

СТРУКТУРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ И РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В ВОСТОЧНО-АЗИАТСКОМ ВУЛКАНИЧЕСКОМ ПОЯСЕ

Н.В. Болдовский

Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, г. Хабаровск

Разработаны принципы выделения гидрогеологических систем и гидрогеологической стратификации геологического разреза Восточно-Азиатского окраинно-континентального вулканического пояса как основы для выявления особенностей формирования и распространения ресурсов подземных вод. Выделение гидрогеологических систем основывается на стратиграфических, петрографических, геоструктурных и гидрогеологических закономерностях в вулканических толщах пояса. Разработанная гидрогеологическая стратификация дает возможность наиболее оптимально подойти к вопросам среднемасштабного гидрогеологического картирования. Рассмотрены закономерности формирования ресурсов подземных вод в вулкано-генных гидрогеологических системах.

Ключевые слова: гидрогеологические системы, гидрогеологическая стратификация, Восточно-Азиатский вулканический пояс, вулканогены, подземные воды.

ВВЕДЕНИЕ

Интенсивное освоение прибрежных зон Востока Азии, в пределах которых находится Восточно-Азиатский окраинно-континентальный вулканический пояс, вызывает резкий рост водопотребления. Проблема водоснабжения населенных пунктов, портов, промышленных и сельскохозяйственных предприятий может быть решена за счет поиска и разведки новых месторождений пресных подземных вод, сосредоточенных в вулканических образованиях, которые с небольшими перерывами протягиваются вдоль всего восточного побережья Азиатского континента. Сложность геологического строения и специфика природных особенностей Восточно-Азиатского вулканического пояса (ВАВП) обуславливают исключительно разнообразные условия формирования и распространения подземных вод. В связи с этим разработка принципов гидрогеологической стратификации и выделения различных типов гидрогеологических систем (или подземных водоносных систем) в регионе, базирующихся на стратиграфическом, петрографическом и геоструктурном анализе, позволит дифференцированно подойти к оценке и использованию ресурсов подземных вод.

В предлагаемой работе ВАВП рассматривается как целостная гидрогеологическая структура, для которой разработаны единая гидрогеологическая стратификация геологического разреза, принципы выделения гидрогеологических систем и их типиза-

ция и выявлены основные особенности формирования и распространения подземных вод в вулканогенных гидрогеологических системах.

СТРУКТУРНОЕ ПОЛОЖЕНИЕ ВОСТОЧНО-АЗИАТСКОГО ВУЛКАНИЧЕСКОГО ПОЯСА

ВАВП, являясь одной из грандиозных вулканических структур мира, протягивается вдоль восточных окраин Азиатского континента от Чукотского полуострова на севере до полуострова Индокитай на юге на расстояние более 12 тыс. км. Он распадается на несколько более мелких поясов или вулканогенов (Чукотский, Охотский, Восточно-Сихотэ-Алинский, Южно-Корейский, Восточно-Китайский и Южно-Вьетнамский).

Первое упоминание о ВАВП как о единой структуре отмечается в трудах Е.К. Устиева [21], М.И. Ициксона и Л.И. Красного [8]. Впоследствии различным вопросам геологии и тектоники ВАВП или его отдельным вулканогенам были посвящены работы В.Ф. Белого, Г.М. Власова, М.И. Ициксона, Л.И. Красного, Л.Ф. Мишина, М.С. Нагибиной, Ю.М. Пушаровского, В.Г. Сахно, В.И. Синюкова, Н.И. Филатовой, Л.Г. Филимоновой, А.Д. Щеглова, Dai Sung Lee, Phan Cu Tien, Tao Kuiynan, Xie Jiayin, Ruan Honghong, Wang Zhongjie, Yang Quifang, Yuan Honghong и др.

Гидрогеологические исследования на территории распространения вулканитов ВАВП и его звень-

ев охватывают почти семидесятилетний период и тесно связаны с историей ее геологического изучения, но наиболее целенаправленно эти исследования стали проводиться после выделения ВАВП в самостоятельную геоструктуру. Результаты этих исследований отражены в многочисленных работах, авторами которых являлись: Г.Н. Каменский, М.М. Толстихина, Н.И. Толстихин, И.К. Зайцев, Д.Я. Стерлин, В.Н. Кладовщиков, Е.Ф. Кириллова, А.Б. Разживин, Е.А. Басков, Г.И. Климов, В.А. Кирюхин, Н.А. Маринов, К.П. Караванов, В.В. Кулаков, Н.В. Болдовский, Л.Г. Соколовский, Чанг Хонг Фу, Во Конг Нгиен и другие.

Основными геоструктурами рассматриваемой территории являются (рис. 1) древние (дорифейские) платформы и граничные с ними структуры, складчатые области и системы, срединные массивы и выступы. К особым структурам региона относятся вулканогены ВАВП, восточнее которых находятся структуры дна окраинных морей, глубоководные желоба и ложе Тихого океана.

ВАВП является наложенной структурой моноклинального залегания с погружением в сторону окраинных морей [12]. Основанием или фундаментом для нее являются архейско-нижнепротерозойские метаморфические породы фундамента Сибирской платформы и древних массивов, нижнепротерозойские вулканогенные и терригенные породы Улканского эоплатформенного прогиба, рифейско-палеозойско-мезозойские отложения чехла платформ, массивов, перикратонных и наложенных прогибов, а также породы структур следующих складчатых областей и систем: Верхояно-Чукотской, Кони-Тайгоносской, Амурской и Катазиатской.

Собственно вулканиты ВАВП стали развиваться на восточной окраине Азии в мезозойское время. Однако разные его вулканогены (звенья) отличаются друг от друга временем, масштабами и характером проявления вулканизма, а также составом и строением вулканических толщ [5]. Для Чукотского, Восточно-Китайского и Южно-Вьетнамского вулканогенов фундаментом служат преимущественно отложения триаса, нижней и средней юры, для Охотского вулканогена – триаса и нижней юры, для Южно-Корейского – отложения юры и частично нижнего мела, а для Восточно-Сихотэ-Алинского – отложения триаса, юры, нижнего и частично верхнего мела. Эти отложения представлены терригенными, кремнисто-глинистыми, реже вулканогенными, вулканогенно-осадочными и карбонатными отложениями.

В строении собственно вулканогенов принимают участие средне- и нижнеюрские, меловые, палеогеновые, неогеновые и четвертичные эффузивные образования разного состава.

В пределах вулканогенов развиты также поздне-мезозойские и кайнозойские интрузии от кислого до ультраосновного составов. Залегают они в виде штоков, даек и других магматических тел.

На вулканогенах широкое развитие получили континентальные наложенные впадины, сложенные кайнозойскими (изредка меловыми) отложениями. Мощность отложений в этих впадинах варьирует от 100–200 м и до нескольких сотен метров, а иногда достигая 2500 м (впадина Йонил).

Осадочные отложения четвертичной системы представлены аллювиальными, озерно-аллювиальными, делювиально-пролювиальными и морскими отложениями во впадинах, речных долинах, на склонах и выположенных водораздельных пространствах горных хребтов, а также на морском побережье.

ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКАЯ СТРАТИФИКАЦИЯ

Вопросам гидрогеологической стратификации посвящен ряд работ [1, 4, 6, 9, 10, 13–19, 23 и др.], в которых отражены различные принципы и подходы к расчленению геологического разреза территории на единицы гидрогеологической стратификации.

В целом “гидрогеологическая стратификация, являясь картографическим приемом увязки гидрогеологических и геологических условий изучаемого района, представляет собой научную основу для достоверных оценок условий обводненности геологического пространства, гидрогеохимической и гидрогеотермической зональности, динамики и ресурсов подземных вод, а также возможностей их народнохозяйственного использования” [1, С. 106]. Однако, несмотря на необходимость однозначного решения этого важного вопроса, до сих пор не существует единой гидрогеологической стратификации геологического разреза.

В настоящее время существует ряд принципов расчленения геологического разреза для гидрогеологических целей (литолого-петрографический, литолого-стратиграфический, гидрогеодинамический и др.). Наиболее распространенным является литолого-стратиграфический принцип. Исходя из задач, целей, детальности работ, масштаба, а также геологического строения региона, выделяются соответствующие таксономические гидрогеологические единицы (водоносный слой, водоносный горизонт, водоносный комплекс, водоносная формация, водоносный этаж и т.д.).

В данной статье автором на основе использования литолого-стратиграфического (для терригенных пород) или петрографо-стратиграфического (для вулканических пород) принципа расчленения геологического разреза для гидрогеологических целей в пределах вулканогенов выделены таксономические единицы: водоносный горизонт, водоносный комп-



Рис. 1. Структурное положение Восточно-Азиатского вулканического пояса.

1 – древние платформы (щиты, чехол и граничные структуры); 2 – срединные массивы (выступы) фанерозойских складчатых областей; 3 – ранне-среднепалеозойские складчатые области; 4 – позднепалеозойско-мезозойские складчатые области; 5 – мезозойские складчатые области; 6 – кайнозойские складчатые области (системы) с полями андезибазальтового вулканизма; 7 – окраинно-континентальный (преимущественно риолит-дацитовый) Восточно-Азиатский вулканический пояс; 8 – глубоководные желоба; 9 – ложе океана с базальтовыми (толеитовыми, субщелочными и щелочными) вулканическими образованиями; 10 – продолжение материковых и островных геоструктур в пределы акватории; 11 – изобата 200 м как граница мелководного шельфа; 12 – номера геоструктур.

Цифрами в кружках обозначены основные геоструктуры. 1 – 3 – платформы: 1 – Сибирская, 2 – Северо-Китайская, 3 – Южно-Китайская; 4 – 9 – срединные массивы (выступы): 4 – Чукотский, 5 – Омолонский, 6 – Тайгоносский, 7 – Охотский, 8 – Майский, 9 – Индосинийский; 10 – 22 – складчатые области и системы: 10 – Катазиатская, 11 – Амурская, 12 – Куьлунь-Циньлинская, 13 – Верхояно-Чукотская, 14 – Аннамитско-Северо-Тибетская, 15 – Индонезийско-Южно-Тибетская, 16 – Кони-Тайгоноская и Корякская, 17 – Западно-Камчатская, 18 – Восточно-Камчатская, 19 – Алеутская, 20 – Курильская, 21 – Хоккайдо-Сахалинская, 22 – Японская; 23 – 28 – вулканогены ВАВП: 23 – Чукотский, 24 – Охотский, 25 – Восточно-Сихотэ-Алинский, 26 – Южно-Корейский, 27 – Восточно-Китайский, 28 – Южно-Вьетнамский; 29 – 34 – глубоководные желоба: 29 – Алеутский, 30 – Курило-Камчатский, 31 – Японский, 32 – Идзу-Бонинский, 33 – Нансей, 34 – Манильский.

лекс и водоносная зона трещиноватости, а их сравнительная характеристика приведена на рис. 2. Проведенный анализ позволил создать единую гидрогеологическую стратификацию геологического разреза ВАВП (табл. 1), где выделены 37 гидрогеологических таксонов. Взаимоотношения выделенных единиц гидрогеологической стратификации с литолого-петрографическими и стратиграфическими особенностями геологического разреза ВАВП отражены на рис. 3.

Использование петрографо-стратиграфического принципа для гидрогеологической стратификации геологического разреза эффузивов ВАВП пред-

ставляется более правомерным, а стратификация наиболее разнообразной. Она подтверждается обычно и гидрогеологическими особенностями этих единиц (дебит скважин, химический состав подземных вод и др.). Ее можно применять при средне- и мелко-масштабном гидрогеологическом картографировании территории.

ПРИНЦИПЫ ТИПИЗАЦИИ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

В основе типизации гидрогеологических систем лежат типы скопления подземных вод и особенности геоструктур, в которых они сосредоточены. Кроме того, при выделении вулканогенных гидрогеологи-

Вулкано-возраст	Чукотский		Охотский		Восточно-Сихотэ-Алинский		Южно-Корейский		Восточно-Китайский		Южно-Вьетнамский	
	ВГ, ВК, ВЗТ ; физические подразделения	Преобладающий пород	ВГ, ВК, ВЗТ ; физические подразделения	Преобладающий пород	ВГ, ВК, ВЗТ ; физические подразделения	Преобладающий пород	ВГ, ВК, ВЗТ ; физические подразделения	Преобладающий пород	ВГ, ВК, ВЗТ ; физические подразделения	Преобладающий пород	ВГ, ВК, ВЗТ ; физические подразделения	Преобладающий пород
1		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Q _{IV}	ВГ (Q _{IV}) рыхлых пород - 1 ВК (βQ _{IV}) пород базальтовой формации - 2		ВГ (Q _{IV}) рыхлых пород - 1		ВГ (Q _{IV}) рыхлых пород - 1		ВГ (Q _{IV}) рыхлых пород - 1		ВГ (Q _{IV}) рыхлых пород - 1		ВГ (Q _{IV}) рыхлых пород - 1 ВК (βQ _{IV}) пород базальтовой формации - 2	
Q _{III}	ВГ (иногда ВК) (Q _{III} ; Q) рыхлых пород - 3		ВГ (иногда ВК) (Q _{III} ; Q) рыхлых пород - 2		ВГ (иногда ВК) (Q _{III} ; Q) рыхлых пород - 2		ВГ (иногда ВК) (Q _{III} ; Q) рыхлых пород - 2		ВГ (иногда ВК) (Q _{III} ; Q) рыхлых пород - 2		ВК (βQ _{III}) пород базальтовой формации - 3 ВГ (иногда ВК) (Q _{III} ; Q) рыхлых пород - 4	
Q _{II}												
Q _I												
N ₂	ВГ (N ₂) рыхлых пород - 4		ВГ (N ₂ -Q _I) рыхлых пород - 3		ВГ (N ₂ -Q _I) рыхлых пород - 3		ВГ (N ₂ -Q _I) рыхлых пород - 3		ВГ (βN ₂ -Q _I) пород базальтовой формации - 3		ВГ (N ₂ -Q _I) рыхлых пород - 5 ВК (βN ₂ -Q _I) пород базальтовой формации - 6	

Рис. 2. Сравнительная характеристика водоносных горизонтов (ВГ), комплексов (ВК) и зон трещиноватости (ВЗТ) окраинно-континентальных вулканогенов Востока Азии.

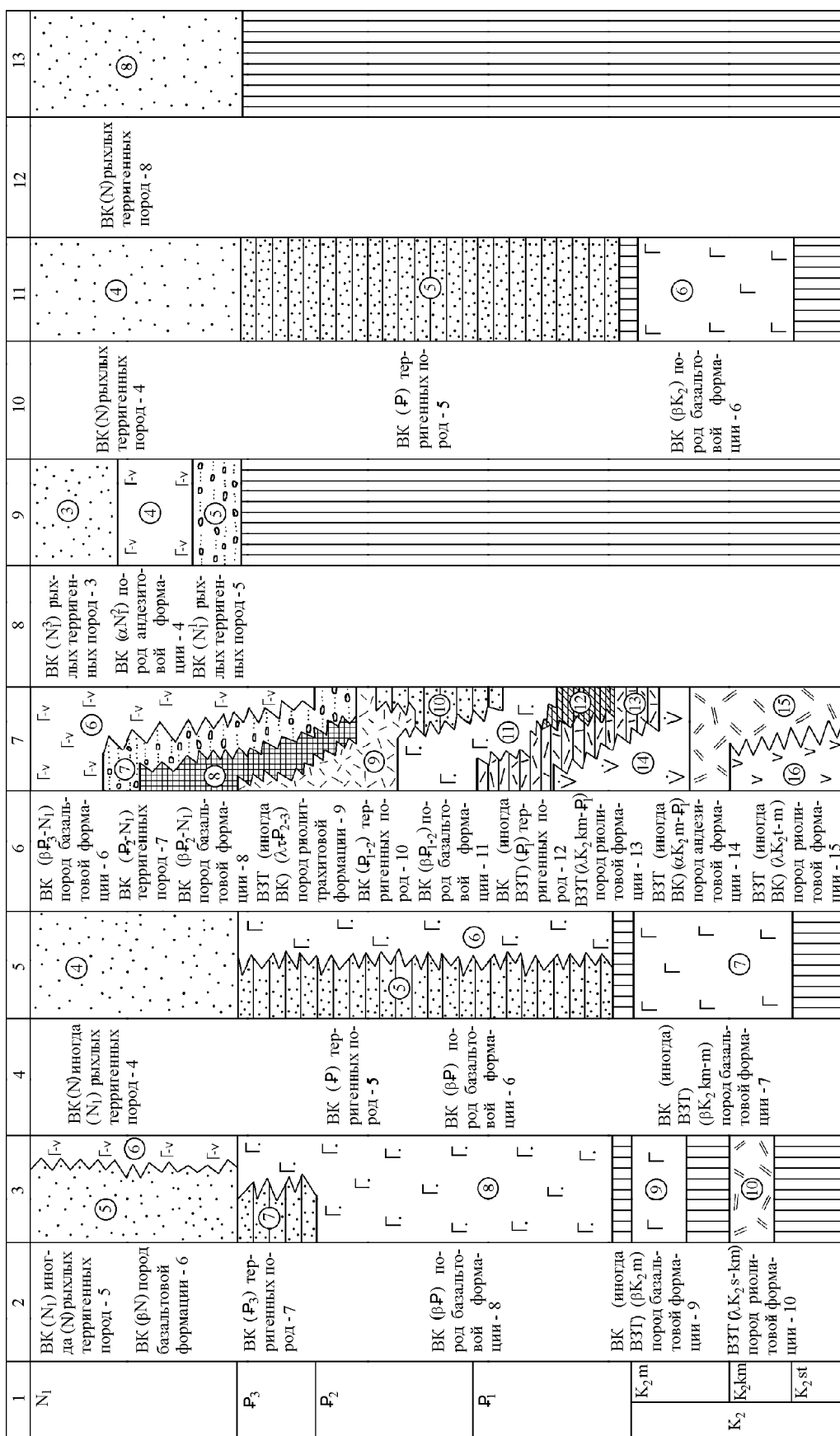


Рис. 2. Продолжение.




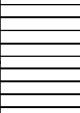


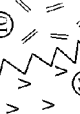


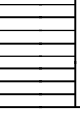
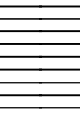




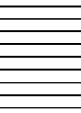

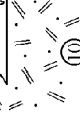

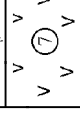
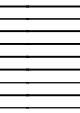


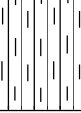
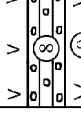
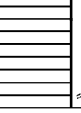


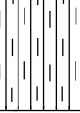





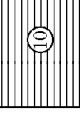

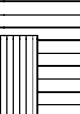
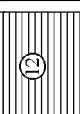
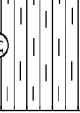
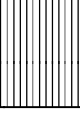

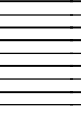
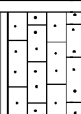
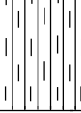
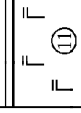
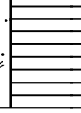
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$K_2 k$	ВЗТ ($\alpha K_2 a-l-k$) пород андезитовой формации - 11		ВЗТ ($\alpha K_2 s-k$) пород риолитово-трахитовой формации - 8		ВЗТ ($\alpha K_2 s-km$) пород андезитовой формации - 16		ВЗТ ($\alpha K s$) пород риолитовой формации - 6		ВЗТ (αJ_3-K_1) пород андезитовой формации - 10		ВЗТ (αK_2) пород риолитовой формации - 9	
$K_2 t$	ВЗТ ($\alpha K_2 a-l-s$) пород риолитовой формации - 12		ВЗТ ($\alpha K_2 s-t$) пород андезитовой формации - 9				ВЗТ (иногда ВК ($\alpha K_1 a_2$)) пород андезитовой формации - 7		ВЗТ (αJ_3-K_1) пород андезитовой формации - 8		ВЗТ (αJ_3-K_1) пород андезитовой формации - 10	
$K_2 s$	ВЗТ ($\alpha K a-l-s$) пород риолитовой формации - 13		ВЗТ ($\alpha K a-l-s$) пород риолитовой формации - 10				ВК ($K_1 a_2$) терригенных пород - 8		ВЗТ (αJ_3-K_1) пород андезитовой формации - 8		ВЗТ (αJ_3-K_1) пород андезитовой формации - 10	
$K_1 a l$	ВЗТ ($\alpha K_1 a l$) пород андезитовой формации - 13		ВЗТ ($\alpha K_1 a l$) пород андезитовой формации - 11		ВЗТ ($K_{1,2}$) терригенных пород - 17		ВЗТ (иногда ВК ($\alpha K_1 a_2$)) пород базальто-андезитовой формации - 9		ВЗТ (αJ_3-K_1) пород андезитовой формации - 8		ВЗТ (αJ_3-K_1) пород андезитовой формации - 10	
$K_1 a$	ВЗТ (иногда ВК ($K_1 a-a l$)) терригенных пород - 14		ВК ($K_1 a$) терригенных пород - 12				ВЗТ (иногда ВК ($\beta K_1 a$)) пород базальтовой формации - 11		ВЗТ (αJ_3-K_1) пород андезитовой формации - 8		ВЗТ (αJ_3-K_1) пород андезитовой формации - 10	
$K_1 b r$	ВЗТ (иногда ВК ($\beta K_1 b r$)) пород и пород андезит-базальтовой формации - 15		ВК ($K_1 b-a$) терригенных пород - 13				ВЗТ (иногда ВК ($\beta K_1 a$)) пород базальтовой формации - 11		ВЗТ (αJ_3-K_1) пород андезитовой формации - 8		ВЗТ (αJ_3-K_1) пород андезитовой формации - 10	
$K_1 s$									ВЗТ (αJ_3-K_1) пород андезитовой формации - 8		ВЗТ (αJ_3-K_1) пород андезитовой формации - 10	
$K_1 v$									ВЗТ (αJ_3-K_1) пород андезитовой формации - 8		ВЗТ (αJ_3-K_1) пород андезитовой формации - 10	
$K_1 b$									ВЗТ (αJ_3-K_1) пород андезитовой формации - 8		ВЗТ (αJ_3-K_1) пород андезитовой формации - 10	

Рис. 2. Продолжение.

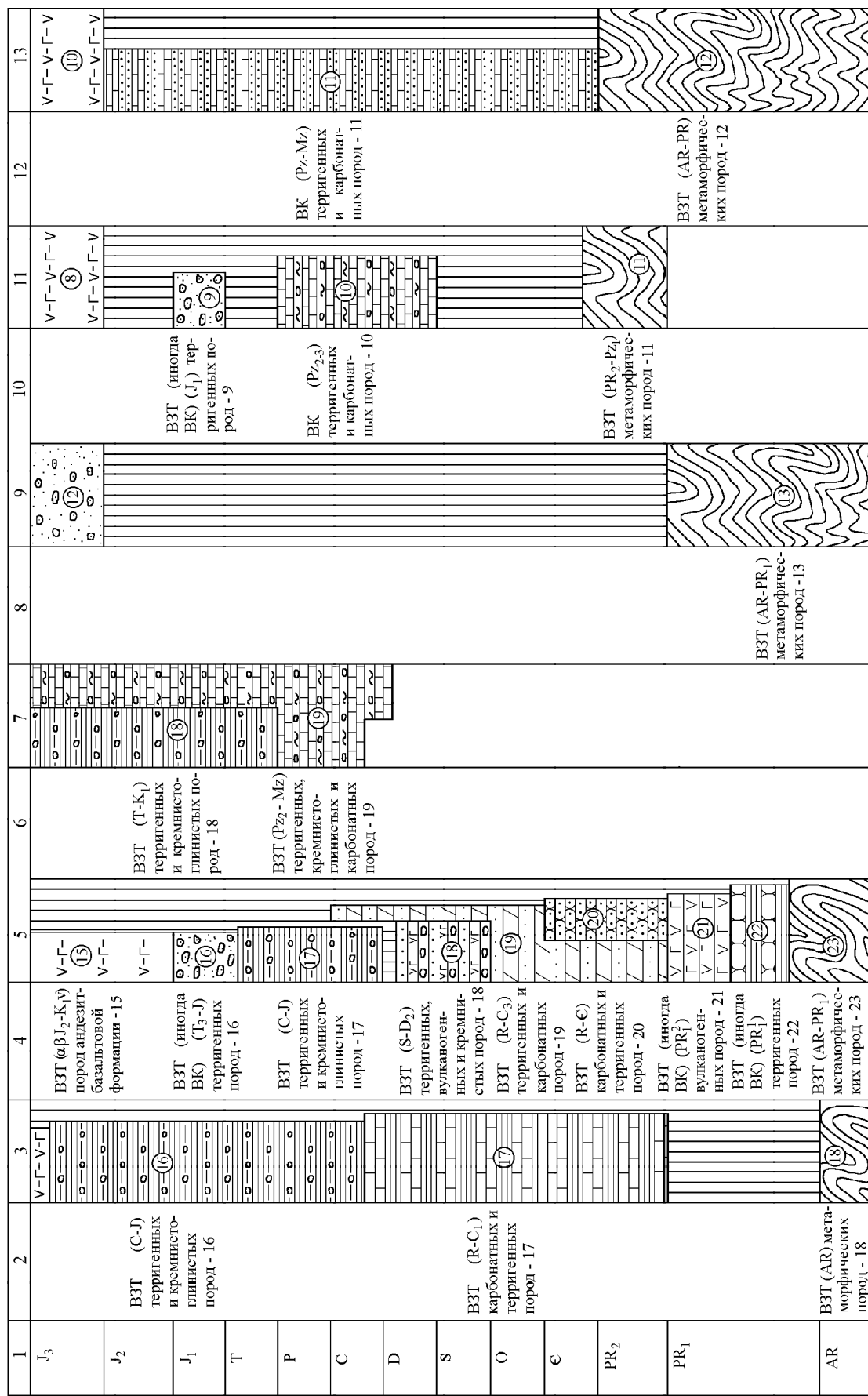


Рис. 2. Окончание.

Таблица 1. Единая гидрогеологическая стратификация геологического разреза ВАВП.

№ п/п	Название водоносного горизонта, комплекса и зоны трещиноватости, их возраст и мощность (в метрах)	Основные районы распространения (вулканогены)
1	ВГ современных рыхлых терригенных пород (Q_{IV} , до 20)	Ч, О, В-С, Ю-К, В-К, Ю-В
2	ВК четвертичных пород базальтовой формации (βQ , до 330)	Ч (βQ_{IV}), Ю-В (βQ_{IV} , βQ_{II-III})
3	ВГ (иногда ВК) ниже-верхнечетвертичных (иногда нерасчлененных четвертичных) рыхлых терригенных пород (Q_{I-III} , до 50; Q , до 50)	Ч, О, В-С, Ю-К, В-К, Ю-В
4	ВК плиоцен–нижнечетвертичных (иногда плиоценовых) рыхлых терригенных пород (N_2-Q_1 , до 280; N_2 , до 300)	Ч (N_2), О (N_2-Q_1), В-С (N_2-Q_1 , N_2), Ю-В (N_2-Q_1 , N_2)
5	ВК плиоцен–нижнечетвертичных пород базальтовой формации (βN_2-Q_1 , до 350)	В-С (βN_2-Q_1), В-К (βN_2-Q_1), Ю-В (βN_2-Q_1)
6	ВК неогеновых (иногда миоценовых) рыхлых терригенных пород (N , до 1000; N_1 , до 500)	Ч (N_1 , N), О (N , N_1), Ю-К (N_1^3), В-К (N), Ю-В (N)
7	ВК олигоцен–миоценовых (иногда нерасчлененных неогеновых) пород базальт-андезитовой формации ($\beta \alpha P_3-N_1$, до 1000; βN , до 200)	Ч (βN), В-С (βP_3-N_1), Ю-К (αN_1^2)
8	ВК эоцен–миоценовых рыхлых и слабо литифицированных терригенных пород (P_2-N_1 , до 800)	В-С (P_2-N_1), Ю-К (N_1^1)
9	ВК эоцен–миоценовых пород базальтовой формации (βP_2-N_1 , до 600)	В-С
10	ВК палеогеновых слабо литифицированных терригенных пород (P , до 600)	Ч (P_3), О (P), В-С (P_{1-2}), В-К (P)
11	ВЗТ (иногда ВК) эоцен–олигоценных пород риолит-трахитовой формации ($\lambda T P_{2-3}$, до 400)	В-С
12	ВК палеогеновых пород базальтовой формации (βP , до 500)	Ч (βP), О (βP), В-С (βP_{1-2})
13	ВК (иногда ВЗТ) палеоценовых слабо литифицированных терригенных пород (P_1 , до 160)	В-С
14	ВЗТ верхнемеловых–палеоценовых пород риолитовой формации ($\lambda K_2 m - P_1$, до 1200)	В-С
15	ВЗТ (иногда ВК) верхнемеловых–палеоценовых пород андезитовой формации ($\alpha K_2 m - P_1$, до 1200)	В-С
16	ВК (иногда ВЗТ) верхнемеловых кампан–маастрихтских пород базальтовой формации ($\beta K_2 km-m$, до 1000)	Ч ($\beta K_2 m$), О ($\beta K_2 km-m$), В-К (βK_2)
17	ВЗТ верхнемеловых сеноман–маастрихтских пород риолитовой формации ($\lambda K_2 s-m$, до 2600)	Ч ($\lambda K_2 s-k$), О ($\lambda \tau K_2 s-k$), В-С ($\lambda K_2 t-m$), Ю-К ($\lambda K_2 s$), Ю-В (λK_2)
18	ВЗТ ниже-верхнемеловых альб–кампанских пород андезитовой формации ($\alpha K al-km$, до 2000)	Ч ($\alpha K al-k$), О ($\alpha K_2 s-t$), В-С ($\alpha K_2 s-km$), Ю-К ($\alpha K_1 al_3$)
19	ВЗТ ниже-верхнемеловых апт–сеноманских пород риолитовой формации ($\lambda K a-s$, до 3000)	Ч ($\lambda K al-s$), О ($\lambda K al-s$), В-К ($\lambda K_1 a-al$)
20	ВЗТ ниже-верхнемеловых (K_{1-2}) терригенных пород	В-С (K_{1-2})
21	ВК нижнемеловых среднеальбских литифицированных терригенных пород ($K_1 al_2$)	Ю-К
22	ВЗТ нижнемеловых альбских пород андезит-базальтовой формации ($\alpha \beta K_1 al$)	Ч ($\alpha K_1 al$), О ($\alpha \beta K_1 al$), Ю-К ($\beta \alpha K_1 al_2$)
23	ВЗТ (иногда ВК) нижнемеловых апт–альбских терригенных пород ($K_1 a-al$)	Ч ($K_1 a-al$), О ($K_1 a$), Ю-К ($K_1 a-al_2$)
24	ВЗТ (иногда ВК) нижнемеловых аптских пород базальтовой формации ($\beta K_1 a$)	Ю-К
25	ВК нижнемеловых валанжин–аптских терригенных пород ($K_1 v-a$)	О
26	ВЗТ нижнемеловых берриас-валанжинских пород риолитовой формации ($\lambda K_1 b-v$)	О
27	ВЗТ (иногда ВК) среднеюрско-нижнемеловых пород андезит-базальтовой формации, реже терригенных пород ($\alpha \beta J_2 - K_1$)	Ч ($J_3 v-K_1 br$), О ($\alpha \beta J_2 - K_1 v$), В-К (αJ_3-K_1), Ю-В (αJ_3-K_1)
28	ВЗТ (иногда ВК) верхнетриасово-нижнемеловых терригенных пород ($T_3 - K_1$)	О ($T_3 - J$), Ю-К (J_3-K_1), В-К (J_1)
29	ВЗТ среднепалеозойско-мезозойских терригенных, кремнисто-глинистых, реже карбонатных пород ($Pz_2 - Mz$)	Ч (С- J), О (С- J , С- D_2), В-С (Т- K_1 , Pz_2-Mz), В-К (Pz_{2-3})
30	ВК палеозойско-мезозойских терригенных и карбонатных пород ($Pz - Mz$)	Ю-В
31	ВЗТ рифейско-каменноугольных терригенных и карбо-натных пород (R - C)	Ч (R - C_1), О (R - C_3)

Таблица 1. Продолжение.

32	ВК рифейско-кембрийских карбонатных и терригенных пород (R - €)	O
33	ВЗТ (иногда ВК) нижнепротерозойских вулканогенных пород (PR ₁ ²)	O
34	ВЗТ (иногда ВК) нижнепротерозойских терригенных пород (PR ₁ ¹)	O
35	ВЗТ архейско-протерозойских, реже рифейских или вендских метаморфических пород (AR - PR)	Ч (AR), O (AR - PR ₁), Ю-К (AR - PR ₁), В-К (PR ₂ -Pz ₁), Ю-В (AR-PR)
36	ВЗТ позднемезозойских и кайнозойских интрузивных и экструзивных пород, преимущественно кислого состава (Mz ₂ , Kz)	Ч (P, K), O (K, J ₃), В-С (N ₂ -Q ₁ , N, P, K ₂), Ю-К (N, P, K ₂), В-К (K, J) Ю-В (N-Q, P, K, J ₃)
37	ВЗТ архейских, протерозойских, палеозойских и раннемезозойских интрузивных пород разного состава (AR, PR, Pz, Mz ₁)	Ч (AR, PR, Pz, Mz ₁), O (AR, PR, Pz, Mz ₁), Ю-К (AR ?, PR, Mz ₁), В-К (PR, Pz, Mz ₁), Ю-В (AR, PR, Pz, Mz ₁)

Примечание. Вулканогены: Ч – Чукотский, О – Охотский, В-С – Восточно-Сихотэ-Алинский, Ю-К – Южно-Корейский, В-К – Восточно-Китайский, Ю-В – Южно-Вьетнамский.

ческих систем нами принята еще одна характеристика – петрографическая, которая учитывает состав эффузивных толщ.

Среди основных типов гидрогеологических систем выделены гидрогеологические бассейны, адбассейны, адмассивы, массивы и трещинно-жильная система. Гидрогеологический бассейн – это подземная водоносная система пластовой (обычно слоистой) структуры с развитием пластово-поровых и пластово-трещинных подземных вод. Он приурочен к чехлу платформ, прогибов, впадин, молодым вулканоструктурам с базальтовым выполнением. Гидрогеологический адбассейн – это гидрогеологическая система пластово-блоковой структуры с развитием пластовых и пластово-блоковых трещинных вод. Он приурочен к эпиплатформенным структурам: перикратонным прогибам, авлакогенам, складчатым платформенным чехлам. По составу водовмещающих пород здесь целесообразно выделять гидрогеологические системы с терригенными, карбонатными, терригенно-карбонатными, терригенно-вулканогенными и вулканогенными образованиями. Гидрогеологический адмассив – это гидрогеологическая система преимущественно блоковой структуры, где сохранились участки с пластовой структурой. Здесь развиты в основном блоковые трещинные воды, участками развиты пластовые скопления трещинных вод. Это, скорее всего, миогеосинклиналильные зоны молодых складчатых областей. В вулканических областях к ним относятся вулканоструктуры, образованные позднемезозойскими лавами и туфами. Гидрогеологический массив – это гидрогеологическая система блоковой структуры с развитием блоковых трещинных и трещинно-жильных подземных вод. Они приурочены к горноскладчатым областям, щитам древних платформ, интрузивным и экструзивным массивам.

Пластовые (пластово-трещинные и пластово-каверновые) скопления подземных вод приурочены, главным образом, к молодым (палеоген-четвертичным) вулканогенным толщам преимущественно основного состава и вулканогенно-осадочным отложениям. Такие гидрогеологические системы относятся к вулканогенным гидрогеологическим бассейнам. Эффузивные толщ основного состава, но более древнего возраста (юрско-меловые) по характеру скопления подземных вод схожи с вулканогенными гидрогеологическими бассейнами, но для них также характерен и трещинно-жильный тип скопления, который позволяет отнести их к вулканогенным гидрогеологическим адбассейнам. К вулканогенным гидрогеологическим адбассейнам относятся также геоструктуры, выполненные кайнозойскими и поздне-меловыми вулканитами среднего, а иногда и кислого состава, а эффузивы того же состава, но раннемелового и юрского возраста представляют собой, главным образом, вулканогенные гидрогеологические адмассивы. К адмассивам можно отнести и некоторые геоструктуры, сложенные меловыми эффузивами кислого состава. Лавы кислого состава юрского возраста формируют геоструктуры, которые могут быть отнесены к вулканогенным гидрогеологическим массивам. Таким образом, в вулканогенах Восточно-Азиатского окраинно-континентального вулканического пояса выделяются вулканогенные гидрогеологические бассейны, адбассейны, адмассивы и массивы. Кроме того, на рассматриваемой территории распространены платформенные и межгорные артезианские бассейны, бассейны трещинно-карстовых вод, древние вулканогенные гидрогеологические адбассейны, а также гидрогеологические адмассивы, массивы, трещинно-жильные системы.

Вулканогенные гидрогеологические бассейны являются наложенными с преимущественно пластово-

Возраст	Номер и название водоносного горизонта, комплекса, зоны трещиноватости, их возраст и мощность (в метрах)	Литологическая колонка и районы распространения
1	2	3
Q _{IV}	1 - ВГ современных рыхлых терригенных пород (Q _{IV} , до 20)	
Q _{III}	2 - ВК четвертичных пород базальтовой формации (βQ, до 330)	
Q _{II}	3 - ВГ (иногда ВК) нижне-верхнечетвертичных (иногда нерасчлененных четвертичных) рыхлых терригенных пород (Q _{I-II} , до 50; Q, до 50)	
Q _I	4 - ВК плиоцен–нижнечетвертичных (иногда плиоценовых) рыхлых терригенных пород (N ₂ -Q _I , до 280; N ₂ , до 300)	
N ₂	5 - ВК плиоцен–нижнечетвертичных пород базальтовой формации (βN ₂ -Q _I , до 350)	
N ₁	6 - ВК неогеновых (иногда миоценовых) рыхлых терригенных пород (N, до 1000; N ₁ , до 500)	
N ₁	7 - ВК олигоцен–миоценовых (иногда нерасчлененных неогеновых) пород базальт-андезитовой формации (β _α P ₃ -N ₁ , до 1000; βN, до 200)	
P ₃	8 - ВК эоцен–миоценовых рыхлых и слабо литифицированных терригенных пород (P ₂ -N ₁ , до 800)	
P ₃	9 - ВК эоцен–миоценовых пород базальтовой формации (βP ₂ -N ₁ , до 600)	
P ₂	10 - ВК палеогеновых слабо литифицированных терригенных пород (P, до 600)	
P ₂	11 - ВЗТ (иногда ВК) эоцен–олигоценых пород риолит-трахитовой формации (λτ P ₂₋₃ , до 400)	
P ₂	12 - ВК палеогеновых пород базальтовой формации (βP, до 500)	

Рис. 3. Взаимоотношения единиц гидрогеологической стратификации с литолого-петрографическими и стратиграфическими особенностями геологического разреза ВАП.

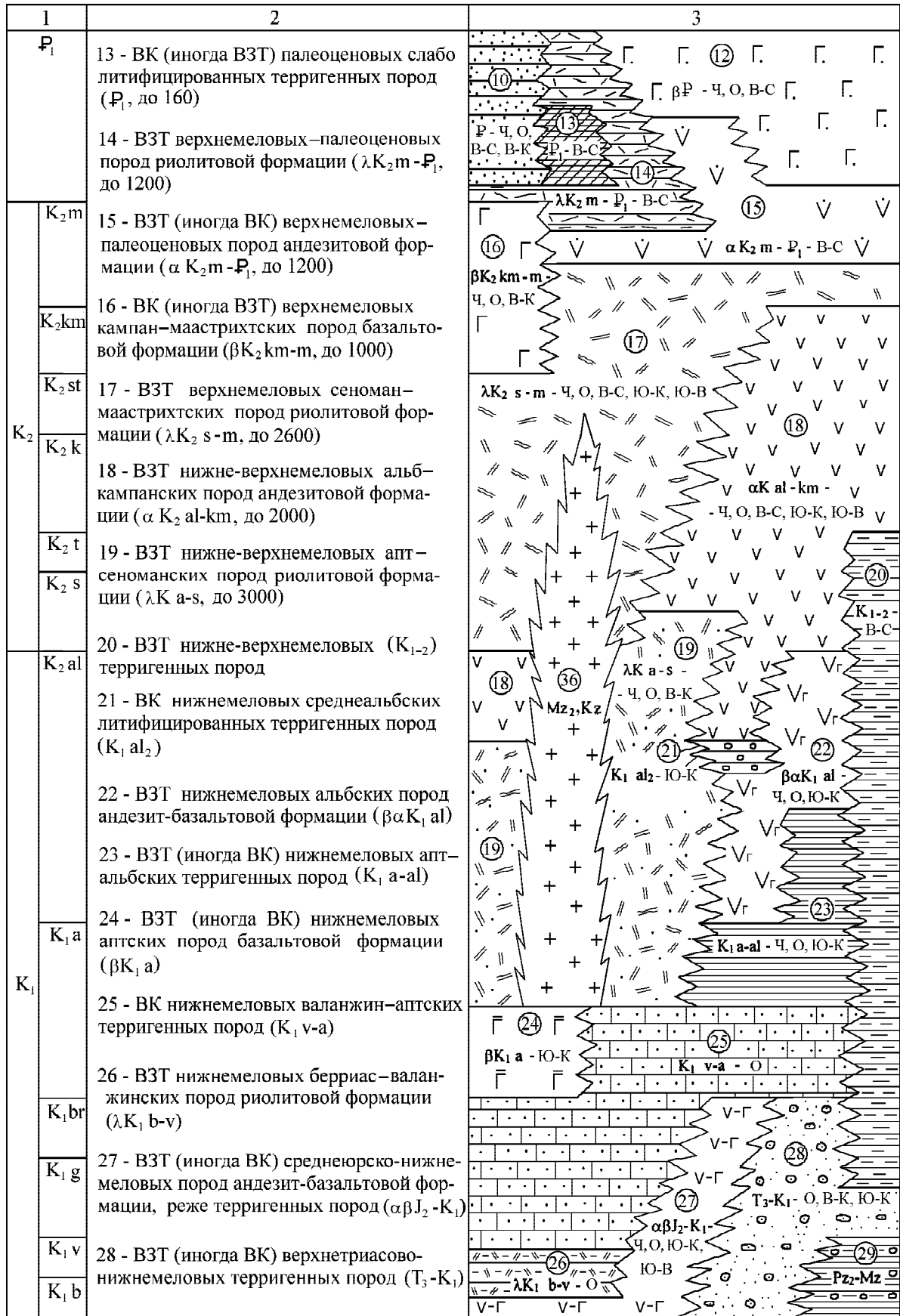


Рис. 3. Продолжение.

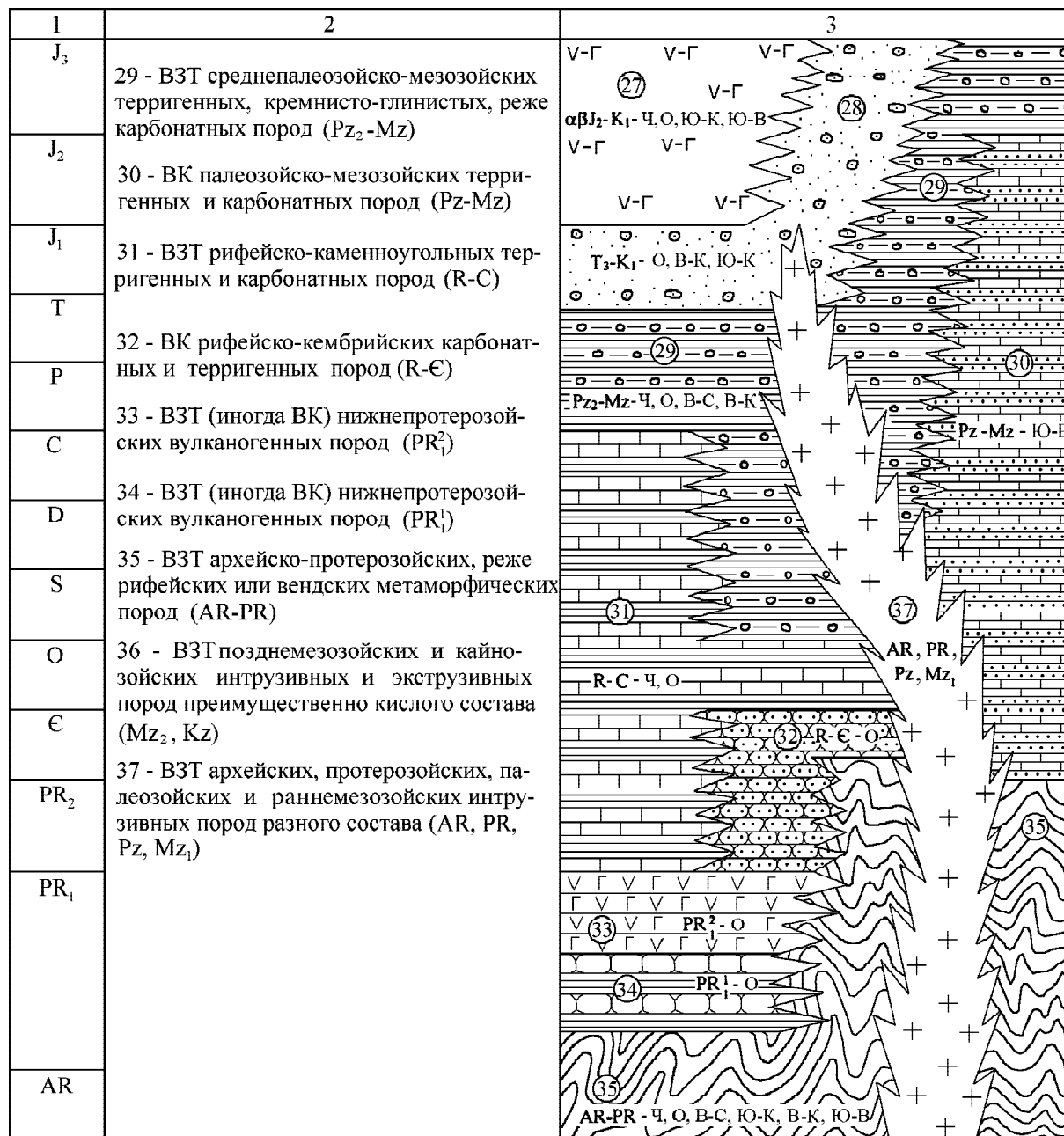


Рис. 3. Окончание.

Вулканогены: Ч – Чукотский, О – Охотский, В-С – Восточно-Сихотэ-Алинский, Ю-К – Южно-Корейский, В-К – Восточно-Китайский, Ю-В – Южно-Вьетнамский.

каверновыми и пластово-трещинными скоплениями подземных вод. Вулканогенные гидрогеологические бассейны приурочены к вулканическим плато, стратовулканам, щитовым вулканам, вулканотектоническим депрессиям, кальдерам проседания и т.д. Вулканогенные гидрогеологические бассейны сложены преимущественно кайнозойскими вулканогенными и вулканогенно-осадочными образованиями основного состава. Граница бассейна со смежными гидрогеологическими системами другого типа проводится

по линии контакта вулканогенных пород бассейна с породами выходящего на поверхность фундамента, а со смежными вулканогенными бассейнами – по типам вулканоструктур. На рассматриваемой территории большинство вулканогенных гидрогеологических бассейнов являются субаэрально-субаквально, так как имеют свое продолжение под водами прилегающих акваторий.

Другим типом гидрогеологических систем являются вулканогенные гидрогеологические адбассейны с

преимущественно пластово-трещинными, реже трещинными и трещинно-жильными скоплениями подземных вод. Вулканогенные адбассейны обычно сложены преимущественно средними, иногда основными и кислыми эффузивами нижнемелового–палеоценового возраста. Они иногда являются основанием для вулканогенных гидрогеологических бассейнов. Вулканогенные адбассейны включают водоносные комплексы или водоносные зоны трещиноватости пород. При продолжении их под водами прилегающих акваторий они получают статус субаэрально-субаквальных.

Еще одним типом гидрогеологических систем являются вулканогенные гидрогеологические адмассивы. Основное развитие в них получают подземные воды зоны трещиноватости, приуроченные к нижнемеловым и юрским эффузивным породам кислого, реже основного и среднего составов. Здесь распространены преимущественно трещинные, реже трещинно-жильные подземные воды, но иногда и пластово-трещинные в зонах развития туфогенно-осадочных пород.

Вулканогенные гидрогеологические массивы сложены нижнемеловыми эффузивными породами преимущественно кислого состава. Эти массивы приурочены преимущественно к вулканогенным сводово-блоковым геоструктурам. К вулканогенным гидрогеологическим массивам относятся также экстрезивные поднятия и интрузии разного состава. Здесь развиты трещинные и трещинно-жильные подземные воды.

Дальнейшее деление вулканогенных гидрогеологических систем можно вести по приуроченности их к конкретным вулканоструктурам. Среди них выделяются: вулканические плато (или покровы) щитовых вулканов, стратовулканы (вулканы центрального типа) или эродированные стратовулканы, кальдеры, вулканические котловины (как малые вулканические структуры), вулканические поля (без структурного подразделения), интрузивно-экстрезивные поднятия (купола, неки), вулканотектонические депрессии, впадины, грабены, вулканотектонические поднятия, горсты.

Вулканические плато (или покровы), сформированные щитовыми вулканами, распространены преимущественно в Восточно-Сихотэ-Алинском, Восточно-Китайском и Южно-Вьетнамском и в меньшей степени – в Чукотском и Охотском вулканогенах. Они в основном представлены кавернозными и трещиноватыми базальтами и являются хорошими аккумуляторами подземных вод. Подземные воды в породах такого типа имеют пластовый трещинно-каверновый характер, а на участках, где плато или покровы сложены плотными базальтами, подземные воды являются трещинными и трещинно-жильными.

Сравнительно широко в рассматриваемых вулканогенах распространены стратовулканы (они часто эродированы). Стратовулканы различны как по возрасту пород, так и по размерам. Они могут быть образованы лавами и туфами базальтового, андезитового или риолит-дацитового составов. Водопроницаемость пород стратовулканов достаточно высока, и даже при интенсивных атмосферных осадках в их пределах почти отсутствует поверхностный сток. Разгрузка подземных вод осуществляется у подножия вулканов или в эрозионных врезках.

Вулканотектонические поднятия представляют собой преимущественно линейные структуры, реже куполообразные, в сводовых частях которых обнажены гранитоидные массивы. На поднятиях преобладают породы андезибазальтового и андезитового состава (Чукотский и Охотский вулканогены) и в меньших объемах – риолит-дацитового состава (Восточно-Китайский и Южно-Вьетнамский вулканогены) [3]. Эти структуры водопроницаемы лишь в самой верхней трещиноватой зоне.

Экстрезивные поднятия представляют собой куполообразные вздутия складчатого фундамента, к которым приурочены штокообразные массивы экстрезивных пород [22].

Вулканические поля (без структурного подразделения) наиболее широко представлены во всех вулканогенах. Они не имеют четко выраженных структурных границ и трудно поддаются структурному анализу. А.Б. Игнатъев [24] называет их "вулканические массы", что, по нашему мнению, не очень точно определяет сущность объекта.

К "отрицательным" в отличие от рассмотренных выше "положительных" вулканических структур относятся кальдеры, вулканические котловины (как малые вулканические структуры) и вулканотектонические депрессии, впадины, грабены. Последние широко распространены в пределах ВАВП. Вулканиды, слагающие кальдеры и впадины, отличаются большой мощностью (иногда более 1000 м) и различной степенью водопроницаемости. Формирование таких типов вулканических структур сопровождается интенсивным дроблением пород, что увеличивает трещинную проницаемость, поэтому наряду с пластово-трещинным типом скопления подземных вод здесь отмечается и трещинно-жильный. В целом кальдеры и вулканотектонические депрессии представляют собой сложные гидрогеологические системы, водоносные горизонты и водоносные зоны трещиноватости которых гидравлически связаны между собой. При значительных размерах этих типов структур формирующиеся в них естественные ресурсы подземных вод могут иметь большое практическое значение.

Иногда наблюдается соподчиненность вулканогенных гидрогеологических систем с типом вулканотектонических поднятий.

структуры, но все-таки более значительна корреляция с петрографическими особенностями вулканитов.

Таким образом, разработанная типизация вулканогенных гидрогеологических систем составлена с учетом типов скопления подземных вод, петрографических особенностей вулканитов, а также характера вулканоструктур (рис. 4). Исходя из этого, можно выделить следующие разновидности вулканогенных гидрогеологических систем: 1) вулканогенные гидрогеологические бассейны вулканических плато (или покровов) щитовых вулканов; 2) вулканогенные гидрогеологические бассейны базальтовых стратовулканов; 3) вулканогенные гидрогеологические бассейны базальтовых кальдер и вулканических котловин (как малые вулканические структуры); 4) вулканогенные гидрогеологические бассейны вулканотектонических депрессий, впадин, грабенов; 5) вулканогенные гидрогеологические адбассейны базальтовых стратовулканов; 6) вулканогенные гидрогеологические адбассейны базальтовых кальдер и вулканических котловин; 7) вулканогенные гидрогеологические адбассейны базальтовых вулканических полей (без структурного подразделения); 8) вулканогенные гидрогеологические адбассейны базальтовых вулканотектонических депрессий; 9) вулканогенные гидрогеологические адбассейны андезитовых стратовулканов; 10) вулканогенные гидрогеологические адбассейны андезитовых кальдер и вулканических котловин; 11) вулканогенные гидрогеологические адбассейны андезитовых вулканических полей (без структурного подразделения); 12) вулканогенные гидрогеологические адбассейны андезитовых вулканотектонических депрессий, впадин, грабенов; 13) вулканогенные гидрогеологические адбассейны риолитовых кальдер, вулканических котловин; 14) вулканогенные гидрогеологические адбассейны риолитовых вулканотектонических депрессий, впадин, грабенов; 15) вулканогенные гидрогеологические адбассейны кальдер, вулканических котловин с чередованием лав, их туфов и лавобрекчий основного, среднего и кислого составов; 16) вулканогенные гидрогеологические адбассейны вулканических полей (без структурного подразделения) с чередованием лав, их туфов и лавобрекчий основного, среднего и кислого составов; 17) вулканогенные гидрогеологические адбассейны вулканотектонических депрессий, впадин, грабенов с чередованием лав, их туфов и лавобрекчий основного, среднего и кислого составов; 18) вулканогенные гидрогеологические адмассивы базальтовых вулканотектонических поднятий, горстов; 19) вулканогенные гидрогеологические адмассивы андезитовых вулканотектонических поднятий, горстов; 20) вулканогенные гидрогеологические адмассивы риолитовых стратовулканов; 21) вулканогенные гидрогеологические адмассивы риолитовых

вулканических полей (без структурного подразделения); 22) вулканогенные гидрогеологические массивы риолитовых стратовулканов; 23) вулканогенные гидрогеологические массивы риолитовых вулканотектонических поднятий, горстов; 24) вулканогенные гидрогеологические массивы базальтовых, андезитовых или риолит-дацитовых экструзивных поднятий и интрузий. Всего нами выделено 24 типа вулканогенных гидрогеологических систем. Количество их увеличится с учетом промороженности верхней части вулканитов, за счет вулканогенных криогидрогеологических систем.

ЯРУСНОСТЬ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

В настоящее время стало общепринятым выделять гидрогеологические системы по латерали или латеральные типы гидрогеологических систем. Однако типизацию гидрогеологических систем следует проводить и по вертикали. Впервые очень близко подошли к этому И.К. Зайцев и Н.И. Толстихин [7], которые выделяли супербассейны или гидрогеологические вулканогенные бассейны, наложенные на другие гидрогеологические системы или структуры. Позже это положение развивал О.Н. Толстихин, который отмечал, что "основанием вулканогенных супербассейнов являются различные гидрогеологические структуры, как гидрогеологические массивы, так и артезианские бассейны" [20, с. 43].

В целом же идея ярусности гидрогеологических систем или, другими словами, вертикальных рядов гидрогеологических систем не отражена как в отечественной, так и в зарубежной литературе, а абсолютно новая и была высказана лишь совсем недавно К.П. Каравановым [11]. Им, на примере Приамурья, было проведено расчленение всего разреза земной коры на гидрогеологические системы по особенностям скопления свободной и связанной (физически и химически) подземных вод, а также с учетом генезиса динамики вод. Вслед за ним идея вертикальных рядов была поддержана Е.А. Басковым [2].

Нами же предпринята попытка расчленить на гидрогеологические системы по вертикали толщи эффузивных пород, слагающих Восточно-Азиатский окраинно-континентальный вулканический пояс. Здесь разрез земной коры представляет собой закономерное последовательное напластование вулканогенных гидрогеологических систем на различные другие, преимущественно терригенные гидрогеологические системы, что и создает их своеобразный вертикальный ряд или ярусность.

1. Верхняя часть гидрогеологического разреза практически во всех вулканогенах представлена межгорными артезианскими бассейнами. Они сформированы кайнозойскими, иногда верхнемеловыми отложениями общей мощностью до 1000 м. Разрез чехла

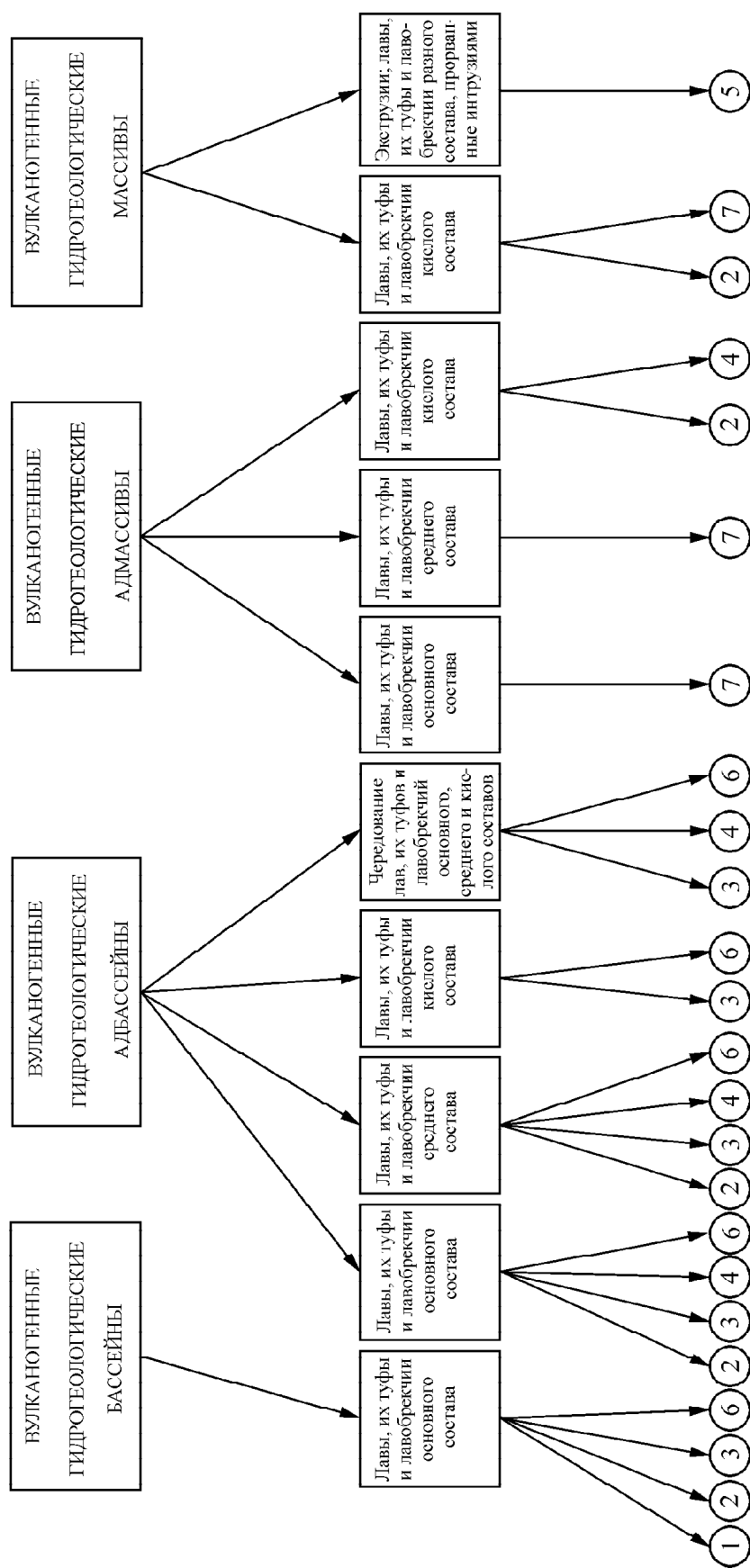


Рис. 4. Вулканогенные гидрогеологические системы, состав водовмещающих пород и типы вулканоструктур.
 Вулканогенные геологические структуры: 1 – вулканические плато (или покровы) щитовых вулканов; 2 – стратовулканы (вулканы центрального типа) или эродированные стратовулканы; 3 – кальдеры, вулканические котловины (как малые вулканические поля (без вулканические поля (без структурного подразделения)); 5 – экстрезивные поднятия (купола, неки) и интрузии; 6 – вулканогенно-тектонические депрессии, впадины, грабены; 7 – вулканогенно-тектонические поднятия, горсты.

обычно начинается четвертичными или плиоцен–четвертичными песчано-галечниково-гравийными отложениями мощностью обычно до 100 м. Отложения характеризуются высокой водообильностью, так как имеют хорошую связь с речными водами. Основанием межгорных артезианских бассейнов являются различные вулканогенные гидрогеологические системы (преимущественно адбассейны и адмассивы), поэтому первые являются наложенными и рассматриваются как самостоятельные системы. Вулканогенные гидрогеологические системы налегают на другие системы (преимущественно терригенные). Большой частью этими системами являются гидрогеологические массивы, представляющие собой образования Верхояно-Чукотской, Амурской и Катазиатской складчатых областей или сильно дислоцированный чехол с архейско-протерозойским фундаментом Чукотского, Омолонского и Охотского массивов. Такой тип ярусности наблюдается в Чукотском, Охотском и Восточно-Сихотэ-Алинском вулканогенах.

2. Гидрогеологические системы собственно вулканогенов разделены на две части: вулканогенные гидрогеологические бассейны, сложенные кайнозойскими лавами, ниже которых следуют вулканогенные гидрогеологические адбассейны, адмассивы и массивы, которые, в свою очередь, могут налегать на артезианские бассейны чехла платформы. Примером таких рядов могут служить налегания вулканогенных гидрогеологических адмассивов Джугджурской вулканогенной гидрогеологической области на артезианский бассейн чехла Сибирской платформы в районе верхнего течения реки Май. Чехол сложен рифейско-кембрийскими карбонатными и терригенными породами (известняки, доломиты, песчаники, конгломераты, аргиллиты, гравелиты) значительной мощности. В свою очередь артезианские бассейны чехла Сибирской платформы налегают на метаморфические породы, являющиеся погребенными гидрогеологическими массивами.

3. Другим примером ярусности может служить налегание вулканогенных гидрогеологических адбассейнов и адмассивов на терригенно-вулканогенный платформенный адбассейн (Улканский эоплатформенный прогиб). Этот адбассейн представлен (снизу вверх) нижнепротерозойской топориканской свитой, сложенной терригенными породами (песчаники, алевролиты, аргиллиты, гравелиты) и элгетейской свитой вулканогенных пород (риолиты, их туфы, трахиандезиты). Платформенный адбассейн налегает на архейско-протерозойские метаморфические породы фундамента Сибирской платформы, который в гидрогеологическом отношении является погребенным гидрогеологическим массивом.

4. Следующим типом ярусности гидрогеологических систем является напластование вулканоген-

ных гидрогеологических адбассейнов и адмассивов на Юдомо-Майский и Аяно-Шевлинский перикратонные прогибы, выполненные карбонатными и терригенными, реже кремнисто-глинистыми и вулканогенно-осадочными породами. С гидрогеологической точки зрения эти прогибы являются гидрогеологическими адмассивами. Такой тип ярусности наблюдается в Охотском вулканогене.

5. В Восточно-Сихотэ-Алинском вулканогене вулканогенные гидрогеологические бассейны базальтовых плато (покровов) налегают на вулканогенные гидрогеологические адмассивы, сложенные эффузивами кислого состава, а последние налегают на терригенные гидрогеологические массивы Сихотэ-Алинской складчатой системы.

6. В Южно-Корейском и Восточно-Китайском вулканогенах вулканогенные гидрогеологические адбассейны или адмассивы налегают на терригенные прогибы, заполненные верхнеюрско-нижнемеловыми и нижнеюрскими песчаниками, конгломератами, известняками, алевролитами, глинистыми сланцами, которые в гидрогеологическом отношении являются адбассейнами. Эти адбассейны налегают на гидрогеологические массивы Катазиатской складчатой области или на архейско-протерозойские метаморфические породы массива Собэк.

7. В Южно-Вьетнамском вулканогене наблюдается налегание вулканогенного гидрогеологического бассейна базальтов вулканического плато на чехол Индосинийского массива, сложенного палеозойско-мезозойскими карбонатными и терригенными породами (известняки, мергели, песчаники, алевролиты). Чехол массива является платформенным артезианским бассейном, налегающим на архейско-протерозойские метаморфические породы фундамента Индосинийского массива. Последний является гидрогеологическим массивом.

8. Последним типом ярусности является напластование вулканогенного гидрогеологического бассейна базальтового вулканического плато на гидрогеологический массив, представленный архейско-протерозойским метаморфическим фундаментом Индосинийского массива.

Таким образом, анализ распространения вулканогенных типов гидрогеологических систем по вертикали позволил выделить в регионе восемь наиболее распространенных типов вертикальных рядов (рис. 5).

ВЫВОДЫ

Выявлены основные закономерности формирования и распространения подземных вод в гидрогеологических системах Восточно-Азиатского окраинно-континентального вулканического пояса – крупном вулканическом линементе западной части Ти-

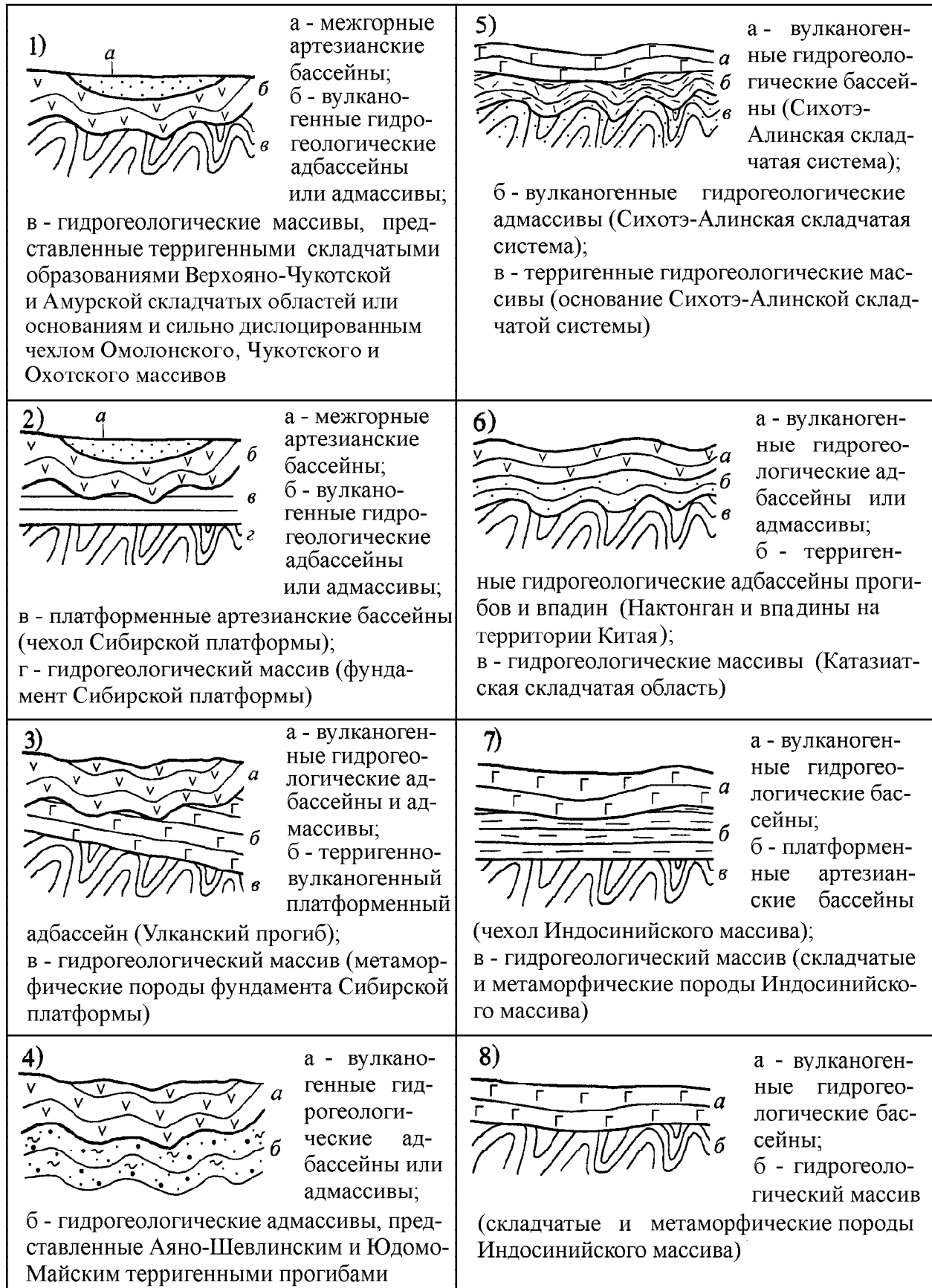


Рис. 5. Типы ярусности гидрогеологических систем.

хоокеанского сегмента Земли. Этот пояс характеризуется развитием позднемезозойско-раннекайнозойского вулканизма главным образом кислого и среднего составов, а также позднекайнозойского вулканизма основного состава.

Основные результаты проведенных исследований следующие.

1. Восточно-Азиатский окраинно-континентальный вулканический пояс рассмотрен как единый регион со специфическими геолого-структурными и гидрогеологическими условиями формирования подземных вод.

2. Разработана сводная гидрогеологическая стратификация геологического разреза Восточно-Азиатского вулканического пояса, в основе которой лежат литолого-стратиграфический (для терригенных пород) и петрографо-стратиграфический (для магматических пород) принципы, отражающие неоднородность разреза вулканогенных толщ по характеру скопления и распространения подземных вод.

3. Разработаны принципы типизации вулканогенных гидрогеологических систем вулканического пояса, ведущими признаками которой являются тип скопления подземных вод, тесно связанный с петрографическими особенностями эффузивных толщ (кислые, средние и основные) и типом вулканоструктур, в которых подземные воды сосредоточены. Пластовые скопления подземных вод приурочены преимущественно к молодым вулканогенным толщам основного состава и вулканогенно-осадочным отложениям, а трещинные скопления подземных вод – к эффузивным толщам кислого и среднего состава позднемезозойского возраста. Значительные ресурсы подземных вод заключены в базальтовых толщах (вулканогенные гидрогеологические бассейны). Дебит скважин здесь достигает 100 л/с. По химическому составу подземные воды вулканогенных толщ до глубины 300 м – пресные гидрокарбонатные.

4. Основными выделенными типами гидрогеологических систем являются вулканогенные гидрогеологические бассейны, адбассейны, адмассивы и массивы, которые, в свою очередь, подразделяются на 24 их разновидности в зависимости от приуроченности к вулканоструктурам.

5. Проведено выделение гидрогеологических систем в пределах вулканического пояса и по вертикали. Здесь разрез земной коры представляет собой закономерное последовательное напластование вулканогенных гидрогеологических систем на различные другие, преимущественно терригенные гидрогеологические системы или платформенные артезианские бассейны, что и создает их своеобразный вертикальный ряд или ярусность. Выделено 8 наиболее распространенных типов вертикальных рядов.

Проведенные исследования являются одним из этапов изучения формирования и распространения подземных вод в вулканических гидрогеологических системах мира. Единство вулканических процессов на Земле и общность эволюции вулканов позволяет использовать результаты настоящих исследований при дальнейшем изучении вулканических регионов, используя метод аналогии.

Благодарности. Автор выражает искреннюю признательность К.П. Караванову и Л.Ф. Мишину за ценные замечания и предложения при подготовке рукописи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Антыпко Б.Е., Соколовский Л.Г. Принципы гидрогеологической стратификации // Сов. геология. 1980. № 7. С. 106–118.
2. Басков Е.А. Проведение палеогидрогеологического анализа при региональных геологосъемочных работах. С-Пб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 1998. 190 с.
3. Белый В.Ф. Геология Охотско-Чукотского вулканогенного пояса. Магадан, 1994. 76 с.
4. Богданов Г.Я., Кононов В.М. Некоторые вопросы гидрогеологической стратификации // Изв. вузов. Геология и разведка. 1975. № 2. С. 99–104.
5. Вулканические пояса Востока Азии. Геология и металлогения / Отв. ред. А.Д. Щеглов. М.: Наука, 1984. 504 с.
6. Зайцев И.К. О принципах гидрогеологической стратификации // Проблемы гидрогеологического картирования и районирования. Л., 1971. С. 45–55.
7. Зайцев И.К., Толстихин Н.И. Основы структурно-гидрогеологического районирования СССР // Материалы по региональной и поисковой гидрогеологии. Спб., 1963. С. 5–35. (Тр. ВСЕГЕИ; Т. 101)
8. Ициксон М.И., Красный Л.И. Геотектонические особенности размещения мезозойских и кайнозойских вулканогенных образований на территории Дальнего Востока // Проблемы вулканизма: Материалы к Первому Всесоюз. вулканол. совещ. 15-27 сентября 1959 г. Ереван, 1959. С. 409–414.
9. Караванов К.П. Бассейны подземных вод горно-складчатых областей Восточной Азии. М.: Наука, 1977. 144 с.
10. Караванов К.П. Методологические исследования в региональной гидрогеологии (теоретический аспект). М.: Наука, 1986. 111 с.
11. Караванов К.П. Вертикальные ряды гидрогеологических систем и геодинамика Приамурья: Препринт. Хабаровск: Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, 1996. 67 с.
12. Мишин Л.Ф. К тектонике окраинно-континентальных вулканических поясов Востока Азии // Тихоокеан. геология. 1986. № 3. С. 106–111.
13. Никитин М.Р., Ишунина Т.А., Шик С.М. Гидрогеологическая стратификация - основа легенды среднемасштабной карты общего назначения // Вод. ресурсы. 1978. № 6. С. 48–62.
14. Никитин М.Р., Ишунина Т.А., Шик С.М. Расчленение разреза для составления легенды серии листов гидро-

- геологической карты // Разведка и охрана недр. 1979. № 1. С. 42–48.
15. Плотников Н.И., Плотникова Э.Н. К вопросу о гидрогеологической стратификации геологического разреза // Вестн. МГУ. Сер. 4. Геология. 1974. № 6. С. 56–62.
16. Принципы гидрогеологической стратификации. М., 1982. 107 с. (Тр. ВСЕГИНГЕО; Вып. 148).
17. Рябченков А.С. О принципах гидрогеологической стратификации // Сов. геология. 1959. № 3. С. 101–113.
18. Рябченков А.С. Основы гидрогеологической стратификации и наименования таксономических подразделений стратификационной гидрогеологической шкалы // Методическое руководство по гидрогеологической съемке. М.: Госгеолтехиздат, 1961. С. 295–300.
19. Рябченков А.С. Основы гидрогеологической стратификации и наименование таксономических подразделений стратификационной гидрогеологической шкалы // Методические указания по гидрогеологической съемке на закрытых территориях в масштабах 1:50 000, 1:200 000, 1:500 000. М.: Недра, 1968. С. 164–166.
20. Толстихин О.Н. Наледи и подземные воды северо-востока СССР. Новосибирск: Наука, 1974. 164 с.
21. Устиев Е.К. Охотский вулканический пояс и связанные с ним проблемы // Проблемы вулканизма: Материалы к Первому всесоюз. вулканол. совещ. 15-27 сентября 1959 г. Ереван, 1959. С. 403–407.
22. Фрейд Г.М., Рыбалко В.И. Вулкано-тектонические структуры Восточно-Сихотэ-Алинского вулканического пояса. Томск: Изд-во Томск. ун-та. 1972. 150 с. (Тр. Лаборатории палеовулканологии; Вып. 6).
23. Фролов Н.М. Основы гидрогеологической стратификации // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1981. № 11. С. 9–20.
24. Volcanic belts and volcano-tectonic structures of the East Asia. Scale 1 : 3 000 000 / Editors-in-chief: Nikolai Shilo, Nobuhide Murakami, Yuri Bakulin. Khabarovsk, 1992.

Поступила в редакцию 9 мая 2002 г.

Рекомендована к печати Г.Л. Кирилловой

N.V. Boldovskiy

The structural and geological conditions of formation and distribution of underground waters in the East Asian volcanic belt

The principles of recognition of hydrogeological systems and hydrogeological stratification of the geological section of the East Asian marginal-continental volcanic belt have been worked out as the basis for defining the peculiarities of underground water formation and distribution. The recognition of hydrogeological systems is based on stratigraphic, petrographical, geostructural and hydrogeological regularities in the volcanic units of the belt. The worked-out hydrogeological stratification makes it possible to most optimally approach the problems of medium-scale hydrogeological mapping. The regularities of formation of underground water resources in the volcanogenic hydrogeological systems are considered.