

А. Э. Конторович, Е. А. Костырева^{1*}

Критерии выделения автохтонных и аллохтонных битумоидов в палеозойских отложениях Западно-Сибирского осадочного бассейна на примере Предъенисейского суббассейна

¹Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН,
г. Новосибирск, Российская Федерация
*e-mail: KostyrevaEA@ipgg.sbras.ru

Аннотация. Цель данной работы – изучение распределения и состава битумоидов в кембрийских отложениях по свитам и фациям для установления критериев выделения в них автохтонных и аллохтонных битумоидов. Для кембрийских отложений в большинстве образцов характерно низкое ($\leq 0,01\%$) содержание битумоидов. Максимальные концентрации (0,4-1,0%) отмечаются в углеродистых прослоях елогуйской свиты скв. Лемок-1, а относительно повышенные (0,1-0,2%) в прослоях кондесской и поделгинской свит скв. Восток-1. По закономерности Успенского-Вассоевича установлено, что только в пайдугинской свите все битумоиды попадают в область автохтонных битумоидов, в остальных фациях они неравномерно распределены по выделенным полям: автохтонные, остаточные автохтонные и аллохтонные. Разработанная по групповому и углеводородному составу классификация битумоидов показала, что во всех фациях кембрийского разреза Предъенисейского суббассейна проходили миграционные процессы.

Ключевые слова: автохтонный битумоид, аллохтонный битумоид, классификация битумоидов, кембрий, Западная Сибирь

А. Е. Kontorovich, E. A. Kostyreva^{1*}

Criteria for the dividing of autochthonous and allochthonous chloroform extracts in the Paleozoic Deposits of the West Siberian Sedimentary Basin on the Example of the Cis-Yenisei Sub-basin

¹Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, Novosibirsk, Russian Federation
*e-mail: kostyrevaea@ipgg.sbras.ru

Abstract. The purpose of the article is studying the distribution and composition of chloroform extracts of the Cambrian formations and facies in order to divide them into autochthonous and allochthonous and also to establish criteria for their separation. Cambrian sediments are characterized by low ($\leq 0.01\%$) chloroform extracts content in most samples. Maximum concentrations (0.4-1.0%) are observed in the carbonaceous layers of the Elogui formation of Lemok-1 well, and relatively higher concentration (0.1-0.2%) in the interbeds of the Kondess and Podelga formations of Vostok-1 well. According to the Uspensky-Vassoevich law, only Paidugina formation's chloroform extracts has been established to fall into the area of autochthonous type while the rest chloroform extracts of other facies are unevenly distributed between autochthonous, residual autochthonous and allochthonous types. The classification of chloroform extracts developed on the basis of group and hydrocarbon composition showed that migration processes took place in all facies of the Cambrian section of the Cis-Yenisei sub-basin.

Keywords: autochthonous chloroform extracts, allochthonous chloroform extracts, classification of chloroform extracts, Cambrian, West Siberia

Введение

В конце 50-х годов прошлого века Вассоевич Н.Б. разъяснил химико-аналитическое понимание термина битумоид, как экстракта веществ из горных пород «такими органическими растворителями, как хлороформ или спиртобензол, независимо от их характера первичной или вторичной природы, автохтонности или аллохтонности» [Вассоевич, 1959]. Им же для установления степени битуминозности был введен параметр «битумоидный коэффициент (β)» [Вассоевич, 1958]. Закономерность «повышение величины «битумоидного коэффициента» (β) по мере убывания содержания в породе органического вещества» была вначале замечена Успенским В.А. с соавторами (1934, 1949), а позже показана Вассоевичем Н.Б. в глинах карагано-чокракских отложений и получила название закономерность Успенского-Вассоевича [Вассоевич, 1958]. Закономерность Успенского-Вассоевича – это один из первых установленных критериев выделения автохтонных и аллохтонных битумоидов. Введенные Вассоевичем понятия автохтонный и аллохтонный битумоид актуальны и сегодня. Уточняющие термины и синонимы этих понятий, критерии их выделения рассмотрены в работах [Вышемирский, Конторович, Трофимук, 1971, Вассоевич, 1972, Справочник..., 1984, Лопатин, Емец, 1987, Конторович и др., 2018 и др.]. В статье Конторовича А.Э., Костыревой Е.А. (2023) показано распределение органического углерода по свитам и фациям и установлено несколько стратиграфических уровней распространения, обогащенных органическим веществом пород. На основе анализа состава керогена доказана высокая степень преобразованности органического вещества, что предполагает высокую степень интенсивности процессов нефтегазообразования в кембрийских породах в геологическом прошлом [Конторович, Костырева, 2023].

Цель данной работы – изучение распределения и состава битумоидов в кембрийских отложениях по свитам и фациям для установления критериев выделения автохтонных и аллохтонных битумоидов в них.

Методы и материалы

Материал исследования включает 234 образца битумоидов из кембрийских отложений скв. Восток-1, 3, 4, Лемок-1, Тыйская-1. После холодной экстракции хлороформом пород в битумоидах определялся групповой и углеводородный состав методом колоночной хроматографии.

Результаты

Фация эпиконтинентального море с нормальной соленостью вод (1.1). Концентрации битумоидов в карбонатных породах елогуйской свиты скв. Восток -4, терригенных малоомутлинской скв. Восток-3 и преимущественно терригенных эвенкийской скв. Восток-4 в среднем сопоставимы (0,004 против 0,003 и 0,003% соответственно). Для елогуйской свиты скв. Лемок-1 в интервале 2115-2191м отмечаются максимальные значения содержания нафтидов (0,37-1,05%) и

битумоидного коэффициента (68,5%). Средние значения битумоидного коэффициента изменяются от 0,7% в малоомутлинской свите до 6,9% в елогуйской скв. Восток-4. В большинстве образцов эвенкийской свиты битумоидный коэффициент меньше 5%. Из рис. 1 видно, что битумоиды попадают во все 3 поля: аллохтонные, автохтонные и остаточные. Для группового состава битумоидов скв. Восток характерно доминирование (до 85,4%) асфальтово-смолистых компонентов. На асфальтены приходится от 13,6 до 37,5%. Значения отношения насыщенные УВ к ароматическим изменяется от 0,6 до 9,7. В скв. Лемок в максимальной концентрации находятся углеводороды (53,1-59,1%). Значение отношения насыщенные УВ к ароматическим равно 0,8÷1,2. На асфальтены приходится от 8 до 21%.

Фация эпиконтинентального моря с повышенной соленостью вод (1.2).

Содержание битумоидов изменяется от следовых значений в аверинской и тыйской свитах скв. Лемок-1 до 0,07% в бельской скв. Тыйская-1. Среднее содержание битумоидов в отложениях равно 0,01% на породу. Битумоидный коэффициент в бельской свите варьирует от 3,7 до 25,9%. В аверинской и тыйской свитах скв. Лемок-1 его значения не превышают 5%. Среднее содержание битумоидного коэффициента равно 9,9%. Из рис. 1 видно, что битумоиды попадают во все 3 поля: аллохтонные, автохтонные и остаточные. В большинстве (86%) образцов (скв. Тыйская-1) в составе битумоидов в максимальной концентрации (56,6-89,2%) находятся асфальтово-смолистые компоненты, на асфальтены приходится от 14,1 до 55,6%. Значения отношения насыщенные УВ к ароматическим изменяется на порядок (1,0-10,2). В остальных образцах (аверинская и тыйская свиты скв. Лемок-1) в составе битумоидов доминируют углеводороды (54,7-61,1%). Значения отношения насыщенные к ароматическим равно 1,2-1,4. На асфальтены приходится всего 8%.

Фация мелкого моря с развитой системой барьерных и одиночных рифов (2). Содержание битумоидов в карбонатных отложениях оксымской, тыйской и кольчумской свит скв. Восток-4 не превышает 0,03% при среднем 0,005%. В обогащенном органическим углеродом прослое оксымской свиты концентрация битумоидов низкая (0,006%). Битумоидный коэффициент изменяется от 1 до 90%, при среднем 11,6%, а в прослое оксымской свиты меньше 2%. Из рис. 1 видно, что битумоиды попадают во все 3 поля: аллохтонные, автохтонные и остаточные. В групповом составе большинства (86%) битумоидов доминируют асфальтово-смолистые компоненты (51,0-83,1). На асфальтены приходится от 1,4 до 31,3%. Значения отношения насыщенные УВ к ароматическим изменяется от 1,4 до 4,5. В карбонатных породах оксымской свиты в максимальной концентрации находятся УВ (50,8-67,4%). Значения отношения насыщенные УВ к ароматическим изменяется от 1,5 до 3,1. На асфальтены приходится всего 1%.

Фация шельфа и континентального склона открытого моря с «нормальным» уровнем биологической продуктивности (3.1). В чурбигинской, пуджелгинской свитах и большинстве образцов шеделгинской содержание битумоидов изменяется от 0,001 до 0,004%. В кондесской, поделгинской и единичных образцах шеделгинской концентрация битумоидов увеличивается до 0,03%. Битумоидный коэффициент изменяется от 0,5% до 24,2% при среднем 4,9%. Для

обогащенных органическим углеродом прослоев кондесской и поделгинской свит отмечаются повышенные значения хлороформенного экстракта (до 0,22% и 0,11% соответственно). Битумоидный коэффициент в этих прослоях высокий (в среднем 28,7-35,5%). В пласте чурбигинской свиты, где $C_{орг}$ достигает 4-8%, концентрация битумоидов низкая (0,003%), битумоидный коэффициент меньше 1%. Из рис. 1 видно, что битумоиды попадают во все 3 поля: аллохтонные, автохтонные и в меньшей степени в остаточные. В большинстве битумоидов поделгинской, кондесской свит, в обогащенном органическим углеродом пласте чурбигинской и единичных образцах пуджелгинской и шеделгинской свит отмечается доминирование УВ (50,2-95,5%). В их составе содержание насыщенных УВ более, чем в 3 раза выше ароматических. На асфальтены приходится менее 10%. В остальных битумоидах при максимальной концентрации асфальтово-смолистых компонентов содержание асфальтенов достигает 20%. Значение отношения насыщенные УВ к ароматическим изменяется от 0,8 до 18,9.

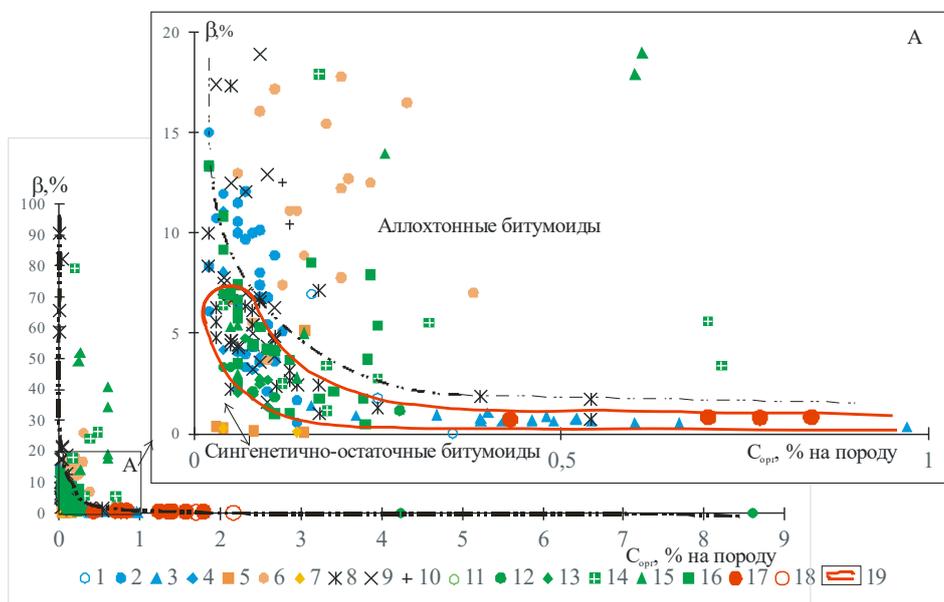


Рис. 1 Зависимость битумоидного коэффициента (β) от содержания органического углерода ($C_{орг}$) (закономерность Успенского -Вассоевича) в кембрийских отложениях Предъенисейской субпровинции (на примере скв. Восток-1, 3, 4, Тыйская-1, Лемок-1)

Фации, свиты, толщи:

- 1). Эпиконтинентальное море: 1.1. с нормальной соленостью: елогуйская свита: 1 - скв. Лемок-1, 2 - скв. Восток-4; 3 - малоомутлинская, 4 - эвенкийская (скв. Восток-4); 1.2. с повышенной соленостью: 5 - тыйская (скв. Лемок-1), 6 - бельская (скв. Тыйская-1), 7 - аверинская (скв. Лемок-1);
- 2). Море мелкое, система барьерных рифов (скв. Восток-4): 8 - оксымская, 9 – тыйская, 10 - кольчумская;
- 3). Шельф и континентальный склон открытого моря: 3.1. «нормальный» уровень биологической активности: чурбигинская свита: 11 - скв. Восток-1, 12 -

скв. Восток-3; 13 - пуджелгинская, 14 - поделгинская, 15 - кондесская, 16 - шеделгинская; 3.2. высокий уровень биологической активности пайдугинская свита: 17 - скв. Восток-1, 18 - скв. Восток -3. 19 – область автохтонных битумоидов.

Фация шельфа и континентального склона открытого моря с высоким уровнем биологической продуктивности (3.2). Содержание битумоидов в пайдугинской свите не превышает 0,01% при низком (<1%) битумоидном коэффициенте. Из рис. 1 видно, что битумоиды попадают в поле автохтонных. В 75% битумоидов доминируют углеводороды (50,1-62,6%). На асфальтены приходится не более 5%. Значение отношения смолы к асфальтенам изменяется от 7,4 до 9,5.

По групповому и углеводородному составу была построена классификация битумоидов кембрия Предъенисейского суббассейна. В качестве диагностических параметров были выбраны сумма смол и асфальтенов (N+S+O) и соотношение концентраций метаново-нафтеновых и нафтеново-ароматических углеводородов (Me-Nn/Nn-Ar) углеводородов. Концентрация гетероциклических соединений (смолы + асфальтены - N+S+O) в битумоидах меняются от 5-7% до 75-80%, отношение Me-Nn/Nn-Ar от 1-2 до 6-8, в единичных образцах до 10-12. Принимая модель хроматографической дифференциации битумоидов в ходе первичной и вторичной миграции, которая была рассмотрена в работе (Вышемирский и др., 1971), по соотношению этих показателей были диагностированы битумоиды как остаточные (максимальные значения концентраций (N+S+O), минимальные отношения Me-Nn/Nn-Ar) и аллохтонные (минимальные значения концентраций (N+S+O), максимальные отношения Me-Nn/Nn-Ar). Между ними были выделены классы, представляющие смешанные группы битумоидов (табл. 1, рис. 2).

Таблица 1

Классификация битумоидов из кембрийских отложений Предъенисейского осадочного бассейна

Класс битумоидов	Групповой состав		Наименование класса
	[NSO]	Me-Nn/ Nn-Ar	
I	>70	<3	остаточные
II	[>60 <80]	<4	миграционно-остаточные 1
III	[>45 <60]	<4	миграционно-остаточные 2
IV	[>50 <85]	4-12	аллохтонные и автохтонные
V	[>40 <50]	4-12	автохтонно-аллохтонные 1
VI	[>30 <40]	4-18	автохтонно-аллохтонные 2
VII	[>30 <45]	<4	аллохтонные
	[>5 <30]	4-12	

Нами принято на этом этапе исследования, как и в работе [Вышемирский и др., 1971], что для автохтонных битумоидов $\beta \leq 5\%$. На рис. 2 показаны выделенные классы в кембрийском разрезе для автохтонных ($\beta \leq 5\%$) и аллохтонных ($\beta > 5\%$) битумоидов по свитам и фациям. К аллохтонным битумоидам также относятся и все

битумоиды V-VII классов. Анализ рис. 2А показал, что при $\beta \leq 5\%$ больше всего битумоидов III класса (41%), а между I, II и IV классом распределение сопоставимое (18, 20 и 21%). В III класс попадают битумоиды из всех фаций. В I и II классах нет битумоидов фации шельфа и континентального склона открытого моря (3), а в IV этой же фации с высоким уровнем биологической продуктивности (3.2). Среди аллохтонных битумоидов больше всего образцов находится в области VII класса (30%), затем в сопоставимых значениях II и IV классы (23 и 21% соответственно) и равных I и III (10%) рис. 2Б. На V и VI классы приходится всего 5 и 1% битумоидов соответственно. Образцы с повышенным содержанием $S_{орг}$ поделгинской, кондеской и чурбигинской свит попадают в V и VII классы. (рис. 2Б). Битумоиды всех фаций попадают в VII класс. В I – III классах отсутствуют битумоиды фаций: эпиконтинентального моря с повышенной соленостью (1.2) и шельфа и континентального склона открытого моря с высоким уровнем биологической продуктивности (3.2), а в IV классе – только из последней фации (3.2). В V и VI классы попадают битумоиды шельфа и континентального склона открытого моря с нормальным уровнем биологической продуктивности (3.1).

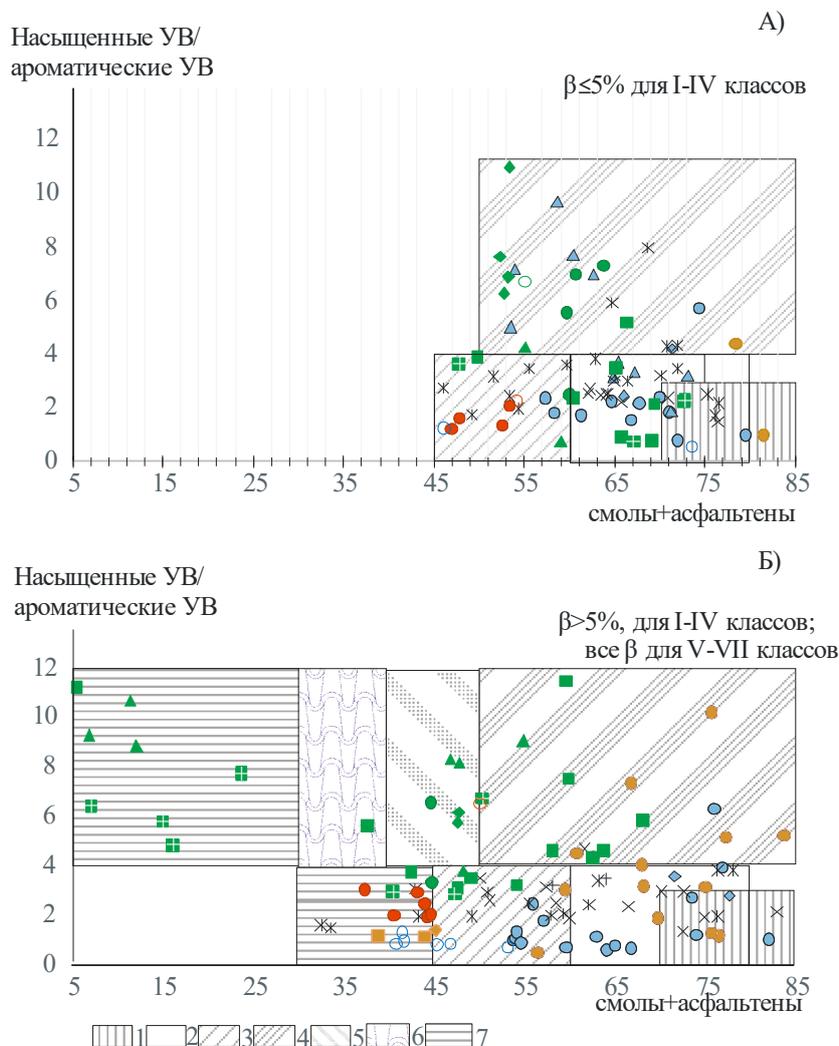


Рис. 2 Классы автохтонных (А) и аллохтонных (Б) битумоидов Предъенисейского осадочного бассейна в кембрийское время

Классы битумоидов: 1 - остаточные (I), 2 - миграционно-остаточные - 1 (II), 3 - миграционно-остаточные -2 (III), 4 - аллохтонные и автохтонные (IV), 5 - автохтонно-аллохтонные - 1 (V), 6 - автохтонно-аллохтонные -2 (VI), 7 - аллохтонные (VII). Остальные условные обозначения смотри на рис. 1

Заключение

Для большинства образцов кембрийских отложений характерно низкое ($\leq 0,01\%$) содержание битумоидов. Максимальные концентрации (0,4-1,0%) отмечаются в углеродистых прослоях елогуйской свиты скв. Лемок-1, а относительно повышенные (0,1-0,2%) в прослоях кондесской и поделгинской свит. Из рис. 1 видно, что только в пайдугинской свите все битумоиды попадают в область автохтонных битумоидов, в остальных фациях битумоиды неравномерно распределились по выделенным полям: автохтонные, остаточные автохтонные и аллохтонные. Разработанная классификация показывает, что во всех фациях кембрийского разреза миграционные процессы протекали интенсивно, что и определяет такое разнообразие классов битумоидов в фациях (рис.2). На следующем этапе исследования классификация пройдет апробацию на коллекции битумоидов из палеозойских отложений юго-востока Западной Сибири.

Благодарности

Исследование выполнено при финансовой поддержке проекта FWZZ-2022-0011 «Органическая геохимия нефтепроизводящих пород и нефтидов, геохимические предпосылки нефтегазоносности протерозойских и фанерозойских осадочных бассейнов Сибири и Республики Саха (Якутия), включая Арктическую зону».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Вассоевич Н.Б. Микронепть // Исследования ВНИГРИ в области нефтяной геологии / Под ред. В.А. Успенского. – Л.: Гостоптехиздат, 1959, с. 131-162. (Тр. ВНИГРИ, вып.132).
2. Вассоевич Н.Б. Образование нефти в терригенных отложениях (на примере чокракско-караганских слоев Терского передового прогиба) // Вопросы образования нефти / Под ред. Н.Б. Вассоевича. – Л.: Гостоптехиздат, 1958, с. 9-22. (Тр. ВНИГРИ, вып.128).
3. Вышемирский В.С., Конторович А.Э., Трофимук А.А. Миграция рассеянных битумоидов. – Новосибирск: Наука, Сибирское отделение, 1971. – 168 с.
4. Вассоевич Н.Б. Исходное вещество для нефти и газа // Происхождение нефти и газа и формирование их месторождений / Под ред. М.Ф. Мирчинка. – М.: Недра, 1972, с. 39-70.
5. Вассоевич Н.Б. Дисперсные битумоиды в осадочных породах // Справочник по геологии нефти и газу / Под ред. Н.А. Еременко. – М.: Недра, 1984, с. 68-78.
6. Лопатин Н.В., Емец Т.П. Пиролиз в нефтегазовой геохимии. – М.: Наука, 1987. – 144 с.
7. Конторович А.Э., Костырева Е.А., Родякин С.В., Сотнич И.С., Ян П.А. Геохимия битумоидов баженовской свиты // Геология нефти и газа. – 2018. – Т.64 – № 2. – С. 79-88.
8. Конторович А.Э., Костырева Е.А. Распределение органического углерода в кембрии Предъенисейского суббасейна // Геология и геофизика. – 2023. – № 7. – С. 1008-1017.

© А. Э. Конторович, Е. А. Костырева, 2024