

для заключения о точном времени данного памятника. Можно только высказать предположение о его верхнепалеолитическом возрасте, возможно, даже о его поздней поре. Прямых аналогий в материалах Костенок, расположенных в 14 км по прямой к югу от данного поселения, пока не видно. Положение культурного слоя в низах современной почвы нас не должно смущать, так как известно много случаев, когда современная почва развивается на древних отложениях самого разного возраста. Песчаные отложения левобережья Дона в верхнем плейстоцене интенсивно перевеивались ветрами, и современная почва формировалась на разновременных отложениях.

Палеолитическая стоянка Иволга, открытая в окрестностях г. Воронежа, существенно дополняет

наши знания о древнейшей истории заселения Воронежского края и бассейна Дона в целом. Она, несомненно, заслуживает продолжения исследования.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Праслов Н. Д. Палеолит бассейна Дона (проблемы стратиграфии, хронологии и развития культуры). – СПб. -2001. -С. 24–25.
2. Тарасов Л. М. Масловка — палеолитическая стоянка на р. Воронеж // Краткие сообщения о докладах и полевых исследованиях Ин-та археологии АН СССР. - 1983. -Вып. 173. -С. 67–71.
3. Тарасов Л. М. Палеолит бассейна Верхнего Дона // Археологические памятники лесного Придонья. – Липецк, 1996. -С. 83–85.

УДК 550.4:553.634(100)

## ОСОБЕННОСТИ ЭВОЛЮЦИИ СОСТАВА МОРСКИХ РАСТВОРОВ В ФАНЕРОЗОЕ

О.П. Гончаренко, Г.А. Московский

*Саратовский государственный университет*

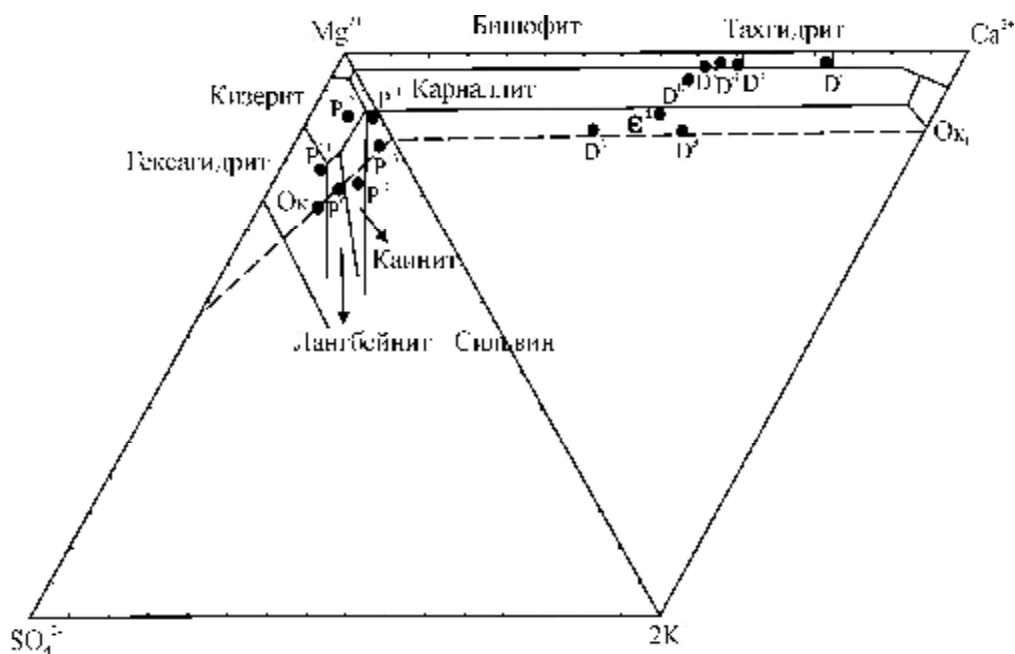
Использование результатов ультрамикрoхимического анализа состава растворов включений в минералах солей различных стадий развития солеродных бассейнов фанерозоя и сравнение относительных величин площадей распространения сульфатных пород, каменной соли и калийных солей в палеозойских эвапоритовых бассейнах позволяют сделать вывод о том, что на протяжении всего фанерозоя воды Мирового Океана соответствовали сульфатному типу, независимо от состава образующихся парагенезисов галогенных минералов.

Проблема эволюции химического состава морских растворов в фанерозое обсуждалась неоднократно. По мнению М.Г. Валяшко [1], Н.С. Курнакова, А.В. Николаева [2], Ю.В. Морачевского [3], М.А. Жаркова [4,5] и др. на протяжении всего фанерозоя состав растворов Мирового Океана соответствовал сульфатному типу, а образование хлоридных либо хлоридно-сульфатных парагенезисов солей связывалось с процессами метаморфизации морских растворов в самих солеродных бассейнах. В то же время В.М. Ковалевичем [6], Ю.П. Казанским [7,8] рядом других исследователей предполагалось, что эволюция состава рапы в эвапоритовых бассейнах начиная с раннего кембрия (а возможно и позднего докембрия) была адекватна направленности изменений в составе вод Мирового Океана, и заключалась в неоднократном переходе ее из хлоридного типа в сульфатный. При этом первое появление солеродных бассейнов с рапой сульфатного типа связывалось с пермским периодом [4,5].

Имеющиеся в нашем распоряжении уникальные данные о составе растворов включений в минералах солей из палеозойских отложений ряда калийных бассейнов свидетельствуют о том, что на заключительной стадии галогенеза в палеозое морские растворы соответствовали либо сульфатному,

либо хлоридному химическому типу рапы. Подтверждением тому является расположение фигуративных точек состава растворов включений в галите из палеозойских отложений на совмещенных диаграммах системы  $SO_4^{2-}-Mg^{2+}-2K^+$  и  $Mg^{2+}-Ca^{2+}-2K^+$  для  $45^0$  (рис. 1). Так, если кембрийский и девонские калийные бассейны отличались хлоридным типом состава рапы, то пермские бассейны характеризовались сульфатным типом (в различной степени метаморфизованные) исходных морских растворов (рис. 1, табл.1).

В мезозое и кайнозое картина химического состава морских растворов калийных бассейнов более пестрая. Они изменяются от сульфатного (бассейны триасового периода) через промежуточный тип растворов (бассейны верхней юры) до хлоркальциевого подтипа (меловые бассейны) (рис. 2). Это иллюстрируется расположением фигуративных точек состава растворов включений в галите из мезо-кайнозойских отложений ряда бассейнов на совмещенных диаграммах системы  $SO_4^{2-}-Mg^{2+}-2K^+$  и  $Mg^{2+}-Ca^{2+}-2K^+$  для  $45^0$  (рис. 2, табл. 2). Так, фигуративные точки состава растворов включений в галите из отложений юрского и частично палеогенового периодов располагаются на совмещенных диаграммах системы  $SO_4^{2-}-Mg^{2+}-2K^+$  и  $Mg^{2+}-Ca^{2+}-2K^+$  на ли-



**Рис. 1.** Изменение химического состава рапы древних калийных бассейнов палеозойского периода: 1 -  $e^f$  – кембрийский Восточно-Сибирский бассейн; 2 -  $D^2$  – среднедевонский Морсовский бассейн; 3 -  $D^3$  – среднедевонский Западно-Канадский бассейн; 4 -  $D^4$  – среднедевонский Днепрово-Донецкий бассейн; 5 -  $D^5$  – франкий Днепрово-Донецкий бассейн; 6 -  $D^6$  – фаменский Днепрово-Донецкий бассейн; 7 -  $D^7$  – франкий Припятский бассейн; 8 -  $D^8$  – фаменский Припятский бассейн; 9 -  $P^9$  – ассельский Днепрово-Донецкий бассейн; 10 -  $P^{10}$  – сакмарский Днепрово-Донецкий бассейн; 11 -  $P^{11}$  – кунгурский Прикаспийский бассейн; 12 -  $P^{12}$  – кунгурский Предуральский бассейн; 13 -  $P^{13}$  – артинский Средне-Европейский бассейн; 14 -  $P^{14}$  – татарский Западно-Техасский бассейн

Таблица 1

Средний химический состав растворов включений в галите из палеозойских отложений

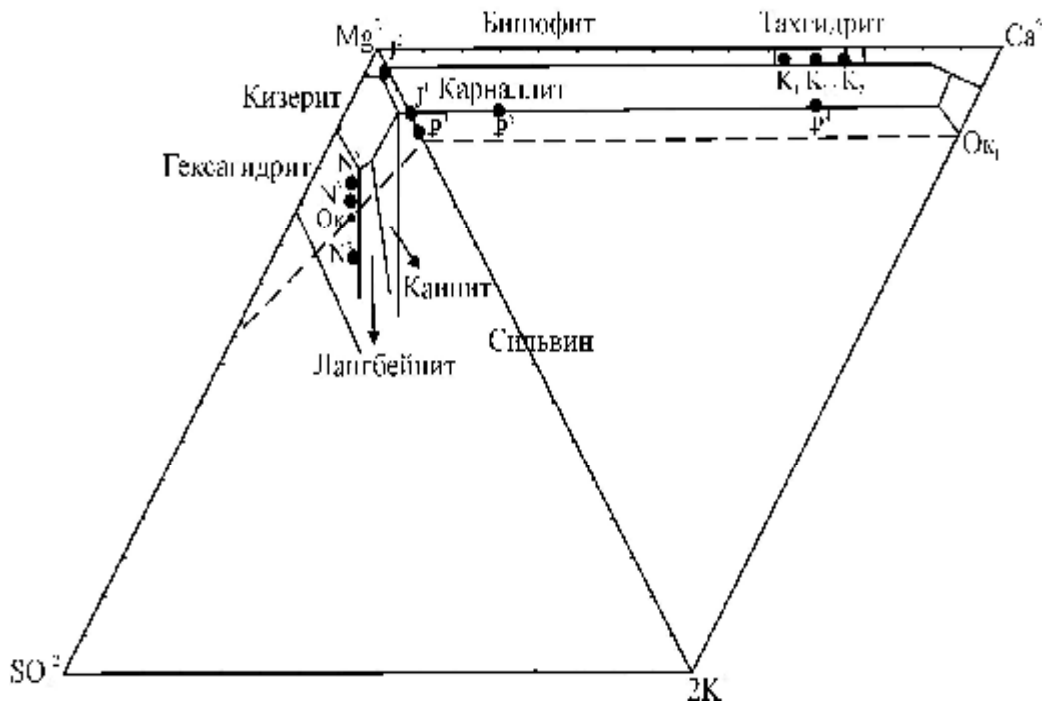
Период	Бассейн	Содержание, г/л					Индексы (рис. 2)			
		NaCl	KCl	MgCl <sub>2</sub>	CaCl <sub>2</sub>	MgSO <sub>4</sub>	2K <sup>+</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Ca <sup>+2</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>
$e$	1	75	57	175	181		10	45	45	
D	2	350	8,7	20,8	6,6	Сл.	17	65	18	
		350	8,7	20,8	сл.	2,2	20	77	3	
	3	325,5	14,6	20,4	27,7	не об.	17	39	44	
	4	60	5,7	58,8	277	не об.	1	23	76	
	5	70	7,6	105,8	216,1	не об.	2	35	63	
	6	150	1,9	86,2	166,2	не об.	1	38	61	
	7	30	11,6	135,2	245,2	не об.	2	39	59	
	8	10	26,6	196,0	277,0	не об.	4	44	52	
P	9	220	32,3	99,9		27,5	11	76		13
	10	140	52,4	158,8		30	14	77		9
	11	210	20,9	136,2		6,2	8	88		4
	12	200	9,5	176,2		6,2	6	89		5
	13	20,0	95,0	345,9		8,7	14	84		2

Условные обозначения: 1 – Восточно-Сибирский бассейн; 2 – Морсовский бассейн; 3 – Западно-Канадский бассейн; 4 – Днепрово-Донецкий бассейн – средний девон, 5 – франкий бассейн ДДВ, 6 – фаменский бассейн ДДВ; 7 – франкий Припятский бассейн, 8 – фаменский Припятский бассейн, 9 – Днепрово-Донецкий ассельский бассейн; 10 – Днепрово-Донецкий сакмарский бассейн 11 – Прикаспийский бассейн; 12 – Предуральский бассейн; 13 – Центрально-Европейский бассейн. По бассейнам 1-10 использованы данные О.И. Петриченко [11]; 11-13 – данные О.П. Гончаренко, Г.А. Московского [12,13], и данные С.Л. Stein and J.L. Krumhansl [14]

нии  $Mg^{2+}$ - $2K^+$  и частично (палеогеновые отложения) – на границе полей сильвина и карналлита в правой части совмещенных диаграмм. Для мелового периода характерно расположение фигуративных точек состава растворов включений в поле тахгидрита и на границе тахгидрита и бишофита на диаграмме  $Mg^{2+}$ - $Ca^{2+}$ - $2K^+$  для  $45^0$  (рис. 2). Фигуративные точки состава растворов включений в галите из отложений

неогенового возраста характеризуются закономерным расположением на диаграмме  $SO_4^{2-}$ - $Mg^{2+}$ - $2K^+$  для  $45^0$  в поле гексагидрита, подтверждая близость состава морских растворов неогенового периода на стадии формирования калийных и калийно-магниевых отложений с составом СОВ (рис. 2).

Косвенным подтверждением представления о возможности периодического изменения состава вод



**Рис. 2.** Изменение химического состава рапы древних калийных бассейнов мезозойского и кайнозойского периодов: 1 - J<sup>1</sup> – Предкавказский бассейн; 2 - J<sup>2</sup> – Средне-Азиатский бассейн; 3 - P<sup>3</sup> – Верхнерейнский бассейн; 4 - P<sup>4</sup> – Ронский бассейн; 5 - P<sup>5</sup> – Ереванский бассейн; 6 - N<sup>6</sup> - Предкарпатский бассейн; 7 - N<sup>7</sup> - Предкарпатский бассейн; 8. N<sup>8</sup> – Сицилийский бассейн; 9 - K<sub>1</sub> – Западно-Африканский бассейн; 10 - K<sub>1-1</sub> бассейн Сержили-Алагоас; 11 - K<sub>2</sub> – Таиландский бассейн

**Таблица 2**

**Средний химический состав растворов включений в галите из мезозойских и кайнозойских отложений (по данным О.И. Петриченко [11])**

Период	Бассейн	Содержание, г/л					Индексы (рис. 3)			
		NaCl	KCl	MgCl <sub>2</sub>	CaCl <sub>2</sub>	MgSO <sub>4</sub>	2K <sup>+</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Ca <sup>+2</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>
J	1	150	30,9	204,2	1,3	He об.	9	91		
	2	50	14,1	309,2	1,4	3,1	3	96		1
P	3	15	76	313,3	1,4	0,7	13	87		
	4	310	7,9	16,5	54,1	He об.	7	27	66	
	5	290	23,6	48,6	27,7	He об.	8	77	15	
N	6	110	53,2	141,1		85	11	67		22
	7	260	15,9	75,8		24,9	8	76		16
	8	80	32,3	198,8		64,3	7	78		15

Условные обозначения: 1 – Предкавказский бассейн; 2 – Средне-Азиатский бассейн; 3 – Верхнерейнский бассейн; 4 – Ронский бассейн; 5 – Ереванский бассейн; 6, 7 – Предкарпатский бассейн; 8 – Сицилийский бассейн

океана на протяжении фанерозоя является то, что в ряде древних солеродных бассейнов формирование солей шло из рапы хлоридного типа (кембрийский Восточно-Сибирский, девонские, позднеюрские и меловые бассейны), а в ряде бассейнов - из рапы сульфатного типа (позднекембрийский, силурийский, раннекаменноугольный, пермские, триасовые, раннеюрские, палеогеновые и неогеновые бассейны). Эволюция солевого состава в геологической истории Земли по результатам исследования Ю.П. Казанского [8] происходила по пути сокращения содержания аммония, кальция, карбоната и бикарбоната при соответствующем увеличении содержа-

ния магния, натрия, хлора и сульфат-иона. Изменение общей солености вод Мирового Океана определяло химический тип рапы древних бассейнов и минеральный состав морских осадков. Анализ состава калиеносных осадков позволил Ю.П. Казанскому [7,8] выявить определенную последовательность смены минерального состава галогенных отложений от бессульфатного (хлоридного) к сульфатно-хлоридному и затем к сульфатному. Ю.Ф. Кореннов [9] объясняет подобные изменения состава минеральных парагенезисов солей эволюцией химического состава вод Мирового океана [6], которые имели хлоридный тип в допермское время и сульф-

фатный тип, начиная с пермского периода. Подобные закономерности в изменении состава вод океана предполагают меньшую роль процессов метаморфизации в изменении состава океанических растворов, из которых образовывались разнообразные по составу соли и, соответственно, в образовании эвапоритов в целом. Подтверждением тому являются исследования Ю.Ф. Кореннова по оценке роли континентального стока в метаморфизации рапы древних солеродных бассейнов. На примере кембрийского Восточно-Сибирского бассейна им показано, что переход рапы усольского бассейна из сульфатного в хлоридный тип под воздействием карбоната кальция маловероятен. Для обеспечения полной метаморфизации рапы в подготовительные бассейны усольского времени по его расчетам должно было бы ежегодно поступать "40 тыс. км<sup>3</sup> речных вод, что превышает величину речного стока всех континентов" (1976, с. 9). Кроме того, в результате привнесения в акваторию подготовительного усольского бассейна вместе с глинами агента метаморфизации  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  должно было бы происходить не только обессульфачивание рапы за счет обмена поглощенного комплекса с катионами солевого раствора, но и осаждение большого количества глин. В соленосных же отложениях усольской свиты глины практически отсутствуют [9].

На примере девонских отложений Припятской впадины С.Д. Гемпом показана невозможность метаморфизации вод этого бассейна и под влиянием захороненных рассолов хлоркальциевого состава. Он рассчитал, что для десульфатизации рапы необходим такой объем этих рассолов, который негде захоронить. Поскольку, по его мнению, объем захороненных рассолов превышал бы объем осадков бассейна, в которых они были бы захоронены [10]. Тогда как М.Г. Валяшко придавал огромное значение захороненным рассолам хлоркальциевого состава, метаморфизирующим рапу сульфатного типа, особенно на высоких стадиях осолонения бассейна [1]. Расчеты Ю.Ф. Кореннова и С.Д. Гемпа подвергают сомнению некоторые положения концепции метаморфизации в изменении химического состава растворов древних морских солеродных бассейнов, вплоть до их перехода из сульфатного в хлоридный тип.

Рассматривая химическую эволюцию океана в фанерозое, В.М. Ковалевич [6] предложил способ реставрации солевого состава океанической воды на основании данных по сгущению современной океанической воды. Для расчета состава древней океанической воды им были рассчитаны стандарты состава рассолов, которые сопоставлялись с составом рапы включений в седиментационном галите из отложений разновозрастных бассейнов. Такой анализ позволил ему реставрировать химический тип и состав вод океана фанерозоя и выявить три химических типа вод океана: сульфатный, промежуточный и хлоркальциевый. Сульфатный тип растворов полностью отражает соотношение компонентов в со-

временной океанической воде. В рассолах промежуточного и хлоркальциевого типов до начала садки галита должно сохраниться аналогичное растворам сульфатного типа содержание натрия, хлора, калия и магния. Основные различия растворов этих типов заключаются в содержании ионов кальция и сульфата: для рассолов сульфатного типа характерны высокие концентрации  $\text{SO}_4^{2-}$  (21 г/л) на начало галитовой стадии, для рассолов промежуточного типа установлено низкое содержание и  $\text{SO}_4^{2-}$  и  $\text{Ca}^{2+}$  (в пределах растворимости  $\text{CaSO}_4$ ), а для рассолов хлоркальциевого типа – высокое содержание Са (примерно 10 г/л) этой же стадии. На калийной стадии развития бассейна из рассолов сульфатного типа, по мнению В.М. Ковалевича [6], образуются, в основном, сульфаты магния и хлориды калия и магния; из рассолов промежуточного типа – хлориды калия и магния; из рассолов хлоркальциевого типа – хлориды калия, магния и кальция. На эвтонической стадии развития главными компонентами в первом и втором типе растворов являются хлориды магния, а в третьем типе – хлориды магния и кальция.

Таким образом, морские растворы на стадии садки галита и калийных солей в большей части калиеносных бассейнов в фанерозое соответствовали сульфатному типу, тогда как хлоркальциевый тип растворов установлен только в среднекембрийских, средне-позднедевонских и ранне- (аптский век) и позднемеловых бассейнах (рис. 1, 2).

Весь выше приведенный материал убеждает нас в том, что на протяжении фанерозоя состав морских растворов на стадиях садки галита и калийных и калийно-магниевых солей периодически менялся от хлоридного типа (кембрий, девон, мел) к сульфатному (пермь, триас, неоген) типу. При этом, несмотря на выводы В.М. Ковалевича [6], Ю.П. Казанского [8], расчеты Ю.Ф. Кореннова [9] и С.Д. Гемпа [10], предположение об изменении в фанерозое состава вод Мирового Океана, в целом, остается спорным. В этой связи стоит отметить, что эволюция состава океанической воды в фанерозое выше упомянутыми авторами была рассмотрена на основании изучения включений в галите и в минералах калийной стадии бассейнов фактически без учета гипсовой стадии. С последней связано образование мощных толщ сульфатных солей кальция (гипс-ангидритовые отложения), которые оказались практически не учтенными при рассмотрении состава вод Мирового Океана. В связи с чем автор считает необходимым обратиться к исследованиям М.А. Жаркова, согласно которым мнение о хлоркальциевом типе вод Мирового Океана в допозднекаменноугольное время ошибочно [4,5]. Главной причиной ошибки, по его мнению, является то, что предположение об изменении содержания сульфат-иона в океанических водах сделано только на основании данных об изменении минерального состава калийных солей. По его мнению, при рассмотрении эволюции солевого состава вод Мирового Океана в палеозое необходимо учитывать объем различных га-

логенных пород в пределах всего эвапоритового бассейна. Отсутствие сульфатно-магниевого осадка от кембрия до карбона включительно и появление их только в пермских солеродных бассейнах определялось характером связи солеродного бассейна с открытым морем или океаном. При более широких связях с морем возникал большой недостаток каменной и калийных солей по сравнению с наблюдаемыми объемами сульфатов кальция, а состав калийных минералов был только хлоридным. При изолированности бассейнов от открытого моря вплоть до прекращения обратного оттока тяжелой концентрированных рассолов, недостаток каменной и калийных солей сокращался, результатом чего являлось формирование калийных солей сульфатного типа. Полученные М.А. Жарковым расчеты показали, что в бассейнах с избыточным объемом сульфатно-кальциевых пород относительно имеющегося в них объема каменной соли (ранне- и среднепалеозойские бассейны) отмечается отсутствие сульфатно-магниевого пород и калийных солей сульфатного типа. В бассейнах, где избыток сульфатно-кальциевых пород был незначительным (пермские), отмечается формирование сульфатных калийных солей и сульфатно-магниевого пород. Данные факты свидетельствуют о том, что в водах Мирового Океана в раннем и среднем палеозое "сульфат-иона отнюдь не было мало" (стр. 16, [4]). Основная его масса осаждалась в эвапоритовых бассейнах на сульфатно-кальциевой (гипсовой) стадии седиментации. Это подтверждает ошибочность мнения о хлоркальциевом типе вод Мирового океана в допозднекаменноугольное время. Эволюцию галогенеза в целом и калийного осадконакопления в частности, по мнению М.А. Жаркова, необходимо рассматривать в связи с сульфатонакоплением [4].

Учитывая противоречивость всей выше приведенной информации, нами сделана попытка выявить закономерности связей между площадью эвапоритовых бассейнов, площадью распространения в них сульфатных пород и наблюдаемых в бассейнах каменной и калийных солей, используя данные М.А. Жаркова [4] (табл.3, графы 3-7). При этом для решения проблемы возможного изменения состава вод Мирового Океана на протяжении палеозоя использованы результаты изучения включений О.И. Петриченко [11], В.М. Ковалевича [6], Г.А. Московского [12, 13], О.П. Гончаренко [12,13], С.L. Stein and J.L. Krumhansl [14] (табл.3, графа 8).

Для оценки возможных изменений состава вод Мирового Океана в геологической истории и отражения этого процесса в формировании эвапоритовых парагенезисов мы сочли необходимым сравнить относительные величины площадей распространения сульфатных пород, каменной соли и калийных пород хлоридного и сульфатного типов в палеозойских калиеносных бассейнах (табл.3). Общая площадь каждого бассейна принята за 100% независимо от ее истинного значения. Использование условной единицы, рассчитанной как отноше-

ние истинного значения площади распространения тех или иных пород к площади определенного бассейна, принятого за 100%, позволяет получить более четкую картину закономерностей связей площадей распространения различных эвапоритовых отложений в бассейнах в зависимости от состава морских вод, оцениваемых по результатам анализа рапы включений в галогенных отложениях. Анализ полученных результатов пересчетов и гистограмм, построенных на основании данных таблицы 3, позволил выявить ряд интересных и характерных особенностей (рис.3-9).

Обратимся к таблице 3 и рисунку 3, на котором показано соотношение площадей эвапоритовых калиеносных бассейнов, принятых за 100% и площадей, распространенных в них сульфатных пород (графа 14), каменной соли (графа 15) и калийных солей хлоридного (графа 16) и сульфатного (графа 17) типов. Согласно данным состава растворов включений в галите палеозойских отложений морские воды в кембрии (Восточно-Сибирский бассейн) и девоне (Тувинский, Западно-Канадский, Верхнедевонский Русской платформы бассейны), соответствовали хлоридному типу. силурийском (Мичигано-Предпалаечский бассейн) и пермском периодах (Мидконтинента, Супай, Восточно-Европейский, Центрально-Европейский) – отвечали сульфатному типу. При этом по площади сульфатонакопления (породы ангидрит-гипсового состава) четко выделяется раннекембрийская эпоха (Восточно-Сибирский бассейн) и девонский период (Западно-Канадский, Тувинский, Верхнедевонский Русской платформы бассейны) (рис.4). Для бассейнов силурийского (Мичигано-Предпалаечский бассейн), каменноугольного (бассейны Маритим и Игл, за исключением бассейна Парадокс) и пермского периодов (бассейны Мидконтинента, Супай и Восточно-Европейский, за исключением Центрально-Европейского) отмечаются меньшие площади распространенных в них сульфатных пород. Стоит обратить внимание на тот факт, что для бассейнов, в которых большую часть их площади занимали породы сульфатного типа (более 50%) относительно площадей распространения каменной соли и калийных солей сульфатного и хлоридного типов установлено, что образование каменной и калийных солей происходило из морских растворов хлоркальциевого состава. Тогда как, если сульфатные породы занимают 50% и меньше общей площади бассейна, то на стадии формирования каменной соли отмечается рапа сульфатного типа. Таким образом, характер изменения состава морских растворов в палеозое зачастую согласуется с изменениями площадей распространения в эвапоритовых бассейнах сульфатных пород, накопившихся до формирования каменной соли и калийных отложений сульфатного и хлоридного типа.

В изменении площадей распространения каменной соли (табл.3, графа 15, рис.5) относительно общей площади того или иного эвапоритового кали-



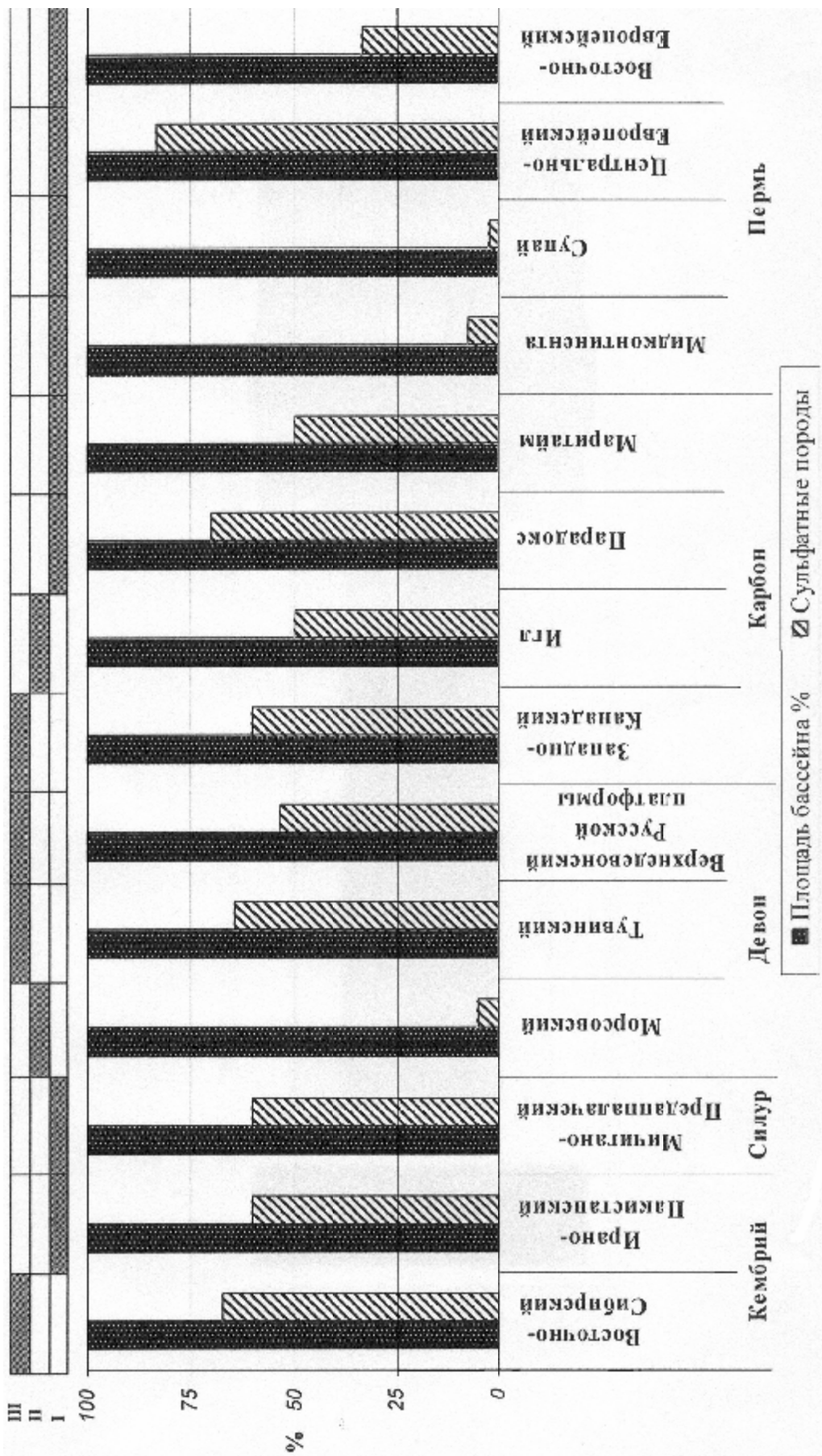


Рис. 4. Соотношение относительных площадей палеозойских эвапоритовых бассейнов и площадей распространения в них сульфатных пород: / – сульфатный тип морских растворов; II – промежуточный тип; III – хлоркальциевый тип

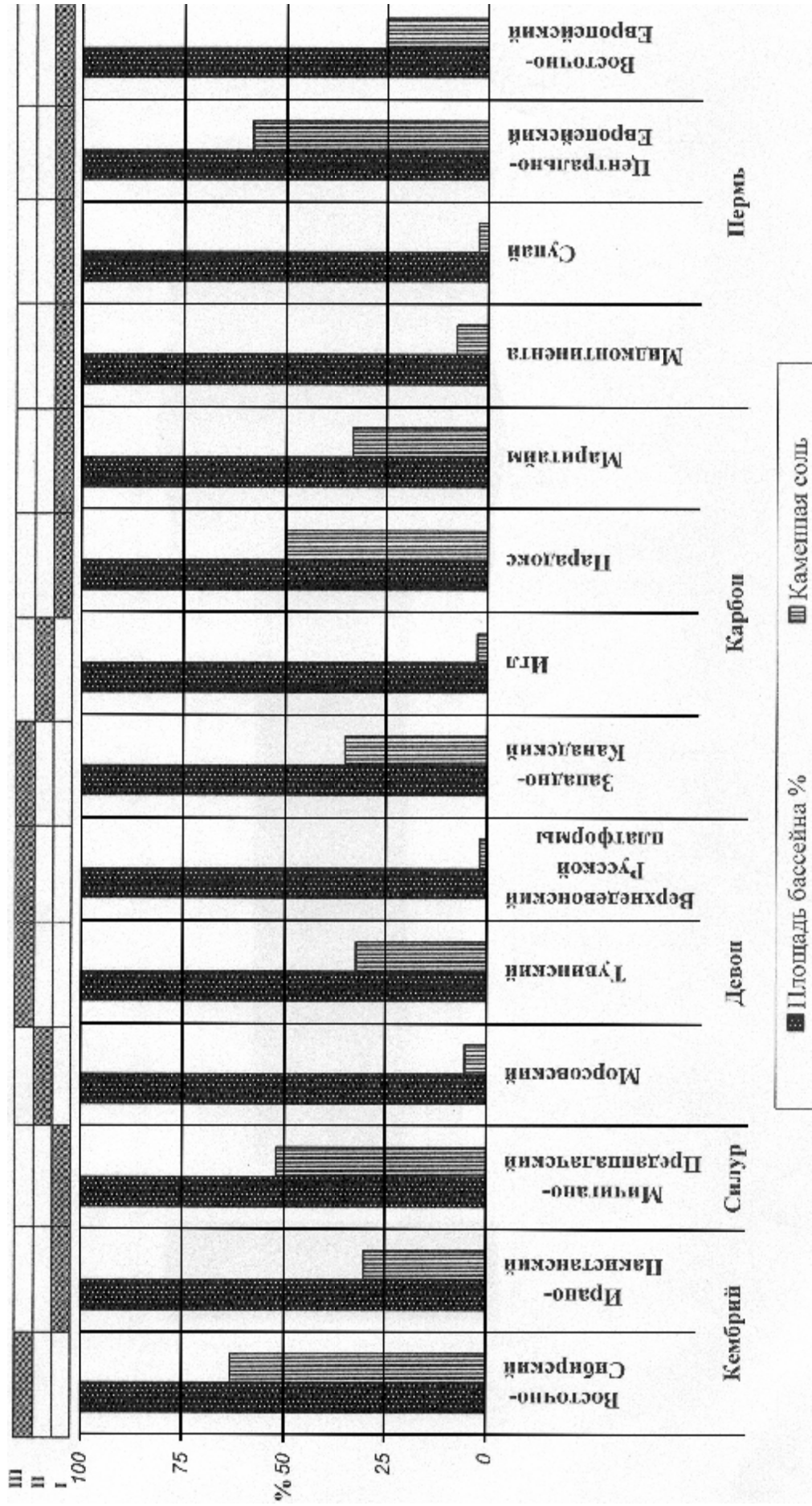


Рис. 5. Соотношение относительных площадей палеозойских эвапоритовых бассейнов и площадей распространенной в них каменной соли: I – сульфатный тип морских растворов; II – промежуточный тип; III – хлоркальциевый тип



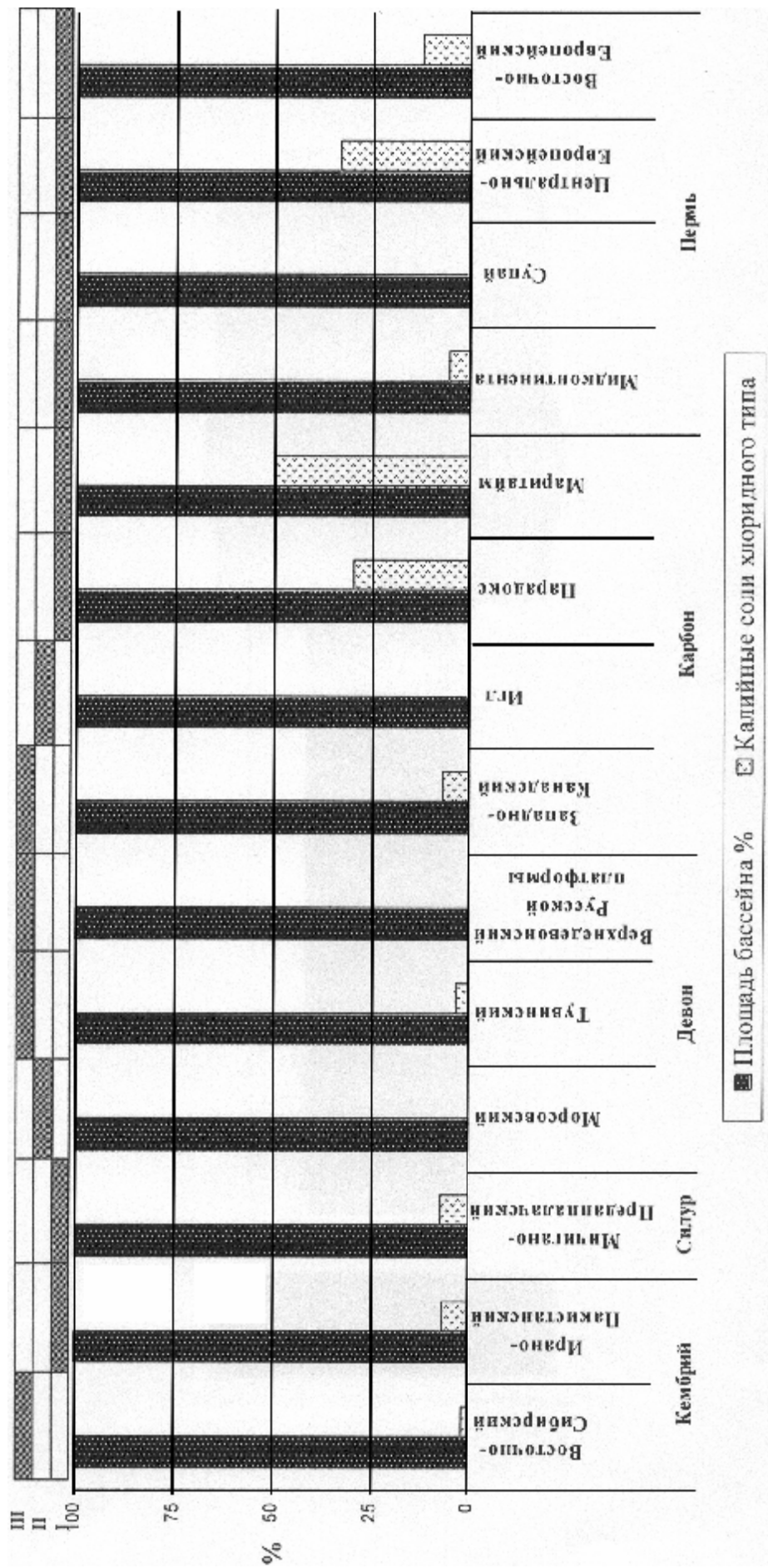


Рис. 6. Соотношение относительных площадей палеозойских эвапоритовых бассейнов и площадей распространения в них калийных солей хлоридного типа: I – сульфатный тип морских растворов; II – промежуточный тип; III – хлоркальцевый тип

еносного бассейна отмечается более пестрая картина. Тем не менее, для кембрийского Восточно-Сибирского и пермского Центрально-Европейского бассейнов характерно, что площадь распространения каменной соли в них занимает более 50%, в силурийском Мичигано-Предаппалачском бассейне и каменноугольном бассейне Парадокс – приходится 50% каменной соли от общей площади бассейнов. Во всех остальных эвапоритовых калиеносных бассейнах палеозоя площадь каменной соли составляет 2-30% от общей площади бассейна (табл.3, рис.5). Возможное перераспределение отложений каменной соли по акватории бассейна создает определенные трудности в подсчете истинных значений площадей их распространения, чем видимо и объясняет факт отсутствия какой-либо зависимости между общей площадью бассейна и площадью распространения в нем отложений каменной соли. Учитывая, что формирование каменной соли в эвапоритовом бассейне определяется только концентрацией натрия в растворе, говорить о зависимости площади их распространения от состава вод Мирового Океана не приходится.

График зависимостей площадей эвапоритовых бассейнов и площадей, распространенных в них калийных отложений хлоридного типа (рис.6, 7) показывает на то, что калийное осадконакопление занимало максимальные площади в бассейнах пермского периода, начиная с кунгурского века и вплоть до конца палеозоя, и составляло 7-35% от общей площади бассейнов. Для всего пермского периода состав морских растворов соответствовал сульфатному типу (табл.3). Для раннекаменноугольного эвапоритового калиеносного бассейна Маритайм также отмечается значительная площадь распространения калийных отложений (табл.3) относительно его общей площади и сульфатный тип морских растворов на стадии образования галита и калийных солей. Для кембрийских бассейнов площадь калийных отложений хлоридного типа составляла 1,89% в Восточно-Сибирском бассейне с хлоридным типом рапы на стадиях формирования каменной соли и калийных отложений и 7% в Ирано-Пакистанском, для которого отмечается сульфатный тип рапы. В силурийском Мичигано-Предаппалачском бассейне калийные отложения занимали от общей площади 7,20%; а состав морских растворов характеризовался сульфатным типом. В девонских бассейнах, морские растворы которых отличались исключительно хлоркальциевым составом, на долю калийных солей хлоридного типа приходилось 0,02% (Морсовский), 3,23% (Тувинский), 0,13% (Верхнедевонский бассейн Русской платформы) от общей площади бассейна. Для каменноугольных бассейнов площади распространенных в них калийных солей составляют 7% в Западно-Канадском, 30% в бассейнах Маритайм и Парадокс и 0,5% в бассейне Игл (табл.3, рис.6). Сопоставляя данные относительных площадей распространения калийных отложений хлоридного типа в палеозойских

бассейнах с анализами состава растворов морской рапы на стадии формирования калийных солей хлоридного типа, обращает на себя внимание, что максимальные площади их распространения отмечаются в бассейнах с рапой сульфатного типа. Несмотря на возможность перераспределения калийных солей по акватории бассейна и связанную с этим сложность подсчета истинных площадей их распределения в палеозойских бассейнах, тенденция обратной зависимости значений относительных площадей распространения калийных хлоридных солей от состава морских растворов сульфатного типа сохраняется на протяжении палеозоя. Это позволяют судить о противоречивости представлений Ю.Ф. Кореннова [9], С.Д. Гемпа [10], В.М. Ковалевича [6] и др. об изменении состава вод Мирового Океана на протяжении фанерозоя.

Что касается площадей распространения калийных отложений сульфатного типа, то для них отмечается четкая зависимость от состава морских растворов (табл.3, рис. 8, 9). Максимальные значения площадей распространения сульфатных калийных солей установлены в бассейнах с морскими растворами сульфатного типа. Это прежде всего пермские (Центрально-Европейский и Восточно-Европейский), раннекембрийский Ирано-Пакистанский, раннесилурийский Мичиганский бассейны и ранне-среднекаменноугольные бассейны Маритайм, Парадокс и Игл. Для всех средне- и позднедевонских эвапоритовых калиеносных бассейнов характерно отсутствие калийных солей сульфатного типа.

В результате проведенного анализа относительных площадей распространения галогенных пород различного типа в эвапоритовых калиеносных палеозойских бассейнах в зависимости от изменения состава морских растворов на основании данных состава рапы включений галитовых и калийных отложений можно сделать следующие выводы.

1. Сульфатная минерализация осуществлялась на протяжении всей палеозойской эры. Несмотря на это, максимальные площади распространения сульфатных осадков ангидрит-гипсового состава отмечаются в раннекембрийском и средневерхнедевонском периодах. Именно в бассейнах этих периодов установлены морские растворы хлоридного типа на стадии формирования каменной соли и калийных отложений. Видимо, именно процесс формирования огромных масс отложений сульфатного типа явился причиной обессульфачивания исходных морских растворов в раннекембрийских (Восточно-Сибирский) и поздневерхнедевонских (Тувинский, Морсовский, Эдавейльский, Эльк-Пойнтский, Днепрово-Донецкий и Припятский) бассейнах. И к моменту формирования толщ каменной соли, и калийных хлоридных отложений рапа в бассейнах соответствовала хлоркальциевому подтипу.

2. Несмотря на более пеструю картину в изменении площадей распространения каменной соли, галитонакопление в палеозое характеризовалось

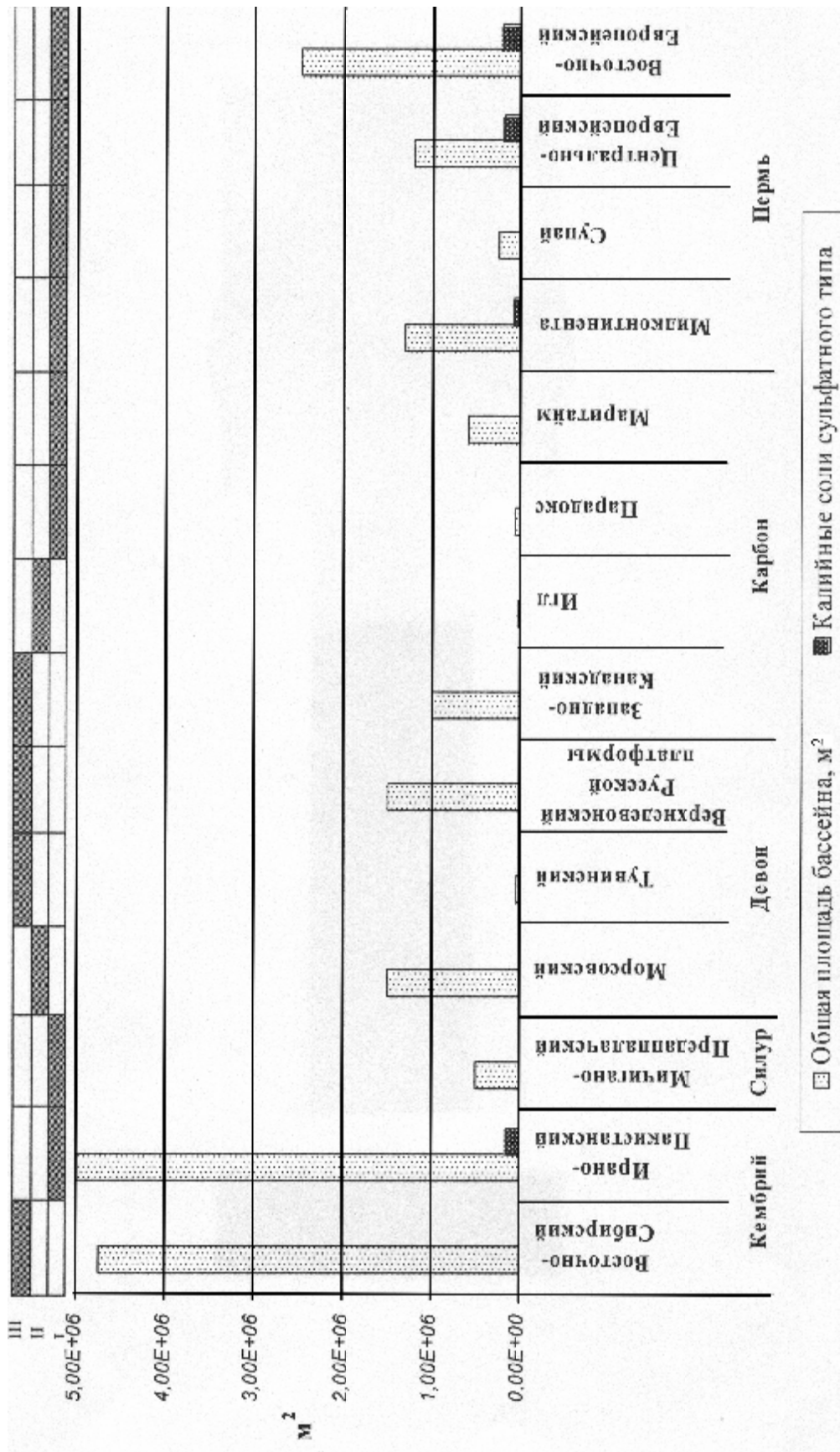


Рис. 7. Площади распространения калийных хлоридных солей в эвапоритовых отложениях палеозоя: / – сульфатный тип морских растворов; II – промежуточный тип; III – хлоридный тип

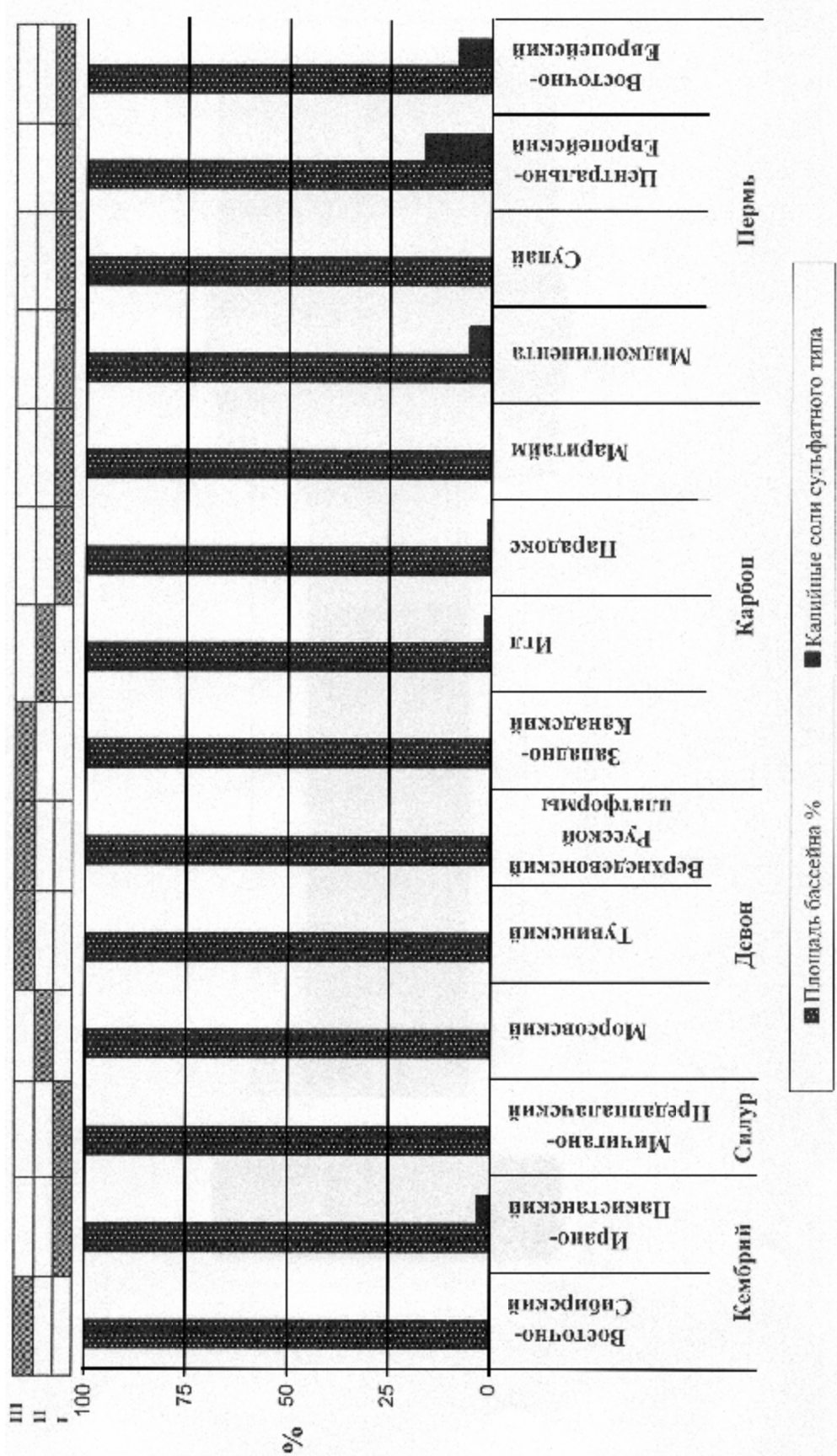


Рис. 8. Соотношение относительных площадей палеозойских эвапоритовых бассейнов и площадей распространения в них калийных солей сульфатного типа: I – сульфатный тип морских растворов; II – промежуточный тип; III – хлоркальциевый тип

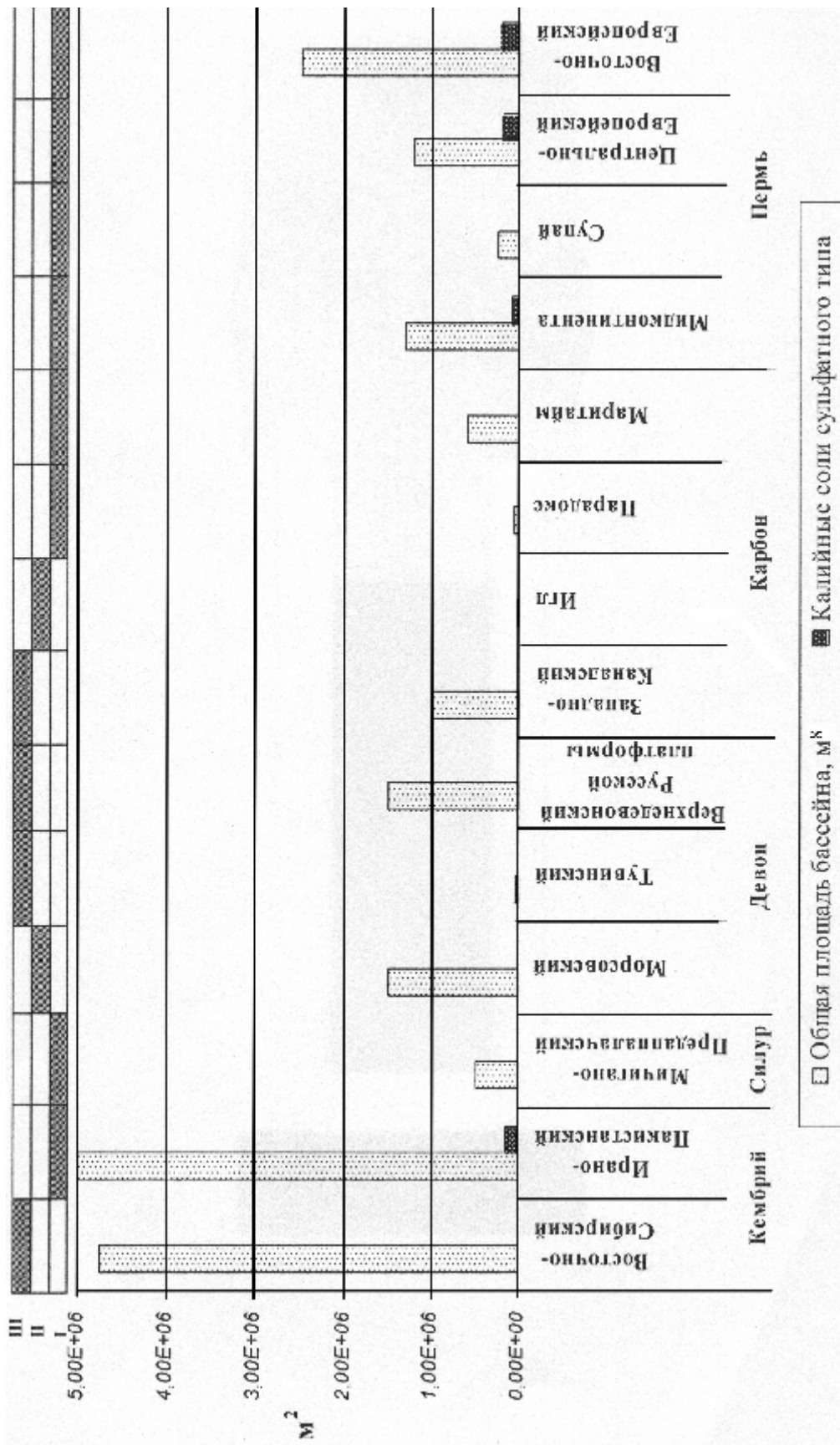


Рис. 9. Площади распространения калийных сульфатных солей в эвапоритовых бассейнах палеозоя: I – сульфатный тип морских растворов; II – промежуточный тип; III – хлоркальциевый тип

Таблица 3

**Площади палеозойских эвапоритовых бассейнов и распространённых в них сульфатных пород, каменной соли и калийных отложений сульфатного и хлоридного типов (по М.А. Жаркову, 1978)**

Возраст	Бассейн	Общая площадь бассейна, м <sup>2</sup>	Площадь эвапоритовых отложений, м <sup>2</sup>				Тип морской рапы по УМХА	Площадь бассейна %	% содержание отложений от 100% площади бассейна			
			Сульфатные породы	Каменная соль	Калийные соли хлоридного типа	Калийные соли сульфатного типа			Сульфатные породы	Каменная соль	Калийные соли хлоридного типа	Калийные соли сульфатного типа
Кембрий	Восточно-Сибирский	4,75E+06	3,20E+06	3,00E+06	9,00E+04	0,00E+00	100	67,37	63,16	1,89	0,00	
	Ирано-Пакистанский	5,00E+06	3,00E+06	1,50E+06	3,50E+05	1,50E+05	100	60,00	30,00	7,00	3,00	
Силур	Мичигано-Предапалачский	5,00E+05	3,00E+05	2,60E+05	3,60E+04	5,00E+01	100	60,00	52,00	7,20	0,01	
	Морсовский	1,50E+06	8,00E+04	8,00E+04	2,50E+02	0,00E+00	100	5,33	5,33	0,02	0,00	
Девон	Тувинский	3,10E+04	2,00E+04	1,00E+04	1,00E+03	0,00E+00	100	64,52	32,26	3,23	0,00	
	Верхнедевонский Русской платформы	1,50E+06	8,00E+05	2,60E+04	2,00E+03	0,00E+00	100	53,33	1,73	0,13	0,00	
	Западно-Каналский	1,00E+06	6,00E+05	3,50E+05	7,00E+04	0,00E+00	100	60,00	35,00	7,00	0,00	
Карбон	Игл	2,00E+04	1,00E+04	5,00E+02	1,00E+02	3,00E+02	100	50,00	2,50	0,50	1,50	
	Парадокс	5,00E+04	3,50E+04	2,50E+04	1,50E+04	3,00E+02	100	70,00	50,00	30,00	0,60	
	Маригайм	6,00E+05	3,00E+05	2,00E+05	3,00E+05	5,00E+01	100	50,00	33,33	50,00	0,01	
	Мидконтинента	1,30E+06	1,00E+05	1,00E+05	7,00E+04	7,00E+04	100	7,69	7,69	5,38	5,38	
Пермь	Сулай	2,50E+05	6,00E+03	6,00E+03	1,00E+03	5,00E+01	100	2,40	2,40	0,40	0,02	
	Центрально-Европейский	1,20E+06	1,00E+06	7,00E+05	4,00E+05	2,00E+05	100	83,33	58,33	33,33	16,67	
	Восточно-Европейский	2,50E+06	8,30E+05	6,30E+05	3,05E+05	2,08E+05	100	33,20	25,20	12,20	8,32	

Условные обозначения: химический тип рапы (графа 8): I - сульфатный, II - промежуточный, III - хлоркальциевый

грандиозными площадями в раннекембрийском и пермском периодах. Во время раннекембрийской и пермской эпох существовали огромные солеродные моря, в которых, по мнению М.А. Жаркова [4], накопился основной объем палеозойской каменной соли.

3. Калийная минерализация хлоридного типа установлена во всех бассейнах, но максимальное калийное осадконакопление происходило во второй половине пермского периода. Несмотря на хлоридный тип калийных отложений, большие площади их распространения связаны с бассейнами, состав растворов которых соответствовал сульфатному типу.

4. Калийная минерализация сульфатного типа закономерно установлена только в бассейнах с рапой сульфатного типа (раннекембрийский Ирано-Пакистанский, ранне-среднекаменноугольные бассейны Маритайм, Парадокс и Игл). Однако максимальные площади распространения калийных сульфатных солей установлены в пермских эвапоритовых калиеносных бассейнах (Центрально-Европейский, Восточно-Европейский и Мидконтинента).

5. На примере рассмотрения площадей эвапоритовых калиеносных бассейнов и площадей, распространенных в них каменной соли, калийных отложений сульфатного и хлоридного типа показано, что на протяжении всего палеозоя воды Мирового Океана по составу отвечали сульфатному типу, независимо от состава образующихся парагенезисов галогенных минералов

*Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ (№ 02-05-64762) и Университеты России (УР-09.01.041).*

## ЛИТЕРАТУРА

1. Валяшко М.Г. Закономерности формирования месторождений калийных солей. -М., 1962. -398 с.
2. Курнаков Н.С., Николаев А.В. Солнечное испарение морской воды // Тр. Всеукр. соляной конференции. - Одесса, 1932. -С. 23-25.
3. Морачевский Ю.В. Очерки геохимии Верхнекамских соляных отложений. -Л., 1939. -88 с.
4. Жарков М.А. История палеозойского соленакопления. -Новосибирск, 1978. -272 с.
5. Жарков М.А. Проблемы эволюции эвапоритового осадконакопления // Осадочные формации и условия их образования. -Новосибирск, 1984. -С. 3-13.
6. Ковалевич В.М. Физико-химические условия формирования солей Стебнического калийного месторождения. -Киев, 1978. -99 с.
7. Казанский Ю.П. О непостоянстве солевого и газового состава вод Мирового океана в геологической истории Земли // Моделирование и физико-химия литогенеза. -Новосибирск, 1976. -С. 64-69.
8. Казанский Ю.П. Об изменении газового и солевого состава океанических вод // Геология и геофизика. - 1977. -№ 8. -С. 56-66.
9. Кореннов Ю.Ф. Оценка роли континентального стока и метаморфизации рапы древних солеродных бассейнов // Моделирование и физико-химия литогенеза. -Новосибирск, 1976. -С. 7-13.
10. Гемп С.Д. О возможных причинах хлоридного галогенеза // Общие проблемы галогенеза. -М., 1985. -С. 48-59.
11. Петриченко О.И. Физико-химические условия осадкообразования в древних солеродных бассейнах. -Киев, 1988. -128 с.
12. Московский Г.А., Гончаренко О.П. Геохимия заключительных стадий галогенеза в раннепермском солеродном бассейне Прикаспия // Проблемы формирования и комплексного освоения месторождений солей. -Пермь, 2001. -С.144-156.
13. Московский Г.А., Гончаренко О.П. Гидрохимические аспекты гипотез галогенеза (на примере кунгурских солей Прикаспия) // Недра Поволжья и Прикаспия. - Вып.28. -2001. -С.18-22.
14. Stein C.L. A model for evolution of brines in salt from the lower Salado Formation, southeastern New Mexico // Geochimica et Cosmochimica Acta. -1972. -№ 5. -P. 1037-1046.