospecting
Leningrad