

Г. А. МАКСИМОВИЧ

ОСНОВНЫЕ ТИПЫ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОФИЛЕЙ ОБЛАСТЕЙ КАРСТА КАРБОНАТНЫХ И СУЛЬФАТНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

(Представлено академиком Д. В. Наливкиным 30 VI 1956)

В областях, где развит карст известняков, доломитов, гипсов, ангидритов и переходных разновидностей, наблюдается своеобразный гидродинамический профиль, который был охарактеризован для случая наличия магистральной речной артерии (6, 7). Если учесть схему стока З. А. Макеева (5), то гидродинамические зоны карстовых вод будут следующие (см. табл. 1).

Кроме того в некоторых складчатых горных сооружениях, районах недавнего и современного вулканизма карстовые явления обусловлены выщелачивающим действием восходящих: глубинных вод – термальных углекислых и других, поступающих главным образом по разломам (Пятигорск, Бахарденская пещера, Границкий карст на р. Бечве в Чехословакии и др.). В Тоскане бороносные паро-гидросульфатермальные месторождения приурочены к верхнетриасовым кавернозным известнякам и трещиноватым ангидритам (2), где воды, вероятно, воздействуют на эти коллекторы. В рудном карсте карбонатных пород циркуляция вод, обладающих сульфатной агрессивностью, своеобразна и мало изучена.

В зависимости от мощности и площади карстующегося массива, однородности пород, наличия или отсутствия некарстующихся пластов, движений земной коры, расчлененности или нерасчлененности массива транзитными магистральными реками, элементов залегания карстующихся пород, геоморфологических, климатических и ряда других факторов наблюдается различное количество гидродинамических зон карстовых вод, изменяется их характер и распределение. Наиболее важными факторами являются мощность, пространственное распространение карстующейся толщи, геотектонические и геоморфологические условия, степень расчлененности рельефа и, в частности, наличие или отсутствие речных долин, эпейрогенические движения и их направления, положение карстовой области относительно морского берега, климатические условия – современные и недавнего прошлого и некоторые другие.

Многообразие обстановок земной коры и соотношений перечисленных факторов обуславливает не только разное количество зон циркуляции, но и различные их комбинации. Два-три случая были уже указаны (3, 4). Приведем некоторые основные типы гидродинамических профилей карстовых областей. Зона поверхностной циркуляции, а также переходная зона, находящаяся над зоной горизонтальной циркуляции, особо не рассматриваются, но подразумеваются.

Тип I. Имеется только одна зона вертикальной нисходящей циркуляции карстовых вод (рис. 1, IA). Этот тип наблюдается в карстующихся массивах, подстилаемых водопроницаемыми некарстующимися породами, подошва которых находится выше уровня подземных вод района. Примером являются Крымские Яйлы там, где известняки подстилаются конгломератами и песчаниками, лежащими на водоупорных сланцах (4). Из базальных песчаников вытекает источник Анн – исток р. Салгира, р. Альма, а из базальных конгломератов – р. Тунас.

Второй вариант – когда карстующиеся почти горизонтальные породы залегают среди водопроницаемых толщ (рис. 1, IB). Подобные условия наблюдаются в Молотовской области, где в Соликамской депрессии пласт трещиноватого гипса, мощностью 20 м, залегают в кунгурских песчаниках. Растворение гипса обуславливает развитие провалных явлений.

Тип II. Наблюдается только одна зона горизонтальной циркуляции карстовых вод. Обычен при маломощной карстующейся толще, заключенной в некарстующихся отложениях.

Таблица 1

Гидродинамические зоны карста при наличии магистральных транзитных рек

Характер подземного стока	Гидродинамические зоны	Напор	Водный режим
Поперечный сток от водоразделов к магистральным речным артериям	Зона поверхностной циркуляции	–	Сток в карстовые понижения и речные долины после выпадения осадков и при таянии снега
	Зона вертикальной нисходящей циркуляции (азрации)	–	Нисходящее вертикальное движение. Периодическое увлажнение
	Подзона висячих водотоков на местных водоупорах или менее карстующихся породах	–	Горизонтальное движение. Циркуляция после дождей и таяния снегов. Реже постоянная
	Зона вертикальной и горизонтальной циркуляции (переходная)	–	Периодическая смена вертикального движения при низком уровне карст, вод на горизонтальное – при высоком
	Зона горизонтальной циркуляции	–	Постоянное горизонтальное нисходящее движение
	Зона сифонной циркуляции	+	Постоянное движение по обособленным каналам. На водоразделе нисходящее, а в зоне дрены – восходящее
Продольный сток в подрусловых пустотах под магистральными артериями	Зона подрусловой циркуляции магистральных рек	+	Постоянное движение от более высоких точек к более низким по слабо наклонным пустотам
Глубинный сток ниже речных долин и подрусловых пустот	Зона глубинной циркуляции	+	Постоянное весьма медленное движение карстовых вод по структурам в направлении базисов разгрузки континентов, морей и океанов

Первый вариант с водопроницаемой кровлей установлен в Эмилианских Апеннинах в районе г. Фумайоло, в истоках Тибра в Италии (8), где на глинистых сланцах залегают известняки, перекрытые песчаниками (рис. 1, II А). Второй вариант (рис. 1, II Б) описан для кунгурских гипсов западного крыла Предуральяского прогиба (1).

Тип III. Имеются зоны вертикальной нисходящей и горизонтальной циркуляции. Широко развит в известняках и доломитах, гипсах и ангидритах, а также в толщах мела (рис. 1, III А). Этот тип развит в весьма разнообразных геоморфологических и геотектонических обстановках. Примерами горных районов могут служить Крым и Средний Атлас в Марокко. Подобный тип гидродинамического профиля наблюдается для горы Венты (источник Воклюза), Восточных Альп вблизи Вены (Кайзербруннен и другие источники), плато Ла Мурдже в Италии высотой 800–900 м и во многих других районах.

В покровных отложениях платформ он наблюдается в гипсах в районе Кунгурской ледяной пещеры. Примером прибрежной карстовой равнины является Налларбор на юге Австралии (рис. 1, III Б). В основании обнажения известняков по берегу моря наблюдаются многочисленные источники, часть из них выходит на дне Большого Австралийского залива (9).

Тип IV. Имеются зоны вертикальной, горизонтальной и сифонной циркуляции. Весьма распространен и характерен для мощных карстующихся толщ, развитых ниже дна рек или прибрежной части морей. Воды зоны сифонной циркуляции при наличии магистральных артерий разгружаются в подрусловые пустоты продольного стока (рис. 1, IV А). При отсутствии долинного расчленения разгрузка карстовых вод происходит на окраине карстующегося массива.

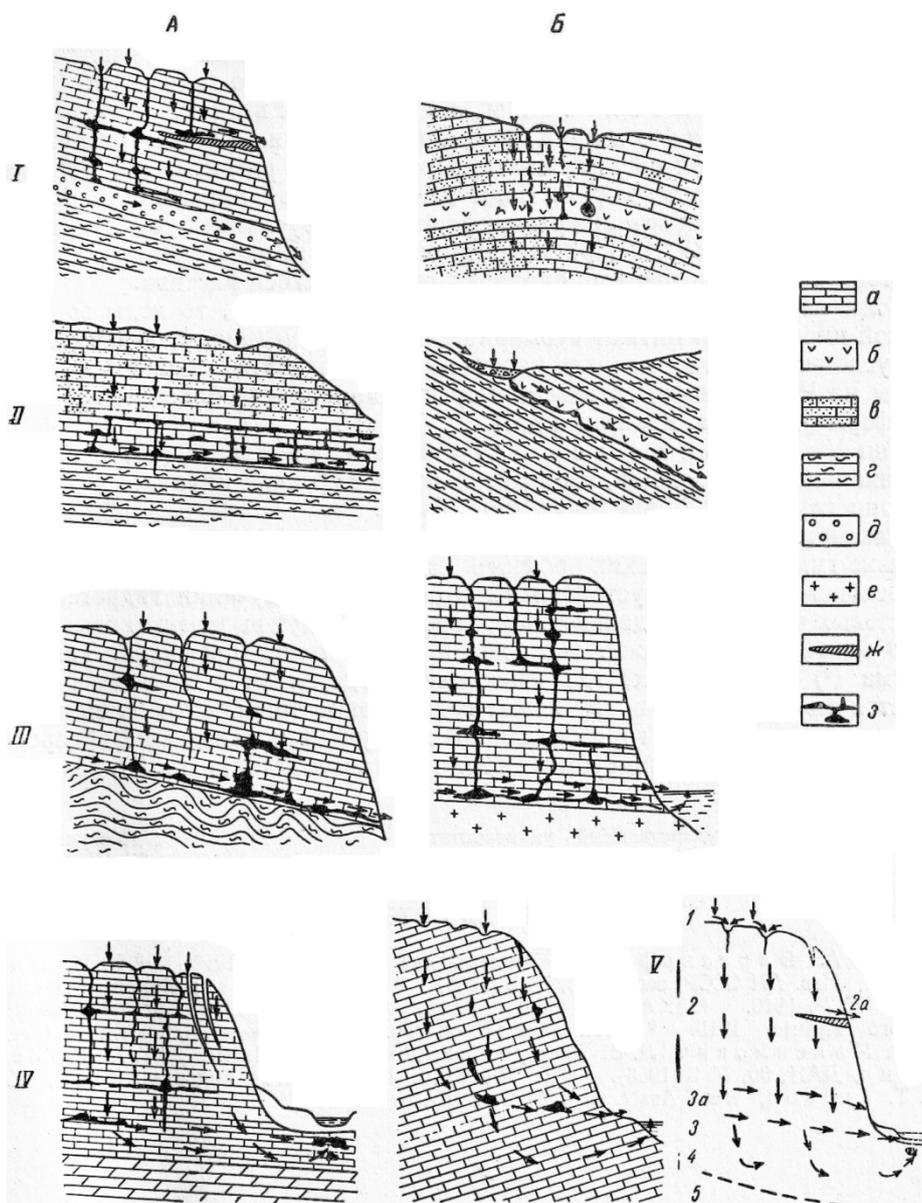


Рис. 1. Типы гидродинамических профилей карстовых областей (пояснение в тексте): а – карбонатные породы, б – сульфатные породы (гипс и ангидрит), в – песчаники, г – глины, д – галечники и конгломераты, е – изверженные породы, ж – местный водоупор, з – карстовые пустоты. Зоны циркуляции на схеме V: 1 – поверхностная, 2 – вертикальная (нисходящая), 2а – подвешенные воды на местном водоупоре; 3а – переходная; 3 – горизонтальная, 4 – сифонная, 5 – глубинная

Если карстовая область находится на берегу моря, то воды зоны сифонной циркуляции питают субмаринные источники (рис. 1, IV B). Подобные условия известны как для карста горных складчатых областей – район Гагры на Черном море, средиземноморских карстовых областей, так и для платформ (Флорида, Юкатан и др.).

Тип V. Развита все основные зоны. Здесь, кроме зон вертикальной нисходящей, горизонтальной и сифонной циркуляции, имеется зона глубинной циркуляции (рис. 1, V).

Рассмотренными пятью типами, конечно, не исчерпывается все разнообразие гидродинамических профилей карстовых вод. Нами указаны только основные, которые установлены в результате изучения гидрогеологии карстовых областей. В дальнейшем, вероятно, будут выделены новые типы.

В одной области может быть два и более типов профилей. Так, для Крыма (4) на участках, где известняки подстилаются конгломератами, имеется тип I; там, где внизу лежат водоупорные таврические сланцы, тип III – вертикальной и горизонтальной циркуляции; западнее Байдарских ворот, в районе развития субмаринных карстовых источников (3), возможен тип IV.

Молотовский государственный университет
им. А. М. Горького

Поступило
27 VI 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- 1 В. А. Варсанофьева, Землеведение, 23, кн. 3–4 (1916).
- 2 В. И. Влодавед, Изв. АН СССР, сер. геол., № 5 (1955)
- 3 И. К. Зайцев, Вопросы изучения карста СССР, 1940.
- 4 А. А. Крубер Гидрография карста, 1913, Карстовая область Горного Крыма, 1915.
- 5 З. А. Макеев, Тр. Лаб. гидрологии, пробл., 3 (1947).
- 6 Г. А. Максимович, Л. В. Голубева, ДАН, 87, № 4 (1952).
- 7 Г. А. Максимович, ДАН, 90, № 6 (1953).
- 8 Е. Принц, Р. Кампе, Гидрогеология, 2, 1937.
- 9 J. T. Jutson, West. Austr. Geol. Surv. Bull., № 95 (1934).

Г. А. МАКСИМОВИЧ

**ОСНОВНЫЕ ТИПЫ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОФИЛЕЙ ОБЛАСТЕЙ
КАРСТА КАРБОНАТНЫХ И СУЛЬФАТНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ**

(Представлено академиком Д. В. Наливкиным 30 VI 1956)

В областях, где развит карст известняков, доломитов, гипсов, ангидридов и переходных разновидностей, наблюдается своеобразный гидродинамический профиль, который был охарактеризован для случая наличия магистральной речной артерии (6, 7). Если учесть схему стока З. А. Макеева (5), то гидродинамические зоны карстовых вод будут следующие (см. табл. 1).

Кроме того в некоторых складчатых горных сооружениях, районах недавнего и современного вулканизма карстовые явления обусловлены выщелачивающим действием восходящих глубинных вод — термальных углекислых и других, поступающих главным образом по разломам (Пятигорск, Бахарденская пещера, Границкий карст на р. Бечве в Чехословакии и др.). В Тоскане бороносные паро-гидросульфатермальные месторождения приурочены к верхнетриасовым кавернозным известнякам и трещиноватым ангидритам (2), где воды, вероятно, воздействуют на эти коллекторы. В рудном карсте карбонатных пород циркуляция вод, обладающих сульфатной агрессивностью, своеобразна и мало изучена.

В зависимости от мощности и площади карстующегося массива, однородности пород, наличия или отсутствия некарстующихся пластов, движений земной коры, расчлененности или нерасчлененности массива транзитными магистральными реками, элементов залегания карстующихся пород, геоморфологических, климатических и ряда других факторов наблюдается различное количество гидродинамических зон карстовых вод, изменяется их характер и распределение. Наиболее важными факторами являются мощность, пространственное распространение карстующейся толщи, геотектонические и геоморфологические условия, степень расчлененности рельефа и, в частности, наличие или отсутствие речных долин, эпейрогенические движения и их направления, положение карстовой области относительно морского берега, климатические условия — современные и недавнего прошлого и некоторые другие.

Многообразие обстановок земной коры и соотношений перечисленных факторов обуславливает не только разное количество зон циркуляции, но и различные их комбинации. Два-три случая были уже указаны (3, 4). Приведем некоторые основные типы гидродинамических профилей карстовых областей. Зона поверхностной циркуляции, а также переходная зона, находящаяся над зоной горизонтальной циркуляции, особо не рассматриваются, но подразумеваются.

Тип. I. Имеется только одна зона вертикальной нисходящей циркуляции карстовых вод (рис. 1, IА). Этот тип наблюдается в карстующихся массивах, подстилаемых водопроницаемыми некарстующимися породами, подошва которых находится выше уровня подземных вод района. Примером являются Крымские Яйлы там, где известняки подстилаются конгломератами и песчаниками, лежащими на водоупорных сланцах (4). Из базальных песчаников вытекает

Таблица 1

Гидродинамические зоны карста при наличии магистральных транзитных рек

Характер подземного стока	Гидродинамические зоны	Напор	Водный режим
Поперечный сток от водоразделов к магистральным речным артериям	Зона поверхностной циркуляции	—	Сток в карстовые понижения и речные долины после выпадения осадков и при таянии снега
	Зона вертикальной нисходящей циркуляции (аэрации)	—	Нисходящее вертикальное движение. Периодическое увлажнение
	Подзона висячих водотоков на местных водопорах или менее карстующихся породах	—	Горизонтальное движение. Циркуляция после дождей и таяния снегов. Реже постоянная
	Зона вертикальной и горизонтальной циркуляции (переходная)	—	Периодическая смена вертикального движения при низком уровне карст. вод на горизонтальное — при высоком
	Зона горизонтальной циркуляции	—	Постоянное горизонтальное нисходящее движение
	Зона сифонной циркуляции	+	Постоянное движение по обособленным каналам. На водоразделе нисходящее, а в зоне дрены — восходящее
Продольный сток в подрусловых пустотах под магистральными артериями	Зона подрусловой циркуляции магистральных рек	+	Постоянное движение от более высоких точек к более низким по слабо наклонным пустотам
Глубинный сток ниже речных долин и подрусловых пустот	Зона глубинной циркуляции	+	Постоянное весьма медленное движение карстовых вод по структурам в направлении базисов разгрузки континентов, морей и океанов

источник Аян — исток р. Салгира, р. Альма, а из базальных конгломератов — р. Тунас.

Второй вариант — когда карстующиеся почти горизонтальные породы залегают среди водопроницаемых толщ (рис. 1, *IB*). Подобные условия наблюдаются в Молотовской области, где в Соликамской депрессии пласт трещиноватого гипса, мощностью 20 м, залегают в кунгурских песчаниках. Растворение гипса обуславливает развитие провальных явлений.

Тип II. Наблюдается только одна зона горизонтальной циркуляции карстовых вод. Обычен при мало-мощной карстующейся толще, заключенной в некарстующихся отложениях.

Первый вариант с водопроницаемой кровлей установлен в Эмилианских Апеннинах в районе г. Фумайоло, в истоках Тибра в Италии (⁸), где на глинистых сланцах залегают известняки, перекрытые песчаниками (рис. 1, *IIA*). Второй вариант (рис. 1, *IIБ*) описан для кунгурских гипсов западного крыла Предуральяского прогиба (¹).

Тип III. Имеются зоны вертикальной нисходящей и горизонтальной циркуляции. Широко развит в известняках и доломитах, гипсах и ангидритах, а также в толщах мела

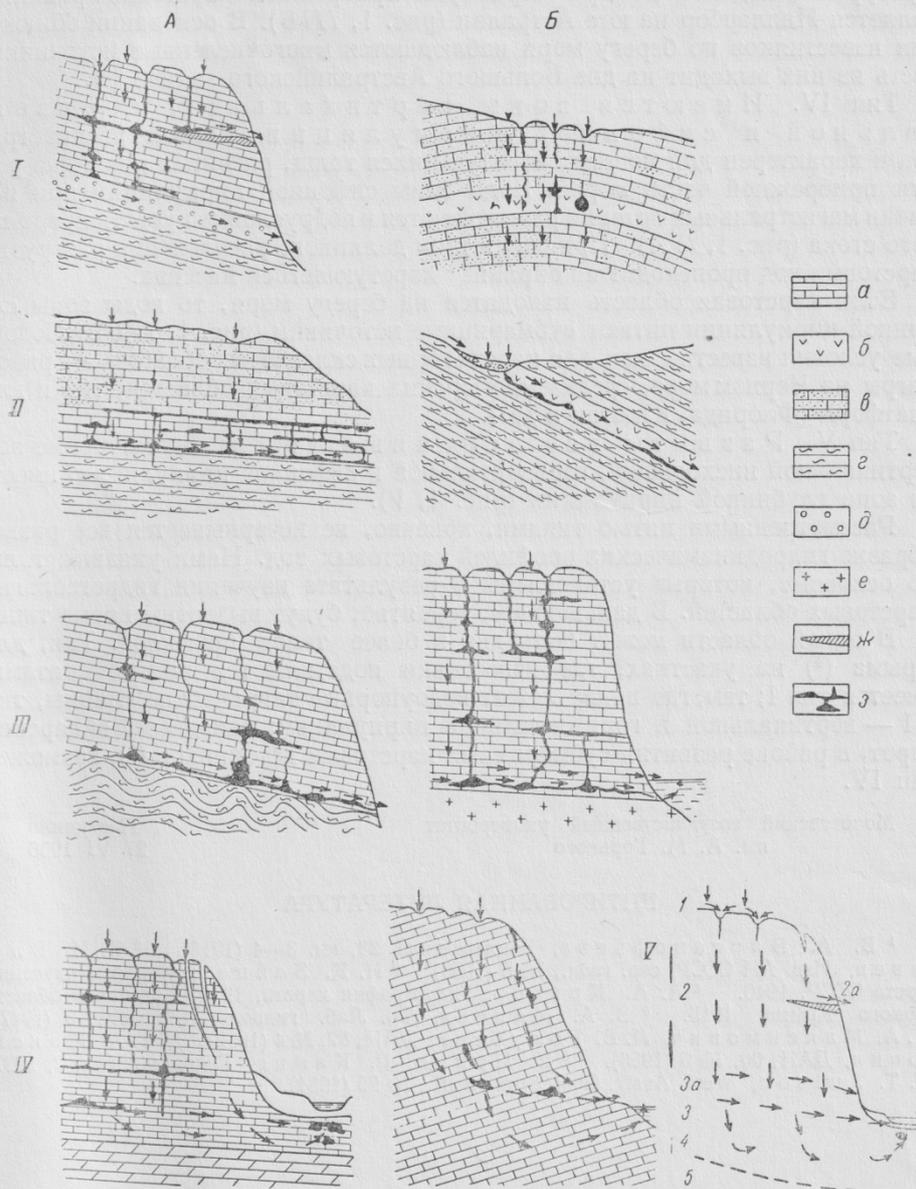


Рис. 1. Типы гидродинамических профилей карстовых областей (пояснение в тексте): а — карбонатные породы, б — сульфатные породы (гипс и ангидрит), в — песчаники, г — глины, д — галечники и конгломераты, е — изверженные породы, ж — местный водоупор, з — карстовые пустоты. Зоны циркуляции на схеме V: 1 — поверхностная, 2 — вертикальная (нисходящая), 2а — подвешенные воды на местном водоупоре; 3а — переходная; 3 — горизонтальная, 4 — сифонная, 5 — глубинная

(рис. 1, IIIA). Этот тип развит в весьма разнообразных геоморфологических и геотектонических обстановках. Примерами горных районов могут служить Крым и Средний Атлас в Марокко. Подобный тип гидродинамического профиля наблюдается для горы Венты (источник Воклюза), Восточных Альп

вблизи Вены (Кайзербруннен и другие источники), плато Ла Мурдже в Италии высотой 800—900 м и во многих других районах.

В покровных отложениях платформ он наблюдается в гипсах в районе Кунгурской ледяной пещеры. Примером прибрежной карстовой равнины является Налларбор на юге Австралии (рис. 1, IIIБ). В основании обнажения известняков по берегу моря наблюдаются многочисленные источники, часть из них выходит на дне Большого Австралийского залива (9).

Тип IV. Имеются зоны вертикальной, горизонтальной и сифонной циркуляции. Весьма распространен и характерен для мощных карстующихся толщ, развитых ниже дна рек или прибрежной части морей. Воды зоны сифонной циркуляции при наличии магистральных артерий разгружаются в подрусовые пустоты продольного стока (рис. 1, IVА). При отсутствии долинного расчленения разгрузка карстовых вод происходит на окраине карстующегося массива.

Если карстовая область находится на берегу моря, то воды зоны сифонной циркуляции питают субмаринные источники (рис. 1, IVБ). Подобные условия известны как для карста горных складчатых областей — район Гагры на Черном море, средиземноморских карстовых областей, так и для платформ (Флорида, Юкатан и др.).

Тип V. Развита все основные зоны. Здесь, кроме зон вертикальной нисходящей, горизонтальной и сифонной циркуляции, имеется зона глубинной циркуляции (рис. 1, V).

Рассмотренными пятью типами, конечно, не исчерпывается все разнообразие гидродинамических профилей карстовых вод. Нами указаны только основные, которые установлены в результате изучения гидрогеологии карстовых областей. В дальнейшем, вероятно, будут выделены новые типы.

В одной области может быть два и более типов профилей. Так, для Крыма (4) на участках, где известняки подстилаются конгломератами, имеется тип I; там, где внизу лежат водоупорные таврические сланцы, тип III — вертикальной и горизонтальной циркуляции; западнее Байдарских ворот, в районе развития субмаринных карстовых источников (3), возможен тип IV.

Молотовский государственный университет
им. А. М. Горького

Поступило
27 VI 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- 1 В. А. Варсанюфьева, Землеведение, 23, кн. 3—4 (1916). 2 В. И. Влодавец, Изв. АН СССР, сер. геол., № 5 (1955). 3 И. К. Зайцев, Вопросы изучения карста СССР, 1940. 4 А. А. Круббер Гидрография карста, 1913; Карстовая область Горного Крыма, 1915. 5 З. А. Макеев, Тр. Лаб. гидрологич. пробл., 3 (1947). 6 Г. А. Максимович, Л. В. Голубева, ДАН, 87, № 4 (1952). 7 Г. А. Максимович, ДАН, 90, № 6 (1953). 8 Е. Принц, Р. Кампе, Гидрогеология, 2, 1937. 9 J. T. J u t s o n, West. Austr. Geol. Surv. Bull., № 95 (1934).