

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ИНЖЕНЕРНО - ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ТЕРРИТОРИИ г. КАЗАНИ

В настоящее время г. Казань является одним из развивающихся промышленных и культурных центров в Поволжском регионе, где происходит интенсивная перепланировка и реконструкция центральной части города, осваиваются новые, ранее не застроенные территории. В связи с этим, необходимо всестороннее изучение инженерно-геологических условий (ИГУ) исследуемой территории, их сложности и пространственно-временной изменчивости. Чтобы оценить изменчивость ИГУ (что частично определяет и их сложность) необходимо выявить закономерности формирования ИГУ как в прошлом, так и на современном геологическом этапе.

Методика исследования

Под инженерно-геологическими условиями принято понимать совокупность характеристик компонентов геологической среды исследуемой территории, влияющих на условия проектирования и строительства, а также на эксплуатацию инженерных сооружений соответствующего назначения. Здесь под геологической средой понимают верхнюю часть литосферы, представляющую собой многокомпонентную динамичную систему (горные породы, подземные воды, газы, физические поля – гравитационные, электромагнитные и др.), в пределах которой осуществляется инженерно-хозяйственная деятельность (СП..., 1997).

При оценке ИГУ используется системный анализ, который осуществляется с помощью следующих факторов: геоморфологические, геологические и гидрогеологические условия в сфере взаимодействия зданий и сооружений, грунты (их состав, свойства, строение), геологические и инженерно-геологические процессы, а также техногенные воздействия и изменения освоенных территорий. Оценка каждого фактора, а затем расчёт категории сложности ИГУ осуществляются с помощью критериев, указанных в нормативной литературе (СП..., 1997).

Пространственную изменчивость ИГУ принято оценивать при помощи районирования, путём выделения инженерно-геологических формаций. На сегодняшний день в основе общепризнанного подхода при инженерно-геологическом районировании лежит литолого-генетический принцип, предложенный впервые В.И. Поповым, и ныне рекомендуемый В.Т. Трофимовым (2002), где районы выделяются по геоморфологическому критерию, а подрайоны и участки соответственно по генетическому и литологическому критериям. Затем к полученной литолого-генетической основе добавляется гидрогеологическая и инженерно-геологическая основа. Т.о., классическое районирование опирается на принцип, согласно которому закономерности геологического развития в прошлом и современный тектонический режим (региональные факторы) определяют ИГУ, а зональные факторы (современный климат, техногенное воздействие) имеют второстепенное значение (Трофимов, 2002). Поскольку при районировании речь идёт о возрасте геологических формаций, т.е. не только пространственном, но и временном аспекте, то можно считать, что инженерно-геологическое районирование – это «ключ» к выявлению закономерностей формирования ИГУ.

Для оценки ИГУ территории г. Казани с помощью программных средств ArcView GIS нами была создана карто-

графическая модель ИГУ, которая представляет собой атлас параметрических, аналитических и синтетических карт оценивающих факторы ИГУ: гидрогеологические карты (глубин залегания грунтовых вод, гидрохимическая), карты рельефа, типов грунтовых толщ. Под «грунтовыми толщами» понимается структурно-обособленная часть земной коры в сфере инженерного воздействия (Бондарик, 1981). Основным критерием выделения типов явилась степень изменчивости геологического разреза. Построение такой карты производилось путём анализа геологического строения по точкам наблюдения различного типа (разведочные, инженерно-геологические, наблюдательные и эксплуатационные скважины, полевые точки наблюдения).

Для оценки геодинамических условий также были построены картографические модели для различных геологических и инженерно-геологических процессов: карты поражённости карстовыми процессами, овражной эрозией и оползневыми процессами, карты распространённости гидротехнического и строительного подтопления, заболачивания, абразии и береговой эрозии речных долин.

Следующей стадией стало инженерно-геологическое районирование на базе карты четвертичных отложений. Все картографические работы проводились в масштабе 1:25000.

Результаты и обсуждение

По литолого-генетическому принципу на исследуемой территории было выделено двадцать два района, которые согласно геоморфологическим критериям относятся к следующим группам: I – микулинско-калининская – Приволжье, Заречье, Малые Дербышки, Вознесение, Солонка, Киндери, Троицкий, Восточная Крутушка; II – одицовско-московская – Московский, Мирный, Ливадия, Дербышки, Киндерский карьер, Кадышевские теплицы, Западная Крутушка; III – лихвинско-днепровская – Горки, Караваево; IV – окская – Азино, Сухая Река, Западное Кадышево; V – коренной берег – Аки, Царицыно.

Внутри районов по генетическому признаку были выделены подрайоны, которые в свою очередь по типу грунтовых толщ были разделены на участки. Кроме того, в атрибутивных таблицах для каждого участка помимо информации о возрасте и генезисе, а также особенностях геологического строения, была зафиксирована информация о типе фильтрационного разреза, глубине залегания грунтовых вод, геологических и инженерно-геологических процессах.

Полученные результаты, частично приведённые в табл. 1 и на рис. 1, показывают, что районы, расположенные в пределах второй, третьей и четвёртой надпойменных террас,

обладают весьма схожим набором признаков: супесчано-суглинистый грунтовый разрез, близкие физико-механические свойства грунтов, расчленённый рельеф и глубокое залегание грунтовых вод, здесь преимущественно развиты овражная эрозия и оползнеобразование, высокий потенциал строительной подтопленности, специфические грунты представлены просадочными супесчано-суглинистыми разностями. Следует отметить, что и в рельефе между указанными районами нет чётко выраженных границ.

Для первой надпойменной террасы и пойм малых рек, напротив, характерно широкое развитие процессов гидротехнического и строительного подтопления, заболачивание, здесь широко развиты специфические грунты, представленные пльвинными песками и торфом и заторфованными супесями, суглинками и глинами. Вдоль берегов водохранилища и малых рек фиксируется абразия и боковая эрозия речных долин. Грунты здесь находятся преимущественно в водонасыщенном состоянии, в связи с чем они обладают низкой несущей способностью.

Коренной берег, в отличие от низких и высоких террас, характеризуется широким распространением скальных грунтов, здесь развиты карстовые процессы и оврагообразование, и поэтому целесообразно систематизировать районы не в пять групп, а в три: низкие террасы, высокие террасы, коренной берег.

По-разному осуществляется и техногенное воздействие: в пределах низких террас, оказавшихся техногенно-подтопленными (гидротехническое подтопление) преобладает техногенная аккумуляция (намыв песков, засыпка низин и заболоченных участков), в пределах высоких террас техногенное воздействие имеет другую направленность, – здесь происходит выемка карьеров, а аккумуляция локализуется преимущественно в овражно-балочных понижениях и в тыловых частях террасовых уступов.

Качественная оценка устойчивости геологической среды к техногенному воздействию (3-х балльная система) показала также различные значения устойчивости для выделенных групп. Районы в пределах низких террас обладают, как правило, низкой и средней степенью устойчивости, высокие террасы, напротив, характеризуются преимущественно высокой и средней степенью устойчивости.

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что формирование ИГУ для районов из разных групп происходило при различных условиях. Поскольку возраст пород слагающих геологическую среду выделенных групп районов различен, можно предположить, что формирование ИГУ происходило стадийно, а выделенные группы в настоящее время находятся на разных стадиях развития ИГУ, что и вызывает разнонаправленность их изменчивости.

Используя полученные результаты и данные о геологической истории исследуемого региона, можно выделить следующие дотехногенные стадии (Геология..., 2003):

1. Платформенно-морская стадия характеризуется осадконакоплением и литификацией, а также постдиагенетическими преобразованиями морских отложений P_2 .

2. Платформенно-континентальная стадия отвечает континентальному режиму, при котором господствуют процессы физического и химического выветривания, денудация преобладает над аккумуляцией, развиваются карстовые процессы. В настоящее время на данной стадии находится коренной левый берег Волги.

3. В русловую стадию происходит накопление рыхло-

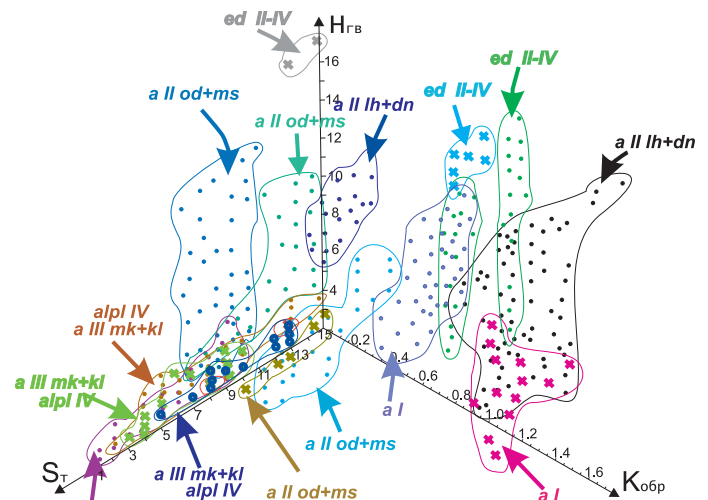


Рис. 1. Инженерно-геологические условия инженерно-геологических формаций выделенных по литолого-генетическому принципу. S_m – тип грунтовой толщи (см. таб. 1), $K_{обр}$ – коэффициент овражно-балочного расчленения (км/км²), $H_{гв}$ – глубина залегания грунтовых вод (м).

обломочного материала песчано-глинистого состава, формируются грунты со слабыми структурными связями, недоуплотнённые и, как следствие, сильно сжимаемые.

4. В стадию пойм и низких террас большая часть грунтовой толщи находится в водонасыщенном состоянии, они хорошо сжимаемы и неоднородны, накапливаются торф и заторфованные грунты, геологическая среда при благоприятных гидрохимических условиях характеризуется агрессивностью. Широко развиваются процессы подтопления и заболачивания.

5. Стадия высоких террас характеризуется господством денудации, широко развиты овражная эрозия и оползне-

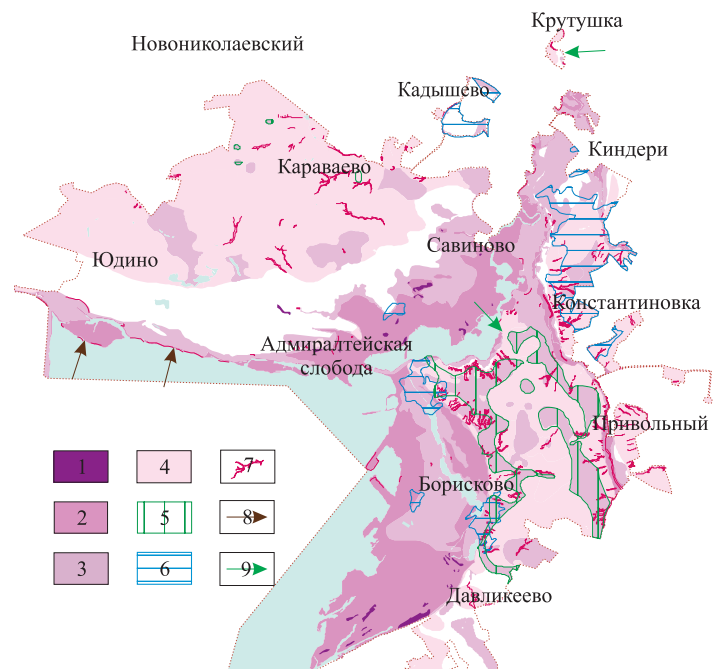


Рис. 2. Особенности распространения геологических и инженерно-геологических процессов на территории г. Казани: 1 – заболачивание, 2 – гидротехническое подтопление, 3 – территории с высокой вероятностью строительного подтопления, 4 – территории со средней вероятностью строительного подтопления, 5 – просадочные явления, 6 – карстовые процессы, 7 – овражная эрозия, 8 – переработка берегов водохранилища, 9 – боковая эрозия речных долин.

образование. Именно в эту стадию в результате криогенного выветривания в условиях приледниковой пустыни (валдайское оледенение) сформировались просадочные грунты, а в настоящее время происходит образование карбонатного элювия (Болыховская, 1995; Жаркова и др., 2005). Грунтовые воды залегают глубоко, в связи с чем грунты находятся преимущественно в твёрдой консистенции, следовательно, обладают хорошей несущей способностью.

Как показано выше, на разной стадии развития изменчивость инженерно-геологических условий (в виде геологических процессов) проявляется по-разному, поэтому и в техногенный этап развития эта изменчивость также имеет разный характер. Таким образом, можно сделать вывод, что различная направленность изменчивости ИГУ (естественная и техногенная) в пределах г. Казани обусловлена тем, что выделенные инженерно-геологические формации находятся на разных стадиях развития ИГУ (Табл. 2).

Однако, как показывают данные, внутри групп выделяются с одной стороны – различия по интенсивности тех или иных процессов для разновозрастных формаций, с другой стороны – сходство разновозрастных формаций по геодинамическим параметрам (Рис. 1). Причём это сходство характерно для формаций, принадлежащих, например, одному водораздельному пространству (Табл. 1, Рис. 2). Так, для высоких разновозрастных террас Волго-Ноксинского междуречья характерны более высокие значения овражно-балочного расчленения, значительно шире развиты просадочные грунты. В правобережье Казанки, напротив, несмотря на некоторую схожесть грунтового разреза, складывается более стабильная геодинамическая обстановка (Табл. 1, Рис. 2). Это связано с различным ходом постседиментационных процессов, развития рельефа, направленностью и скоростями неотектонических движений и гидрогеологических показателей. Наши исследования показали, что

стадия	надпойменная терраса				пойма малых рек**	коренной берег
	4	3	2	1		
высоких террас	Q ₂ ² -Q ₄	Q ₃ -Q ₄	Q ₄	-	-	-
низких террас	Q ₂ ¹	Q ₂ ²	Q ₃	Q ₄	Q ₄	-
русловая	N ₂ -Q ₁	N ₂ -Q ₂ ¹	N ₂ -Q ₂ ²	N ₂ -Q ₃	N ₂ -Q ₄	-
платформенно-континентальная	Mz - N ₂ *					Mz - Q ₄
платформенно-морская	P ₂					

Табл. 2. Стадии формирования ИГУ на территории г. Казани. Надпойменные террасы: 1 – микулинско-калининская (а I tk+k; alpl IV), 2 – одинцовско-московская (aII od+ms), 3 – лухвинско-днепровская (а II lh+dn), 4 – окская (al).

* - указанные временные рамки носят общий характер, для отдельных районов платформенно-континентальная стадия завершилась в эоплейстоцене или неоплейстоцене.

** - русловая стадия для пойм малых рек в некоторых случаях следовала за стадиями низких и высоких террас.

чем продолжительнее определённая стадия для разновозрастных инженерно-геологических формаций, тем значительнее разница между их ИГУ (Рис. 1, Табл. 1, 2). Следовательно, при оценке ИГУ и направленности их изменчивости, а значит, и при инженерно-геологическом районировании, необходим учёт вышеперечисленных факторов, что является достаточно трудоёмкой и сложной задачей.

Но, поскольку седиментогенез и постседиментагенные процессы, современные и древние тектоническая обстановка и климат, трансформация рельефа в ходе развития волжской речной сети и денудационных процессов, а также техногенное воздействие нашли своё отражение в характере и интенсивности геологических и инженерно-геологических процессов, значительно проще проводить выделение инженерно-геологических формаций по комплексу геологических и инженерно-геологических процессов, так как процесс, по нашему мнению, – это не только фактор

ИГУ, опирающийся, как и ИГУ, на гидрогеологические, геоморфологические, геологические условия, но и индикатор направленности изменчивости ИГУ.

Проведённые нами исследования позволили провести инженерно-геологическое районирование по геодинамическому принципу, как наиболее приемлемому для данной территории (Рис. 3). Представленная схема ИГР убедительно показывает роль послепермской тектонической обстановки в формировании карстовых процессов и значение рельефообразующих факторов, а также позднеоплейстоценового климата, которые привели к уравниванию разновозрастных и дифференциации разновозрастных геологических формаций по характеру ИГУ.

группа	район	абс.отм.	G	S _r	H _{гв}	K _{зобол}	K _{г-п.}	K _{с.п.}	K _{обр}	K _{карст}
Низкие террасы	Привольжье (I)	55-60	a mk+k	2,4,5,6,7,8,9,10,13,15	2-5	1,65	65,66	34,34	-	0,060
	Заречье (I)	55-60		1,2,3,4,5,6,7,8,9,10	1-4	1,12	59,77	40,23	-	0,009
	Малые Дербяшки (I)	55-65		5,6,7,8,9,10,12,13,14	1-4	-	23,28	66,72	-	0,016
	Вознесение (I)	75		9,12	3-5	-	33,59	54,41	-	-
	Солонка (I)	55		14	2-5	-	19,09	80,91	-	1,000
	Киндери (I)	70-75		8,13	3-6	-	23,40	61,60	-	1,000
	Троицкий (I)	55-65		3,4,5,6,7,8,9,10	1-3	0,01	56,94	35,06	-	-
	Восточная Крутушка (I)	55-60		8	2-4	-	22,94	25,31	-	-
Высокие террасы	Московский (II)	75-95	a od+ms	5,6,7,8,9,10,	10-15	0,08	-	40,42	0,130	0,001
	Мирный (II)	75-80		5,6,7,8,9,11,13	15-20	0,13	-	22,92	1,540	0,647
	Ливадия (II)	75-70		5,7,8,9,10	10-20	-	-	49,79	0,493	-
	Дербяшки (II)	75-95		5,6,7,8,9,10,12,13	15-20	-	-	47,88	0,120	0,623
	Киндерский карьер (II)	75-85		13,15	<15	-	-	-	-	1,000
	Кадышевские теплицы (II)	65-60		14	5-10	-	-	75,12	-	1,000
	Западная Крутушка (II)	75-95		8	<15	0,01	-	23,62	1,070	-
	Горки (III)	90-100		5,6,7,8,9,10,11,13,15	<20	-	-	45,56	1,854	0,065
	Караваево (III)	90-120		7,8,9,10,11	<20	-	-	5,75	0,690	-
	Азино (IV)	110-120		6,7,8,9,10,11	<20	-	-	35,85	1,240	-
	Сухая Река (IV)	75-100		8,9,10,14,15	10-15	-	-	12,21	1,500	-
	Кадышево (IV)	63-75		5,14,15	10-20	-	-	16,48	-	1,000
Коренной берег	Аки (V)	75-100	ed II - IV	13,15	<20	-	-	40,56	1,380	1,000
	Царицыно (V)	100-130	tdadl IV t	8,9,10,12,13	<20	-	-	5,83	1,420	0,417

Табл. 1. Характеристика ИГУ районов, выделенных по литолого-генетическому принципу.

абс.отм. – преобладающие абсолютные отметки; G – генетический тип верхней части грунтовой толщи (M); S_r – тип грунтовой толщи: 1 – торф и заторфованные грунты, подстилаемые песчаными; 2 – преимущественно песчаные с торфяным слоем в верхней части толщи; 3 – переслаивание глинистых и заторфованных грунтов с преобладанием последних в верхней части толщи; 4 – преимущ. глинистые грунты с торфяным слоем в верхней части толщи; 5 – песчаные грунты; 6 – песчаные, подстилаемые глинистыми; 7 – песчаные и глинистые, переслаиваемые с преоблад. песчаных в верхней части толщи; 8 – песчаные и глинистые, переслаиваемые с преоблад. глинистых в верхней части толщи; 9 – глинистые подстилаемые песчаными; 10 – глинистые и преимущ. глинистые; 11 – просадочные, подстилаемые песчаными или глинистыми; 12 – глинистые, подстилаемые скальными; 13 – песчаные и глинистые грунты, переслаиваемые с преоблад. глинистых в верхней части толщи подстилаемые скальными; 14 – песчаные грунты, подстилаемые скальными; 15 – скальные грунты; H_{гв} – преобладающие глубины залегания грунтовых вод (м); K_{зобол} – поражённость территории процессами заболачивания (%); K_{г-п.} – поражённость терр. сидротехническим подтоплением (%); K_{с.п.} – высоковероятная поражённость терр. строительным подтоплением (%); K_{обр} – коэффициент овражно-балочного поражения (км/км²); K_{карст} – поражённость терр. карстовыми процессами.

Инженерно-геологическое районирование, опирающееся на геодинамический принцип, даёт возможность не только оценивать устойчивость геологической среды к техногенному воздействию, присваивая «немой» балл, но и указать направление возможной техногенной изменчивости ИГУ. Весьма удобен геодинамический принцип при оценке природных геологических рисков, который опирается на количественные показатели геологических и инженерно-геологических процессов (Природные..., 2003).

Выводы

Формирование ИГУ территории г. Казани в прошлом и на современном этапе осуществляется стадийно, что и определяет различную естественную и техногенную направленность изменчивости ИГУ.

Сходство разновозрастных и различие одновозрастных инженерно-геологических формаций указывает на значительную роль постседиментационных процессов, рельефообразующих факторов и климата при формировании ИГУ.

Комплексы геологических и инженерно-геологических

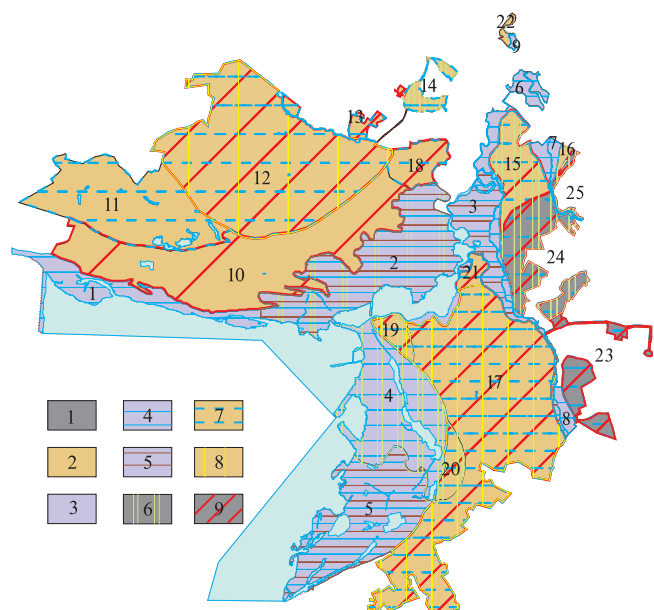


Рис. 3. Инженерно-геологические формации, выделенные по комплексу геологических и инженерно-геологических процессов с учётом их активности.

1 – коренной волжский берег, 2 – высокие террасы, 3 – низкие террасы, 4 – гидротехническое подтопление (ГП), 5 – заболачивание (Зб.), 6 – карстовые процессы (К), 7 – строительное подтопление (СП), 8 – просядочные явления, 9 – овражная эрозия (ОП). Цифры на карте – инженерно-геологические районы: 1 – Аракчино (ГП, СП, переработка берега водохранилища), 2 – Ново-Савиновский (низкая карстовая опасность, ГП и Зб, грунтовый разрез в некоторых случаях содержит плавунные пески, торф и заторфованные грунты), 3 – Троицкий (ГП, Зб, торф и заторфованные грунты), 4 – Северное Приволжье (низкая карст. опасность, ГП, карбонатный элювий), 5 – Южное Приволжье (ГП, Зб, грунт. разрез в нек. сл. содержит плавунные пески, торф и заторфованные грунты), 6 – Малые Дербышки (ГП), 7 – Киндерка (К, П), 8 – Вознесение (П), 9 – Восточная Крутушка (боковая эрозия речных долин, П), 10 – Пороховой (слабая оврагопораженность ОП), 11 – Залесный (преимущественно умеренное СП), 12 – Северный (слабое развитие просяд. грунтов (ПГ), СП, слабая ОП), 13 – Сухая Река (СП, значительная ОП), 14 – Кадышево (К, СП), 15 – Дербышки (К, СП, слабая ОП), 16 – Киндери (К), 17 – Горско-Азинский (значит. ОП, СП, широкое развитие ПГ), 18 – Борисоглебское (слабая ОП, СП), 19 – Кремлёвский (К, слабая ОП, СП, ПГ, карб. элювий), 20 – Старые Горки (К, значит. ОП, СП, ПГ), 21 – Компрессорный (слабая ОП, СП), 22 – Западная Крутушка (слабая ОП), 23 – Самосырово (значит. ОП, СП), 24 – Константиновка (К, значит. ОП, СП), 25 – Аки (К, значит. ОП).

СПб: Изд-во ВСЕГЕИ, 2004. – 264 с. (МПР РФ, Роснедра, ВСЕГЕИ)

Эволюция раннедокембрийской земной коры

Э. Б. Наливкина

Рассмотрена эволюция древней континентальной коры для периода 3,7 – 1,0 млрд лет, которая определяется в значительной мере эндогенными процессами – магматизмом и метаморфизмом.

Показаны главнейшие магматические и метаморфические образования архея и раннего протерозоя. Обсуждаются структурно-вещественные и металлогенические особенности этих образований, их место в развитии и глубинном строении континентальной коры, а также роль в ее формировании.

Предложена новая авторская концепция тектоно-магматической эволюции континентальной коры – "о единстве и борьбе" стадий океанизации и континентализации в процессе ее формирования.

Океанизация – проявление преобладающе мафического магматизма и изохимического метаморфизма. Континентализация – проявление преобладающе салического магматизма и аллохимического метаморфизма. Концепция служит научной основой прогноза оруденения и определения данных глубинной геофизики.



ISBN 5-8198-0063-X

процессов, которые определяются геологическими, геоморфологическими, гидрогеологическими и техногенными условиями, должны быть положены в основу выделения инженерно-геологических формаций.

Литература

Болиховская Н.С. Эволюция лёссово-почвенной формации Северной Евразии. М.: Изд-во МГУ, 1995.

Бондарик Г.К. Общая теория инженерной (физической) геологии. М.: Недра, 1981.

Геология Татарстана: Стратиграфия и тектоника. Под ред. Б.В. Бурова. М.: ГЕОС, 2003.

Жаркова Н.И., Даровских Н.Н., Галеев Р.К. Состав и свойства верхнепермского карбонатного элювия как фактор формирования инженерно-геологических условий центральной части г. Казани. Вестник ТО РЭА, 4, 2005. 22–25.

Природные опасности России. Оценка и управление природными рисками. Под ред. А.Л. Рагозина. М.: Изд. фирма «КРУК», 2003.

СП 11-105-97. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть 1. Общие правила производства работ. М.: Изд-во Стандартов, 1998.

Трофимов В.Т. Зональность инженерно-геологических условий континентов Земли. М.: Изд-во МГУ, 2002.

Жаркова Надежда Ивановна
Ассистент кафедры общей геологии и гидрогеологии КГУ. Область научных интересов: инженерная геодинамика, грунтоведение и региональная инженерная геология Среднего Поволжья. Автор 13 научных публикаций.

